



Evaluación y Rediseño de la Red de Agua Potable del Sector Club Los Chillos

Etaapa 2 del Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha

Oña Pillajo, Pablo Xavier

Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Ingeniera Civil

Ingeniero. Bolaños Guerrón, Darío Roberto, PhD.

30 de Agosto del 2021

Urkund Analysis Result

Analysed Document: Tesis Final Pablo Oña Rev DBG 19-08-2021.docx (D111449470)
Submitted: 8/19/2021 7:39:00 AM
Submitted By: drbolanios@espe.edu.ec
Significance: 5 %

Sources included in the report:

TESIS_EVELYN_IZA.docx (D34958164)
 TESIS CARRILLO-QUIMBIAMBA.pdf (D31636876)
 TESIS CARRILLO-QUIMBIAMA.pdf (D31601424)
 20170704 v1 F_Morillo C_Montalvo.pdf (D29564777)
 20170704 F_Morillo C_Montalvo.pdf (D29553157)
 Tesis Stephanie Estacio.docx (D47457748)
 CALCULO Y DISEÑO DE LA RED AAPP.docx (D11305044)
 PROYECTO DE TITULACIÓN 3.docx (D55531416)
 TESIS FINAL JORGE DANIEL ROMO CHILQUIINGA.docx (D35791481)
 TESIS_GARCIA_TASIPANTA_Urkund.docx (D87976976)
 GEMA ÁLAVA M. TESIS.docx (D54583978)
 1552916767_Optimización del plano de presiones de la red de agua potable del sector hidráulico N72-382 ubicado en la ciudad de Guayaquil - JK RP.pdf (D49282073)
 EVALUACIÓN Y REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO COMBINADO EN LA URBANIZACIÓN LOS CHILLOS Y LA ZONA ESTE DEL BARRIO JATUMPUNGO, CANTON RUMIÑAHUI.docx (D56325730)
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11755/1/T-ESPE-053170.pdf>
<http://docplayer.es/140280043-Universidad-central-del-ecuador.html>
<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2212/1/T-UIDE-1261.pdf>
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27352/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>
<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2280/1/QUITO%20VIVANCO%20ANDR%C3%89S%20EDUARDO.pdf>
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21278/1/CD%2010794.pdf>
<http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/4684/1/96T00303%20UDCTFC.pdf>
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4691/4/T-ESPE-032798-P.ppsx>
<https://docplayer.es/138528541-Proyecto-de-titulacion.html>

DARIO
 ROBERTO
 BOLANOS
 GUERRON

Firmado digitalmente por
 DARIO ROBERTO
 BOLANOS GUERRON
 Fecha: 2021.08.19
 00:50:51 -05'00'

Instances where selected sources appear:

41



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, “Evaluación y Rediseño de la Red de Agua Potable del Sector Club Los Chillos Etapa 2 del Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha.” fue realizado por el señor *Oña Pillajo, Pablo Xavier* el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 18 de agosto del 2021

DARIO
ROBERTO
BOLANOS
GUERRON

Firmado
digitalmente por
DARIO ROBERTO
BOLANOS GUERRON
Fecha: 2021.08.19
00:35:45 -05'00'

Ing. Darío Roberto Bolaños Guerrón, Ph.D.

C. C: 1715206593

Director del Proyecto de Titulación



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Responsabilidad de Autoría

Yo, *Oña Pillajo, Pablo Xavier*, con C.I.: 1721027728, ID: L00359286, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "Evaluación y Rediseño de la Red de Agua Potable del Sector Club Los Chillos Etapa 2 del Cantón Rumiñahu, Provincia de Pichincha.", es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 18 de agosto del 2021

Oña Pillajo, Pablo Xavier

C.C: 1721027728



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Autorización de Publicación

Yo, *Oña Pillajo, Pablo Xavier*, con C.I.: 1721027728, ID: L00359286, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar el trabajo de titulación, "Evaluación y Rediseño de la Red de Agua Potable del Sector Club Los Chillos Etapa 2 del Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha.", en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Sangolquí, 18 de agosto del 2021

Oña Pillajo, Pablo Xavier

C.C: 1721027728

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de titulación en primer lugar a Dios quien me ha permitido llegar a este momento tan importante de mi vida, por ser mi guía a lo largo de esta carrera y por brindarme una vida llena de aprendizajes y experiencias.

A mi abuelita Carmen por sus buenos deseos, sus oraciones diarias y su bendición todos los días al salir de casa.

Dedico con todo mi corazón a mis padres pues sin ellos no lo habría logrado, por su esfuerzo a diario para que nunca me falte nada.

A mis hermanas por su apoyo incondicional y por acompañarme en todo momento en este largo camino.

Oña Pillajo, Pablo Xavier

AGRADECIMIENTO

¡Como persona católica y creyente en el amor infinito de Dios entendí el significado de ser agradecido, sé que por medio de estas palabras un simple Gracias! no es suficiente. No existen palabras de gratitud para expresar todo lo que hoy día siente mi corazón.

En primer lugar, quiero dar Gracias a Dios por darme las fuerzas necesarias y la sabiduría en cada momento de esta etapa universitaria, por levantarme cuando tropezaba en los momentos más difíciles de mi vida.

Segundo, quiero agradecer a mi abuelita Carmen Leime, por su gran anhelo de verme triunfar en la vida, por su bendición y oraciones diarias, no sería posible todo lo que hoy en día estoy cumpliendo.

Tercero, a mis padres Pablo Oña y Carmen Pillajo, por ser ese pilar fundamental en mi vida, por depositar toda su confianza en mis capacidades, por su apoyo incondicional en el transcurso de toda mi etapa estudiantil, y sobre todo por inculcarme a ser primero un buen ser humano antes que un buen profesional.

Cuarto, a mi novia Thaily Contreras por entenderme y apoyarme a cumplir tan anhelada victoria en la vida, el haber culminado este trabajo de titulación, por convertirse en mi motivación encaminada al éxito y por brindarme su amor sincero.

A cada uno de mis docentes de mi querida ESPE, sin duda su esfuerzo por inculcar y compartir sus conocimientos en clase ha sido fundamental para cumplir este sueño, en especial al Dr. Darío Bolaños que más que un profesor se convirtió en un amigo y guiarme para culminar con éxito este proyecto.

Por último, a cada uno de mis compañeros que con el transcurso del tiempo que convirtieron en amigos.

Oña Pillajo, Pablo Xavier

Índice de Contenido

DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
Índice de Tablas	12
Índice de Figuras	14
RESUMEN	17
ABSTRACT	18
Capítulo I.....	19
INTRODUCCIÓN	19
Introducción.....	19
Antecedentes	19
Planteamiento del Problema.....	22
Justificación e importancia	23
Objetivos del proyecto.....	23
Objetivo general	23
Objetivos específicos.....	24
Alcance del proyecto.....	24
Metodología.....	25
Capítulo II.....	28
MATERIAL Y MÉTODOS.....	28
Área de Influencia	28
Zonas de análisis	29
Topografía de la red.....	30
Catastro	32
Tanques Carlos Gavilanes	33
Tuberías en la red de distribución	37
Válvulas	40

Hidrantes	42
Distribución de las áreas de consumo.....	44
Ubicación de los nudos.....	44
Períodos de diseño	45
Trazado de la tubería principal	47
Ubicación y profundidad de las tuberías	47
Conexiones domiciliarias	48
Presiones de Servicio	49
Velocidad de diseño.....	49
Diámetros estándar.....	51
Pérdidas de carga para la red.....	53
Encuesta Socioeconómica.....	54
Tamaño de la Muestra.....	55
Formato de encuesta.....	56
Análisis Poblacional	57
Población Actual.....	57
Cálculo de la Densidad Poblacional.....	60
Cálculo de la Población futura	62
Dotación actual.....	65
Agua no contabilizada.....	67
Caudales de diseño	68
Caudal medio.....	68
Caudal máximo diario.....	68
Caudal máximo horario	69
Volúmenes de almacenamiento.....	69
Volumen de Regulación	69
Volumen de protección contra incendios.....	70
Volumen de emergencia	70
Parámetros de calidad del agua potable	71
Cloro Libre	71
Color Aparente.....	74
Turbidez.....	76
Coliformes Fecales.....	77
Potencial Hidrogeno	78
Fluoruros.....	79

Nitratos.....	80
Capítulo III.....	83
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	83
Análisis del sistema actual de agua potable del Club Los Chillos	83
Parámetros de Evaluación	83
Cota de los Nudos	83
Dotación.....	84
Cálculo de Caudales para la Evaluación	84
Modelamiento de la Red de Distribución Actual.....	88
Cotas de los Nodos	89
Demanda Base en los Nodos.....	90
Tubería en la Red Actual.....	90
Evaluación del Sistema Actual.....	91
Velocidades en la Red Actual	93
Caudales de la Red Actual	94
Presiones en la Red Actual.....	95
Comprobación de Resultados.....	96
Resultados de la Evaluación del Sistema Actual	100
Análisis de la calidad del agua potable del Club Los Chillos	111
Toma de Datos	112
Resultados de Las Encuestas Socioeconómicas.....	114
Rediseño del Sistema de Agua Potable para El Club Los Chillos	138
Cobertura del servicio.....	138
Oferta existente	140
Demanda	140
Diseño de la red de distribución	143
Alternativa de rediseño.....	149
Análisis en Periodos Estáticos	150
Análisis en periodo extendido	152
Implementación de válvulas en la línea de conducción	159
Válvulas de desagüe	159
Identificación del tipo de suelo.....	160
Valoración de la alternativa de rediseño	163

Presupuesto	164
Capítulo IV	165
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	165
Conclusiones.....	165
Recomendaciones	168
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	170
ANEXOS.....	172

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Características bombas sistema de cloración</i>	34
Tabla 2 <i>Tubería red de distribución del Club Los Chillos</i>	39
Tabla 3 <i>Válvulas en el área de estudio</i>	41
Tabla 4 <i>Hidrantes en el área de estudio</i>	43
Tabla 5 <i>Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable</i> ..	46
Tabla 6 <i>Velocidades máximas a tubo lleno</i>	50
Tabla 7 <i>Especificaciones para tubería PVC</i>	51
Tabla 8 <i>Coeficiente de resistencia</i>	54
Tabla 9 <i>Total habitantes Club los Chillos</i>	58
Tabla 10 <i>Calculo densidad poblacional Club los Chillos</i>	60
Tabla 11 <i>Calculo Dotación Actual año 2020 del Club los Chillos</i>	65
Tabla 12 <i>Cálculo de la Población y caudales para la evaluación del sistema actual</i>	85
Tabla 13 <i>Presiones en los nodos</i>	97
Tabla 14 <i>Volumen de reboce realizado el 29 de junio del 2021</i>	103
Tabla 15 <i>Resultados físico-químico y microbiológico, calidad del agua</i>	113
Tabla 16 <i>Tipo de Vivienda</i>	114
Tabla 17 <i>Uso de la Vivienda</i>	115
Tabla 18 <i>Tenencia de la vivienda</i>	116
Tabla 19 <i>Arriendo Mensual</i>	117
Tabla 20 <i>Sistema constructivo de la vivienda</i>	118
Tabla 21 <i>Servicio básico de la vivienda</i>	119
Tabla 22 <i>Valor mensual, luz eléctrica</i>	120
Tabla 23 <i>Número de habitantes en la vivienda</i>	121
Tabla 24 <i>Número de personas que aportan ingreso familiar</i>	122

Tabla 25 <i>Personas que actualmente buscan empleo</i>	123
Tabla 26 <i>Ingreso familiar promedio</i>	124
Tabla 27 <i>Disponibilidad de agua</i>	125
Tabla 28 <i>Disponibilidad del servicio de agua potable</i>	126
Tabla 29 <i>Pago por el servicio de agua potable</i>	127
Tabla 30 <i>Valor promedio de pago de agua potable</i>	128
Tabla 31 <i>Opinión del costo por el servicio de agua potable</i>	129
Tabla 32 <i>Estimación de la cantidad de agua recibida</i>	130
Tabla 33 <i>Almacenamiento de agua</i>	131
Tabla 34 <i>Tipo de almacenamiento de agua</i>	132
Tabla 35 <i>Opinión sobre la calidad de agua</i>	133
Tabla 36 <i>Satisfacción del servicio de agua brindado</i>	134
Tabla 37 <i>Tratamiento del agua antes de ser consumido</i>	135
Tabla 38 <i>Uso del agua potable</i>	136
Tabla 39 <i>Caudal existente y caudal de derivación</i>	140
Tabla 40 <i>Demanda futura Club los Chillos</i>	141
Tabla 41 <i>Dotaciones y Caudales futuros</i>	144
Tabla 42 <i>Patrones de variación de consumo Qmax Club Los Chillos</i>	153
Tabla 43 <i>Patrones de variación de consumo Qmax Cantón Rumiñahui</i>	154
Tabla 44 <i>Diámetro de válvulas de desagüe</i>	159
Tabla 45 <i>Resumen de estudio de suelos</i>	163

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Evolución de las coberturas de agua y saneamiento a nivel nacional.</i>	20
Figura 3 <i>Metodología del proyecto de investigación</i>	27
Figura 3 <i>Mapa Club los Chillos, Etapa 2</i>	29
Figura 4 <i>División preliminar del área de estudio</i>	30
Figura 5 <i>Topografía del sector de estudio</i>	31
Figura 6 <i>Salida de campo</i>	32
Figura 7 <i>Tanques Carlos Gavilanes</i>	33
Figura 6 <i>Tubería tanque Carlos Gavilanes</i>	34
Figura 9 <i>Bombas sistema de cloración</i>	35
Figura 10 <i>Sistema de cloración tanque Carlos Gavilanes</i>	35
Figura 11 <i>Tipos de tanques de almacenamiento de agua</i>	36
Figura 12 <i>Distribución de la tubería según su diámetro</i>	38
Figura 13 <i>Digitalización de las válvulas</i>	41
Figura 14 <i>Hidrante Tipo</i>	42
Figura 15 <i>Digitalización de hidrantes área de estudio</i>	43
Figura 16 <i>Distribución de área en el Club los Chillos</i>	44
Figura 17 <i>Nomenclatura de nodos</i>	45
Figura 18 <i>Formato de Encuesta Socioeconómica</i>	56
Figura 19 <i>Consumo mensual Club los Chillos</i>	66
Figura 43 <i>Cálculo de dotación Club los Chillos</i>	66
Figura 21 <i>Modelado de la Red actual en EPANET</i>	88
Figura 22 <i>Mapa de Contorno-cotas del proyecto</i>	89
Figura 23 <i>Demanda Base en los nodos</i>	90
Figura 24 <i>Zonificación del Club los Chillos para evaluación de red</i>	92
Figura 25 <i>Velocidades del Sistema actual-periodo estático</i>	94

Figura 26 <i>Caudales del sistema actual-periodo estático</i>	95
Figura 27 <i>Presiones del sistema actual – periodo estático</i>	96
Figura 28 <i>Ubicación de nodos que se realizaron la comprobación</i>	98
Figura 29 <i>Comprobación nodo N 45</i>	99
Figura 30 <i>Comprobación nodo N 37</i>	99
Figura 31 <i>Comprobación nodo N 50</i>	99
Figura 32 <i>Comprobación nodo N 58</i>	99
Figura 33 <i>Volumen diario de los tanques de reserva Carlos Gaviláñez</i>	100
Figura 34 <i>Aforo de reboce de los tanques de almacenamiento</i>	102
Figura 35 <i>Tanque Carlos Gaviláñez</i>	105
Figura 36 <i>Tubería de asbesto cemento en la zona 2</i>	106
Figura 37 <i>Manómetro en la entrada de la válvula rompe presiones</i>	108
Figura 38 <i>Manómetro a la salida de la válvula rompe presiones</i>	108
Figura 39 <i>Resultados pregunta 1</i>	114
Figura 40 <i>Resultados pregunta 2</i>	115
Figura 41 <i>Resultados pregunta 3</i>	116
Figura 42 <i>Resultados pregunta 4</i>	117
Figura 43 <i>Resultados pregunta 5</i>	118
Figura 44 <i>Resultados pregunta 6</i>	119
Figura 45 <i>Resultados pregunta 7</i>	120
Figura 46 <i>Resultados pregunta 8</i>	121
Figura 47 <i>Resultados pregunta 9</i>	123
Figura 48 <i>Resultados pregunta 10</i>	124
Figura 49 <i>Resultados pregunta 11</i>	125
Figura 50 <i>Resultados pregunta 12</i>	126
Figura 51 <i>Resultados pregunta 13</i>	127

Figura 52 Resultados pregunta 14	128
Figura 53 Resultados pregunta 15	129
Figura 54 Resultados pregunta 16	130
Figura 55 Resultados pregunta 17	131
Figura 56 Resultados pregunta 18	132
Figura 57 Resultados pregunta 19	133
Figura 58 Resultados pregunta 20	134
Figura 59 Resultados pregunta 21	135
Figura 60 Resultados pregunta 22	136
Figura 61 Zona de cobertura de agua potable Cantón Rumiñahui.....	139
Figura 62 Demanda total, Oferta existente y Balance	142
Figura 63 Demanda base futura Q_{max}	148
Figura 64	149
Figura 65 Presiones, rediseño red de distribución Club los Chillos.....	150
Figura 66 Velocidades, rediseño red de distribución Club los Chillos.....	151
Figura 67 Medición de variación de altura de espejo de agua en Tanques de almacenamiento.....	152
Figura 68 Comparación de Curvas de Variación de consumo	155
Figura 69 Presiones máximas período extendido, rediseño.....	156
Figura 70 Presiones mínimas periodo extendido, rediseño.....	157
Figura 72 Velocidades máximas, rediseño	158
Figura 72 Válvulas de desagüe a utilizar en diseño definitivo	160
Figura 73 Toma de muestra del primer sondeo	161
Figura 74 Toma de muestra del segundo sondeo	162
Figura 75 Muestras embaladas	162

RESUMEN

El Presente proyecto de titulación contiene la evaluación actual de la red de Agua Potable que abastece al Club Los Chillos. Para el desarrollo del mismo se catastró la red de agua potable mediante mapas catastrales y el trabajo de campo. Para determinar la dotación de agua potable y la población actual, se calculó mediante los consumos mensuales de agua potable desde los años 2017, 2018, 2019 y 2020. Con todos los parámetros mencionados y el software EPANET, se pudo realizar el modelo hidráulico más semejante a la realidad y a si llegar a la evaluación del estado actual de la red y determinar la importancia de la necesidad de rediseñar la red de agua potable. Se realizó encuestas socioeconómicas las cuales sirvieron para conocer los aspectos generales de la población y su satisfacción del servicio básico de agua potable.

Posterior a esto se determinó el balance de oferta y demanda actual y en el período de diseño, tomando en cuenta factores como el crecimiento poblacional para el correcto de rediseño de la red de agua potable.

Para el rediseño de la red, se tomaron factores importantes como el cambio de material de las tuberías y accesorios a PVC y sus diámetros según el cálculo hidráulico, cabe mencionar que es necesario construir otro tanque de almacenamiento de 200 m³.

El presente proyecto se convierte en un trabajo importante que tiene la finalidad de mejorar el servicio de agua potable para la población del Club Los Chillos.

PALABRAS CLAVES:

- **CATASTRO DE AGUA POTABLE**
- **CONSUMOS DE AGUA POTABLE**
- **ENCUESTAS SOCIOECONÓMICAS**
- **TANQUE DE RESERVA**

ABSTRACT

Initially, are presented results of assessment of actual potable water distribution network for “Club Los Chillos” area, which was registered using cadastral maps and fieldwork collected data. Actual population potable water availability was determined using monthly water consumption register for years 2017 to 2020. Collected data analysis and EPANET software results allowed to develop an Hydraulics Model adjusted to actual situation in order to emphasize the necessity of a new network designing. Also, social/economic surveys were done assessing other population general conditions related with potable water availability satisfaction.

Therefore, was necessary an adequate redesign model for supply network, and was calculated a balanced supply/demand relation for actual and required periods, considering population growing projections. Also, new design required considering actual pipelines characteristics: fabrication materials, PVC accessories and sizes. All these factors were used in hydraulics calculations revealing the necessity for a new water reserve tank of 200 m³ .

It is concluded that presented design, if implemented, would greatly improve actual supply and availability of potable water provision al Club “Los Chillos” population.

KEY WORDS:

- **POTABLE WATER**
- **CADASTRAL REGISTER POTABLE WATER CONSUMPTION**
- **SOCIAL/ECONOMIC SURVEYS**
- **RESERVE TANK**

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

Introducción

El presente proyecto pretende evaluar y rediseñar un nuevo sistema de abastecimiento de agua potable para la Urbanización “Club Los Chillos, etapa 2”, ubicada en la Parroquia Sangolquí, Cantón Rumiñahui, para realizar la evaluación del sistema actual, se procederá a recolectar información de campo mediante fichas catastrales cuyo formato será proporcionado por el Departamento de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Rumiñahui (DAPAC-GADMUR). En los cuales constarán parámetros como fuentes de captación, tuberías de conducción, válvulas y accesorios. En la evaluación de la red de abastecimiento actual, será necesario realizar una encuesta socioeconómica, donde se refleje el nivel de calidad, satisfacción y observaciones del servicio de agua potable que tienen los usuarios del Club Los Chillos.

Luego de obtener y procesar la información necesaria, comenzará la evaluación técnica del sistema mediante el software *Epanet*, en el cual ingresados los datos correspondientes se podrá evidenciar los problemas actuales de la red y modelar alternativas para brindar un servicio óptimo a sus usuarios y que, a la vez, cumpla con las normativas establecidas.

También se presentará el presupuesto estimado, conclusiones, recomendaciones y se anexará esquemas, cuadros, planos, cálculos y memoria para ejecutivos.

Antecedentes

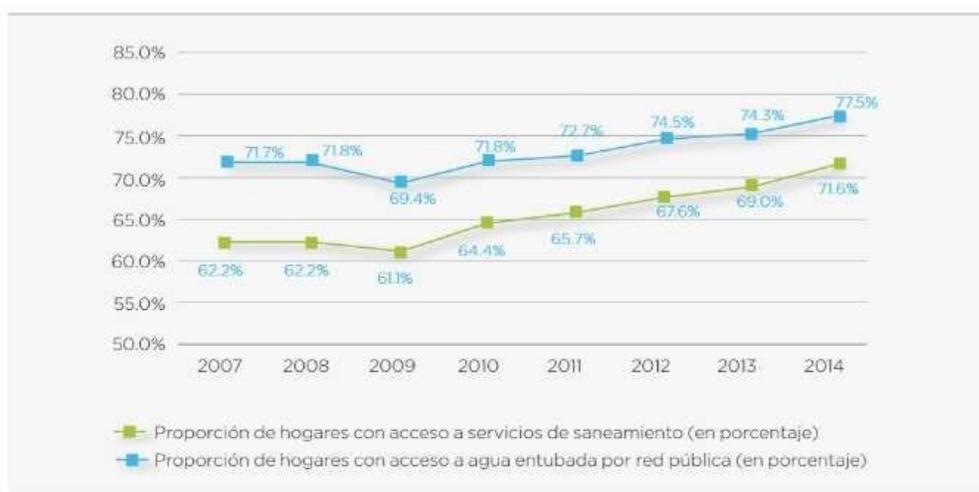
De acuerdo a Fernández, Solís, & Basani (2018) a partir de la Nueva Constitución del 2008, el país es sometido a cambios drásticos con respecto al manejo del agua, entre los que se destacan consagrar el derecho humano al agua y saneamiento. Uno de los aspectos más importantes es la prohibición de la privatización

del agua y que su gestión sea pública o comunitaria, responsabilizando a los gobiernos locales y seccionales de la dotación del servicio de agua potable y saneamiento. Este nuevo marco legal permite al gobierno cumplir con el objetivo N°6 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas que dice: *“Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y saneamiento para todos”*. Y con la meta N°10 de La Organización Mundial de la Salud, que tenía como finalidad reducir a la mitad para el año 2015 el porcentaje de personas que carecen de acceso sostenible al agua potable y al saneamiento básico.

A partir de este cambio, se pudo ver un efecto positivo para la población ecuatoriana, alcanzando metas de aumentar la cobertura de servicios de agua potable y saneamiento como se presentará a continuación (Figura 1).

Figura 1

Evolución de las coberturas de agua y saneamiento a nivel nacional



Nota. El gráfico indica el alcance en la cobertura de agua potable y saneamiento logrado a través del tiempo. Tomado de Evolución reciente y perspectiva de los servicios de agua potable y alcantarillado en el Ecuador (p. 8), por (Fernández, Solís, & Basani, 2018).

Basados en GADMUR (2014-2019), menciona el Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Rumiñahui, es uno de los cantones con mayor abastecimiento del servicio de agua potable en el país. Actualmente el cantón cuenta con un 96% de cobertura en el servicio de agua potable y un 92% en el servicio de alcantarillado. Sin embargo, el crecimiento poblacional en los últimos años, sumado al período de vida útil de los actuales sistemas de abastecimiento de agua potable, crean la necesidad de evaluarlos y rediseñarlos.

El Valle de Los Chillos, ha sufrido un importante crecimiento poblacional en los últimos años, en sectores como, “El Club Los Chillos”, este sector se considera de alta plusvalía por lo que su crecimiento ha sido de manera organizada. Además es una zona relativamente antigua por lo que las estructuras en su mayoría tienen una antigüedad mayor a 15 años de construcción y donde todavía se sigue construyendo. Por tal motivo nace la necesidad de un rediseño del sistema de agua potable (García Román & Padrón Bustos, 2016).

Según los datos provistos por el Departamento de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización de Rumiñahui (DAPAC R), el tanque del almacenamiento de agua potable que proporciona el servicio al Club Los Chillos, se encuentra ubicado en el Barrio Carlos Gavilánez, cabe recalcar que el agua que llega a este tanque, proviene de un tanque de almacenamiento ubicado en el Barrio Loreto, es por eso la necesidad de realizar una evaluación para determinar si es necesario un rediseño de estos tanques, según la demanda actual y demanda futura que se tiene (Torres, 2014).

Planteamiento del Problema

“El Club Los Chillos” enfrenta un crecimiento poblacional muy importante con el pasar del tiempo, ya que es considerada zona de alta plusvalía en el Valle de Los Chillos. El tipo de material de las tuberías existentes es otro de los factores importantes para disminuir la vida útil del sistema de abastecimiento de agua potable, ya que de eso dependen las constantes fugas en tuberías y accesorios, cabe recalcar que, para el Club los Chillos, la tubería es de asbesto cemento.

En la actualidad el Gobierno Municipal de Rumiñahui se enfrenta a la necesidad de una evaluación y rediseño hidráulico en sus sistemas de agua potable y alcantarillado, el cuál permita satisfacer una demanda de agua potable de calidad para la población, que, estrictamente cumpla con los parámetros de diseño y los respectivos análisis físico-químico y microbiológico.

Al no realizar una evaluación del sistema de agua potable, provocará a futuro problemas de salud en la población, por el incremento de enfermedades, debido a la escasez de agua potable o el incumplimiento de parámetros físico-químicos y microbiológicos.

Un parámetro importante de análisis es, determinar el porcentaje de **Aguas No Contabilizadas** en un sistema de agua potable, ya que, si el porcentaje es alto, se puede considerar que existen graves problemas de pérdidas en la red de agua potable ya sea en la distribución o conducción, un valor bajo refleja un sistema de agua potable bueno.

Justificación e importancia

El siguiente proyecto se desarrolla para encontrar una solución factible al desabastecimiento de agua potable debido al crecimiento de infraestructura y población que ocurre en la Urbanización “Club los Chillos”.

En la “Constitución del Ecuador del 2008” se establece el derecho a los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de los desechos sólidos y actividades de saneamiento ambiental”. Estos derechos deben ser satisfechos por las autoridades locales.

El personal que compone DAPAC-GADMUR mediante catastros, encuestas y visitas técnicas, han podido determinar las condiciones poco favorables del sistema actual y la necesidad de un nuevo proyecto de sistema de agua potable. Por esta razón se ha solicitado la cooperación con alumnos de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE para solucionar este inconveniente (Anexo 1).

Objetivos del proyecto

En el presente proyecto, se plantea los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar y rediseñar el sistema de agua potable, para la Urbanización “Club Los Chillos” perteneciente a la Parroquia Sangolquí, Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha en base a las normativas vigentes a fin de mejorar el suministro de agua potable.

Objetivos específicos

- Recopilar información sobre la red actual de agua potable y su nivel de servicio, mediante catastros a fin de identificar las deficiencias actuales que presenta el sistema.
- Evaluar la cantidad del agua potable desde la fuente que suministra actualmente a la urbanización, así como también en diferentes sitios del recorrido de la red de acuerdo a la normativa ecuatoriana.
- Evaluar la calidad del agua potable según la Normativa INEN 1108, desde su fuente de almacenamiento, hasta su distribución.
- Realizar una encuesta socioeconómica para determinar las características de la población y su satisfacción en cuanto al nivel de servicio de agua potable del Club Los Chillos.
- Determinar el porcentaje de Aguas No Contabilizadas para medir el nivel de servicio.
- Calcular la oferta y demanda actual de agua potable de los habitantes del “Club Los Chillos” y proyectarlas al final del período de diseño.
- Realizar un estudio de suelos para corroborar los datos que maneja el GADMUR en función de la factibilidad de un rediseño el cambio total de las tuberías de asbesto cemento por las de PVC.
- Rediseñar el nuevo sistema de agua potable en base a las normativas vigentes mediante el uso del software Epanet.
- Estimar un presupuesto del proyecto, en base al precio de los rubros y especificaciones técnicas proporcionadas por el DAPAC-GADMUR.

Alcance del proyecto

El presente proyecto cuenta como alcance el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable del “Club Los Chillos”, dicho club pertenece a la parroquia Sangolquí, provincia de Pichincha.

En las diferentes etapas desarrolladas en el proyecto se tomará como referencia los formatos proporcionados por el DAPAC-R, y los resultados finales, así como los planos y memoria técnica serán presentadas de acuerdo a los parámetros ya establecidos en dichos formatos.

El diseño comprende únicamente al diseño de una red de abastecimiento de agua potable para el club los chillos, no será incluido los barrios circundantes, sin embargo, se realizará propuestas de cambio en el sistema de abastecimiento actual,

El análisis del estudio incluye una propuesta con un periodo de diseño conforme lo dicten las normativas, no se ha considerado proyectos de expansión o modificación de la topografía actual.

Metodología

El Proyecto de Titulación a realizar, es de orden analítico dado que se analizarán por separados los elementos y factores que influyen en un sistema de agua potable, tomando en cuenta el sistema actual que se va a evaluar y las opciones de un rediseño de agua potable para la urbanización Club Los Chillos.

Inicia con una revisión investigativa, que se realizó a través del estudio de artículos científicos, tesis, normativas, libros y publicaciones relacionadas con la evaluación y diseño de un sistema de agua potable, así como también el diseño de estructuras complementarias, impactos ambientales, parámetros de control y calidad del agua.

En la evaluación del sistema de agua potable existente en el Club Los Chillos, se procederá a llenar los formatos de Catastro proporcionados por el Municipio de Rumiñahui, así como la elaboración del plano catastral de redes. Donde constan parámetros del estado actual de tuberías (dimensión, longitud y material), accesorios, cajas de control, detalles y fotografías correspondiente a cada elemento.

La recopilación de datos geodésicos será entregada por parte del Municipio de Rumiñahui, así como también datos de análisis poblacional, que se irán corroborando en el desarrollo del proyecto a través de encuentros socioeconómicos.

De igual forma los datos de: dotaciones, caudales de diseño y volúmenes de abastecimiento serán entregados por el Departamento de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización de Rumiñahui, para la respectiva simulación en el software libre Epanet.

A partir de los todos los datos obtenidos anteriormente se procederá a realizar la evaluación del sistema actual y el rediseño del sistema de agua potable, con el fin de alcanzar el objetivo propuesto, se procede a establecer un método de trabajo que, mediante una serie de pasos ordenados:

Figura 2*Metodología del proyecto de investigación*

Nota. El gráfico esquemático presenta la metodología a seguir en el Proyecto de investigación. Elaboración propia.

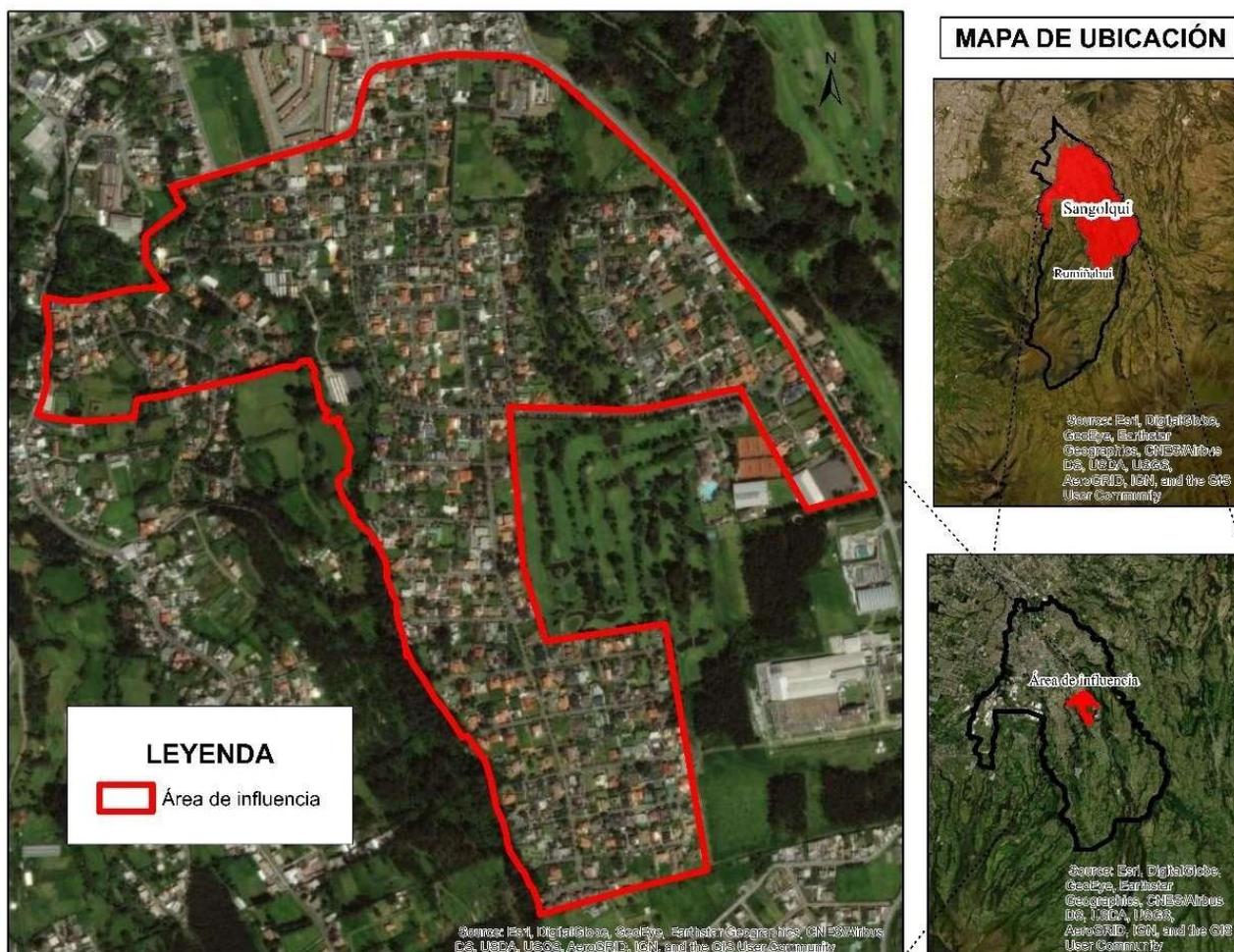
Capítulo II

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de Influencia

El área de influencia del proyecto a desarrollar es el Club Los Chillos, Etapa 2. Dicha Urbanización se encuentra en la parroquia urbana de Sangolquí, está situada en el cantón Rumiñahui provincia de Pichincha, las coordenadas referenciales son: Latitud 0°21'13.83" S y Longitud 75°25'11.24"O (García Román & Padrón Bustos, 2016). Según el Instituto Geográfico Militar, la superficie total del Club Los Chillos, etapa 2 es de 827.325,83m². El Club Los Chillos limita con el Barrio Cashapamba al norte, con el Barrio Carlos Gavilanes al sur, con el Barrio Albornoz al oeste y con el barrio Cashapamba 2 al este. No se tiene una información concreta acerca de la población actual en el Club Los Chillos, por lo que en el desarrollo de este proyecto se determinara la población actual.

A continuación, se presenta un mapa del Club Los Chillos. (Figura 2)

Figura 3*Mapa Club los Chillos, Etapa 2*

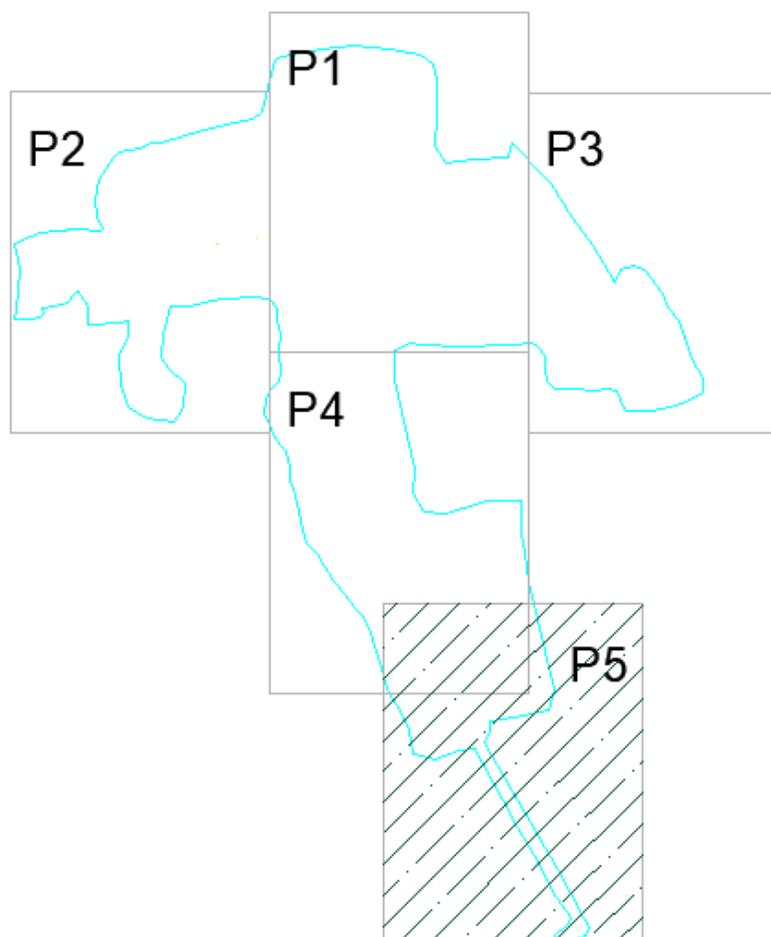
Nota. El gráfico delimita la zona de estudio, Club Los Chillos, etapa 2.
Elaboración propia.

Zonas de análisis

Para el proyecto se realizó una división preliminar del área de estudio, donde las primeras cuatro partes pertenecen directamente al sector Club los Chillo y la última al barrio de Carlos Gaviláñez, sin embargo, como se presentarán en capítulos posteriores la zonificación puede cambiar por factores como: tiempo de uso y tipo de tubería.

Figura 4

División preliminar del área de estudio



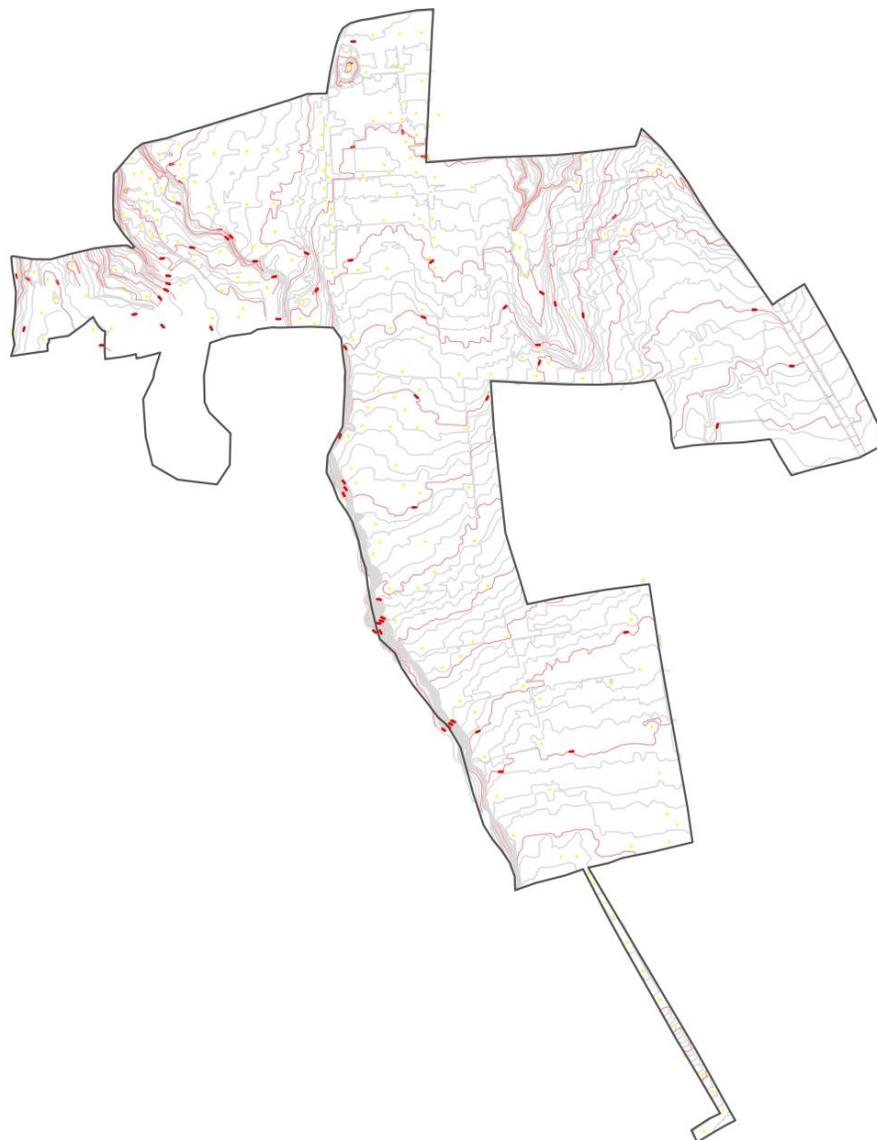
Nota. La imagen indica una división preliminar del área de estudio, Elaboración propia.

Topografía de la red

La topografía del proyecto se obtuvo por parte del personal de Catastro del GADMUR, se limita exclusivamente al área de estudio como se presenta en la siguiente figura,

Figura 5

Topografía del sector de estudio



Nota. La imagen indica la topografía del área de estudio, Elaboración propia.

Catastro

Para identificar los elementos que componen la red del sistema de conducción y distribución de agua potable del sector de estudio, se realiza el registro de tuberías, válvulas, bombas, hidrantes, acometidas, sitios de captación y otros elementos que conforman la red.

La red fue catastrada en su totalidad luego de realizar diferentes salidas y recorridos de campo para la recolección de la información.

Figura 6

Salida de campo



Nota. La imagen indica una salida de campo para la recolección de información para su posterior digitalización, Elaboración propia.

Tanques Carlos Gavilanes

La red de agua potable del Club los Chillos está conformada por 2 tanques de almacenamiento ubicados aproximadamente en las coordenadas UTM 786735 Este y 9959550 Norte, entre las calles Pedro Moncayo y Célica, cada uno dispone de una capacidad de alrededor de 450 m³.

Figura 7

Tanques Carlos Gavilanes



Nota. La imagen indica una salida de campo para la recolección de información para su posterior digitalización, Elaboración propia.

El suministro y alimentación de agua proviene del tanque rompe presión Jatumpungo, con un caudal de 25.4 l/s por medio de dos tuberías de ingreso de hierro de 160mm de diámetro, de igual forma la tubería de salida, desagüe y desborde está conformada por tubos de hierro de 160 mm de diámetro.

Figura 8*Tubería tanque Carlos Gavilanes*

Nota. La imagen indica las tuberías de 160 mm de diámetro de los tanques Carlos Gavilanes, Elaboración propia.

Las válvulas de salida y desagüe de los tanques son de la serie AWWA Clase 150W y 200W, para el tanque número 1 y 2 respectivamente con un diámetro de 160mm. El sistema de cloración se encuentra inhabilitado actualmente, el cual cuenta con 2 bombas una para cada tanque, a continuación, detallamos sus características.

Tabla 1*Características bombas sistema de cloración*

Descripción	Voltaje	Fases	Potencia	Marca	Modelo	N° Motor	Código	Tipo	Estado
Tanque 1	220	2	1 Hp	Berkeley	S39520	C48K2EC11C3	001L10U0010	B	Inhabilitado
Tanque 2	220	2	1 Hp	Berkeley	S39520	C48K2EC11C4	001L10U0012	B	Inhabilitado

Nota. La tabla indica las principales características de las bombas de cloración para el tanque 1 y 2 ubicados en el barrio Carlos Gavilanes, Elaboración propia.

Figura 9

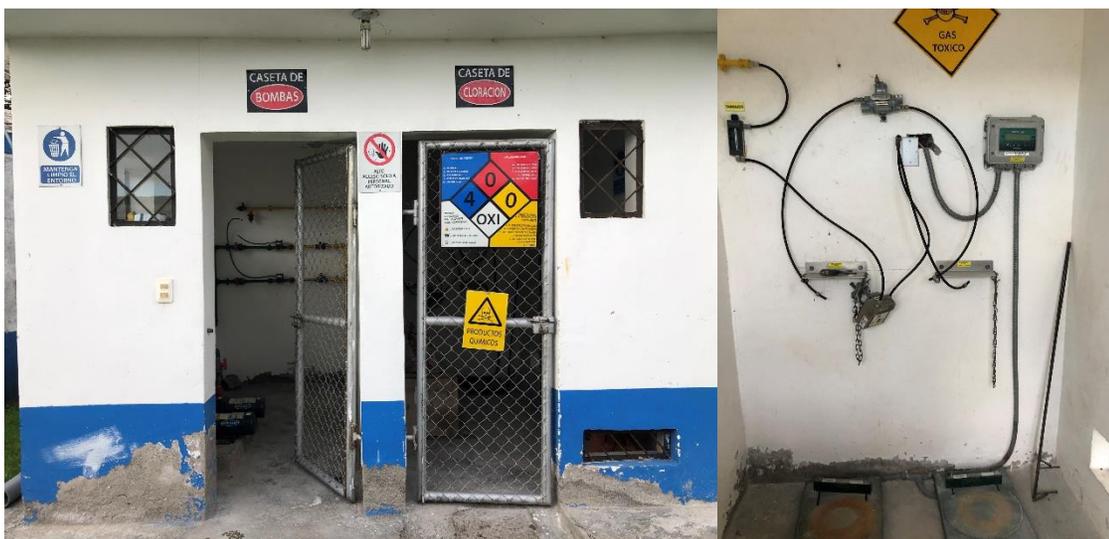
Bombas sistema de cloración



Nota. La imagen indica las bombas usadas en los tanques 1 y 2, Elaboración propia.

Figura 10

Sistema de cloración tanque Carlos Gavilanes



Nota. La imagen indica la ubicación del sistema de cloración, que actualmente está inhabilitado, Elaboración propia.

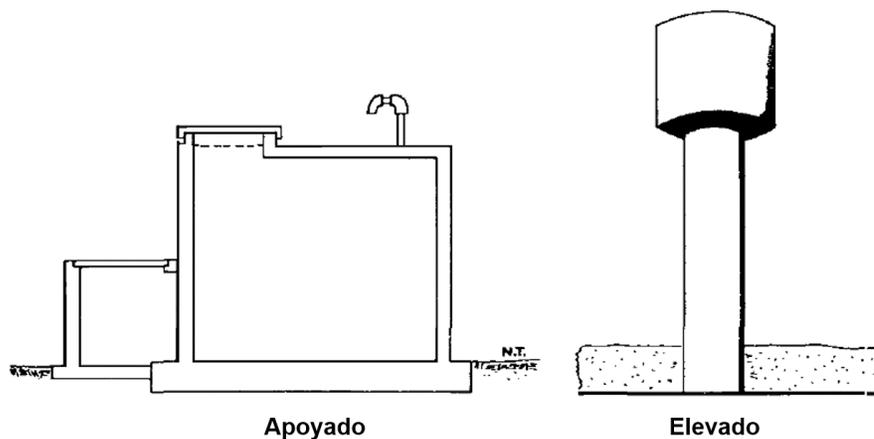
El sistema de cloración se encuentra conformado adicionalmente por: tanques de cloro-gas, dosificador de cloro, rotámetro, un conmutador, inyectores de cloro-agua, válvulas, manómetro, entre otros elementos.

Dimensionamiento tanque de almacenamiento

Un tanque de almacenamiento es un depósito cerrado en el cual se mantiene una provisión de agua suficiente para cubrir las variaciones horarias de consumo, la demanda para combatir incendios y la demanda de agua durante emergencias (SENAGUA, 1992), los tipos de tanques pueden ser: tanque superficial, cuya losa de fondo está en contacto con el suelo y tanque elevado, construido sobre una estructura de soporte.

Figura 11

Tipos de tanques de almacenamiento de agua



Nota. La imagen indica los tipos de tanques de almacenamiento de agua potable, tanque elevado y superficial, Fuente AGÜERO 1997, p.78

Para determinar el volumen del tanque de almacenamiento de agua, se debe tomar en cuenta dos factores importantes, el número de habitantes al final del proyecto y la dotación (lt/hab/día), caudal de agua potable consumido diariamente por habitante.

El volumen necesario se obtiene del cálculo del caudal medio diario, que es el consumo que se espera realice la población de diseño durante un periodo de un día, la fórmula es:

$$Q_{md} = \frac{(\text{número de habitantes}) \times (\text{dotación})}{1000 \times 86400} = [m^3/s]$$

Se toma como datos la siguiente información para determinar el volumen necesario para el almacenamiento de agua para el sector Club los Chilllos.

número de habitantes = 2544 habitantes

dotación = 207 lt/hab/dia

$$Q_{md} = \frac{2544[\text{hab}] \times 207[\text{lt/hab/dia}]}{1000 \times 86400} = 0,006095 [m^3/s]$$

$$\text{Volumen tanque} = 0.006095 [m^3/s] \times \frac{60s}{1 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} \times \frac{24 \text{ horas}}{1 \text{ dia}}$$

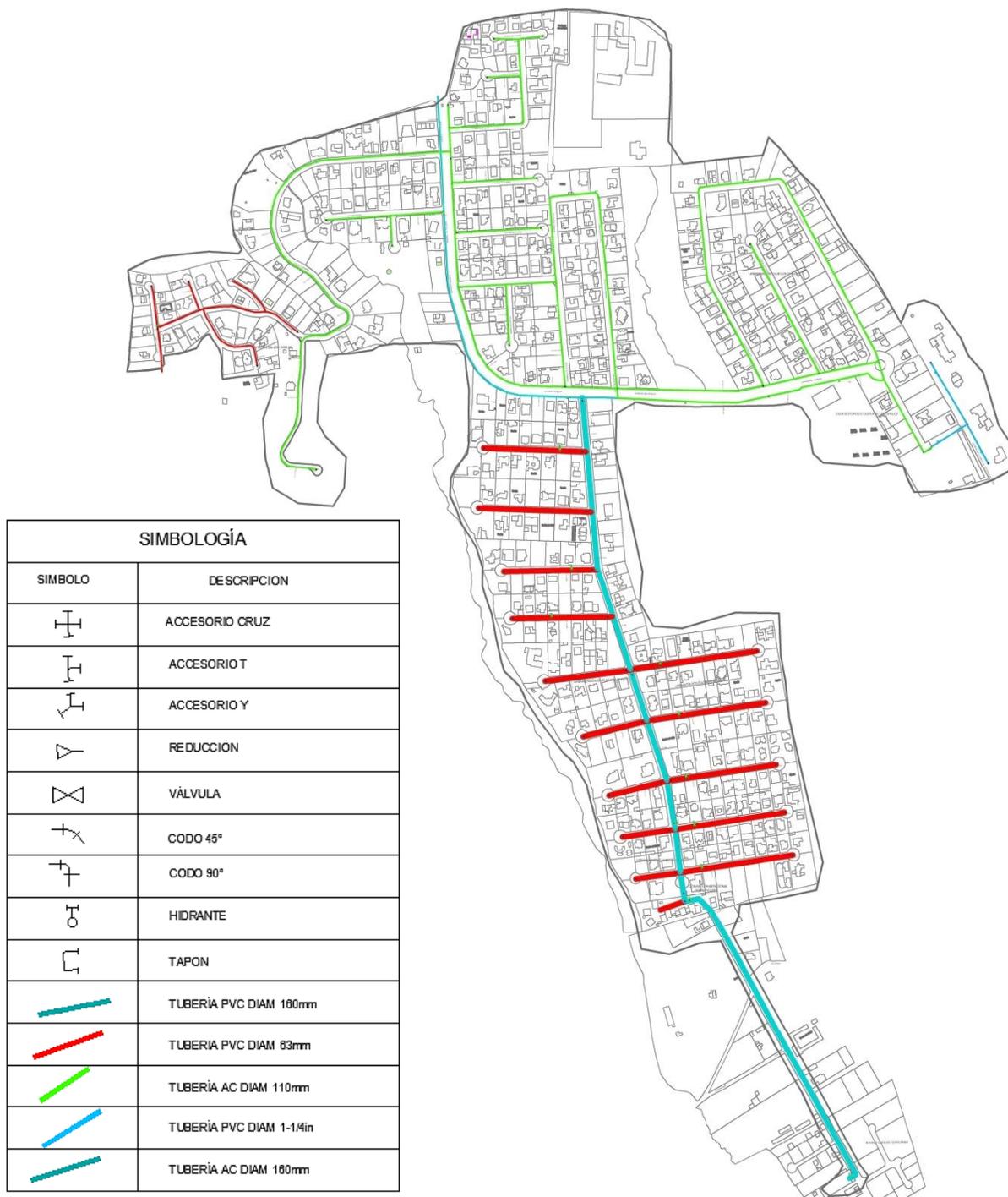
$$\text{Volumen tanque} = 526,608 [m^3/dia]$$

Tuberías en la red de distribución

El registro de la tubería de la red de distribución de agua se lo realizó en diversos días y zonas por medio de salidas de campo, con ayuda de personal del Municipio de Rumiñahui e información y planos entregados por el Departamento de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización del Cantón Rumiñahui (DAPAC-R)

Figura 12

Distribución de la tubería según su diámetro



Nota. La imagen indica la distribución de la tubería en la red de agua potable según su diámetro, Elaboración propia.

A continuación, se muestra una tabla resumen de todo el registro realizado, donde se presenta el diámetro nominal e interno, longitud de la tubería y el tipo de material.

Tabla 2

Tubería red de distribución del Club Los Chillos

TUBERIA	DIÁMETRO		LONGITUD (m)	MATERIAL
	NOMINAL (mm)	INTERNO (mm)		
TUB1	160	153	133	PVC
TUB2	160	153	7746.57	PVC
TUB3	63	58	42.85	PVC
TUB4	63	58	264.74	PVC
TUB5	63	58	273.67	PVC
TUB6	63	58	283.66	PVC
TUB7	63	58	309.34	PVC
TUB8	63	58	356.96	PVC
TUB9	63	58	168.39	PVC
TUB10	63	58	157	PVC
TUB11	63	58	190	PVC
TUB12	63	58	172.63	PVC
TUB13	160	160	688.61	AC
TUB14	110	110	633.58	AC
TUB15	32	28.8	258.59	PVC
TUB16	110	110	471.61	AC
TUB17	110	110	822.29	AC
TUB18	110	110	239.07	AC
TUB19	110	110	721.41	AC
TUB20	110	110	661.31	AC
TUB21	110	110	261.72	AC
TUB22	110	110	144.34	AC
TUB23	110	110	142.22	AC
TUB24	110	110	398.75	AC
TUB25	110	110	926.16	AC
TUB26	63	56.8	251.25	PVC

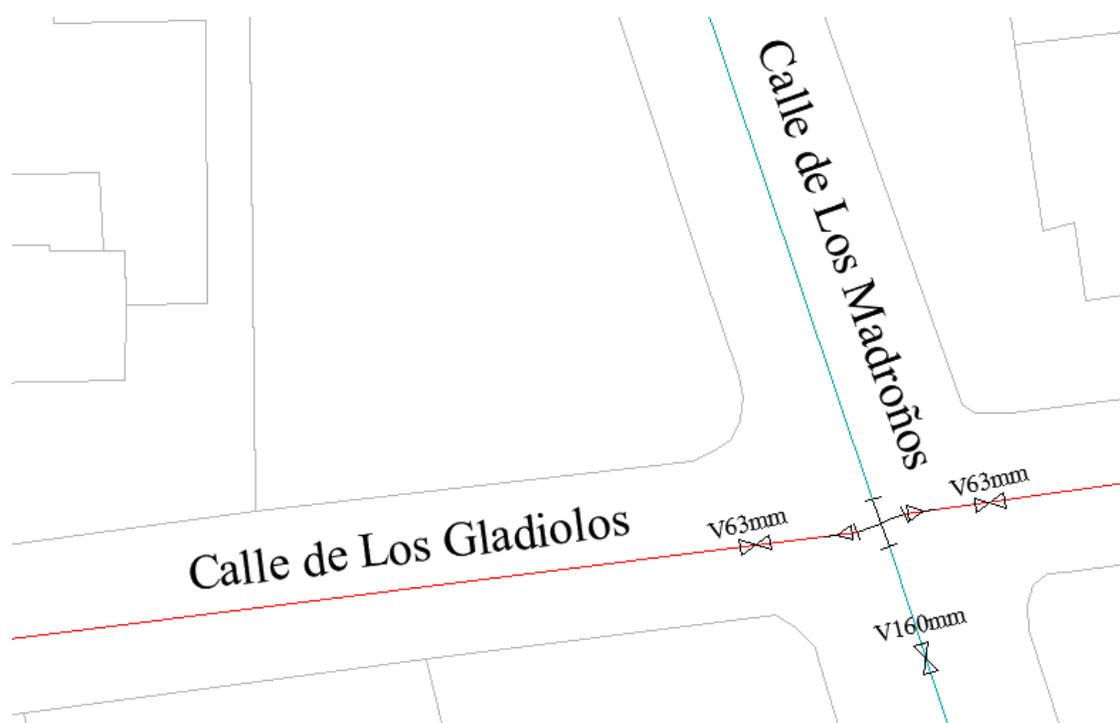
TUBERIA	DIÁMETRO		LONGITUD (m)	MATERIAL
	NOMINAL (mm)	INTERNO (mm)		
TUB27	63	56.8	76.55	PVC
TUB28	63	56.8	49.6	
TUB29	63	56.8	149	PVC
TUB30	63	56.8	121.43	PVC

Nota. La tabla indica las principales características de la tubería que conforma la red de distribución de agua potable, Elaboración propia.

Válvulas

Uno de los elementos de gran importancia fue la identificación de las válvulas, que permiten el control del nivel de flujo que atraviesan las tuberías, de igual forma el reconocimiento y registro de estos, se los realizo en varias salidas de campo en los que se determinó la localización en el área de estudio, para su posterior digitalización.

Se puede destacar la ubicación de las válvulas, que se encuentran en las líneas de distribución de menor orden, las cuales sirven para aislar solo una parte de la red en caso de que se necesite realizar trabajos de reparación o reemplazo de cada tramo de tubería. Como se puede apreciar en la figura que se presenta, se destaca que la red de distribución es de tipo abierto por que en la mayoría de los casos solo se requiere cerrar una válvula para realizar los trabajos necesarios.

Figura 13*Digitalización de las válvulas*

Nota. La imagen indica la ubicación de las válvulas correspondientes a tuberías con un diámetro de 63 mm y 160mm, en la intersección de las calles Los Madroños y Los Gladiolos, Elaboración propia.

A continuación, se presenta una tabla resumen con el registro de las válvulas en el sector Club los Chillos.

Tabla 3*Válvulas en el área de estudio*

ITEM	NÚMERO DE VÁLVULAS		
	Ø63	Ø110	Ø160
VÁLVULAS	18	4	4

Nota. La tabla indica el número de válvulas en el área de estudio según el diámetro del tramo de la tubería, Elaboración propia.

Hidrantes

Los hidrantes son puntos de agua accesibles para el abastecimiento de agua en situaciones de emergencia contra la lucha en la extinción de incendios. Según (MIES, 2009), los hidrantes se ubicarán en lugares accesibles para los vehículos del Cuerpo de Bomberos y debidamente señalizados.

Los sistemas de hidrantes deben instalarse a una distancia de 200 metros entre ellos y de acuerdo con el número y diseño de las necesidades de la población, las válvulas de paso del hidrante se ubicarán a una distancia de 1 metro con caja de válvula que permita su fácil manipulación, siendo responsabilidad del constructor de proporcionar el juego de llaves correspondientes para su operatividad al propietario o administrador del proyecto. Por ningún motivo y forma, los hidrantes contra incendios deben ser obstruidos, constituyendo tal conducta una falta grave establecida como contravención en la Ley de Defensa Contra Incendios.

Figura 14

Hidrante Tipo



Nota. La imagen indica los tipos de hidrantes utilizados en el Club los Chillos,
Elaboración propia.

En los diversos recorridos de registro la ubicación y el número de hidrantes, para su posterior digitalización como presentamos en la siguiente figura.

Figura 15

Digitalización de hidrantes área de estudio



Nota. La imagen indica la simbología y ubicación de un hidrante en la calle “Las Primaveras” perteneciente al área de estudio, Elaboración propia.

Tabla 4

Hidrantes en el área de estudio

ÍTEM	NÚMERO DE HIDRANTES
	Ø 110
HIDRANTES	19

Nota. La tabla indica el número de hidrantes registrado en el sector Club los Chillos, según el diámetro del tramo de tubería, Elaboración propia.

Distribución de las áreas de consumo

Para determinar la distribución de las áreas de consumo o demanda de cada nodo, se calculó en base al plano proporcionado por el DAPAC-R y trazadas con ayuda del software AutoCAD.

Figura 16

Distribución de área en el Club los Chillos



Nota. La imagen indica la distribución de áreas entre las calles “Las Cucardas” y “Las Hortensias”, Elaboración propia.

Ubicación de los nudos

Para la determinación de la ubicación de los nudos de la red, se establecieron aspectos claves para el modelamiento, de tal forma que representaran las condiciones reales del sistema de abastecimiento actual.

Figura 17

Nomenclatura de nodos



Nota. La imagen indica la nomenclatura de los nodos en los planos: #nudo, caudal máximo diario, cota; específicamente del nodo 3 ubicado en la calle Las Orquídeas, Elaboración propia.

Períodos de diseño

El periodo de diseño se define como el tiempo para el cual se estima que un sistema va a funcionar, hasta que, por falta de capacidad o de uso, sobrepasan las condiciones establecidas en el proyecto.

Tabla 5

Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable

COMPONENTE	VIDA ÚTIL (AÑOS)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captación	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50
Conducciones de asbesto cemento o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Tuberías principales y secundarias de la red:	
De hierro dúctil	40 a 50
De asbesto cemento o PVC	20 a 25
Otros materiales	Variables de acuerdo especificaciones del fabricante

Nota. La tabla indica la vida útil en años de diferentes elementos que conforman el sistema de agua potable. Fuente: (SENAGUA, Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, 2012)

Al analizar la tabla presentada se establece un período de diseño de **25 años** para el rediseño de la red, garantizando una eficiencia del sistema que cubrirá los próximos años de dotación de agua potable para El Club Los Chillos.

Trazado de la tubería principal

Entre los aspectos primordiales para el trazado de la tubería del sistema de abastecimiento se debe tener en cuenta: aspectos económicos con las diferentes alternativas a realizar, el proceso de construcción referente a la facilidad de realizar los trabajos y los aspectos concernientes con el control del sistema de abastecimiento y su mantenimiento.

Otro punto para considerar según (SENAGUA, Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, 2012) es, la prohibición de instalaciones de tuberías de agua potable en sitios susceptibles a deslizamientos, así como en lugares ocupados por letrinas, lagunas de oxidación, cementerios, campos de riego que utilizan aguas residuales, camales, establos y complejos industriales.

Las tuberías de conducción, por lo general, deben diseñarse enterradas. Cuando exista suficiente sustentación técnica, se permitirá el uso de conducciones al aire libre, o dentro de tuberías que incluyan otros servicios. (SENAGUA, Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, 2012)

Ubicación y profundidad de las tuberías

Según la norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, la instalación y ubicación de la tubería debe seguir los siguientes parámetros:

- La localización de las tuberías principales y secundarias se hará en los costados **norte y este** de las calzadas.

- Las tuberías deberán estar instaladas a una profundidad mínima de 1 m sobre la corona del tubo.
- Las tuberías de agua potable deberán estar separadas de las de alcantarillado por lo menos 3 m horizontalmente y 30 cm verticalmente, entre sus superficies exteriores.
- Se diseñarán obras de protección cuando las tuberías deban cruzar ríos, quebradas, etc.
- Como complemento de la red se proyectarán conexiones domiciliarias cuyo número se estimará al dividir la población de diseño para 10.
- Se ubicarán válvulas de aire en los puntos en los que se necesite para el funcionamiento correcto de la red.
- Se tomarán todas las precauciones necesarias para impedir conexiones cruzadas y flujo inverso.
- Se utilizarán anclajes en todos los puntos en los que haya un desequilibrio de fuerzas.

Conexiones domiciliarias

También conocida como acometida, es la derivación o ramal de la red de distribución, empleada para suministrar agua a cada uno de los edificios o viviendas que soliciten el servicio, cada conexión es individual existiendo varias conexiones en un mismo predio, siendo el responsable la persona que solicita el servicio.

Para hacer la petición del servicio de agua potable se debe realizar una solicitud mediante un formulario y entregar en uno de los Centros Integrales de Atención al Cliente, junto con copias de:

- Cedula de identificación o pasaporte

- Papeleta de votación
- Pago del Impuesto predial
- Escritura con la inscripción del Registro de la Propiedad

Presiones de Servicio

Según la norma para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes (2012), lo que respecta a la presión de agua en la tubería debe cumplir:

En lo que a presión se refiere, se establece un mínimo de 10 m de columna de agua en los puntos y condiciones más desfavorables de la red. Para el caso de proyectos en los que el abastecimiento se realiza a través de grifos públicos, esta presión podrá ser reducida a 5 m.

La presión estática máxima, no deberá, en lo posible, ser mayor a 70 m. de columna de agua y presión máxima dinámica, 50 m. Para lograr esto, la red podrá ser dividida en varias subredes interconectadas mediante estructuras o equipos reductores de presión convenientemente localizados.

La utilización de presiones diferentes a las indicadas en los párrafos anteriores deberá ser justificados plenamente.

Velocidad de diseño

Según (Jiménez Terán) se debe considerar velocidades máximas y mínimas de agua dentro de un conducto, para lo cual menciona:

Las velocidades máximas y mínimas del agua en un conducto están gobernadas por el material del que está fabricado el ducto y la magnitud de los fenómenos transitorios, al igual que la velocidad de arrastre, ésta última se considera para que no exista el depósito de partículas remolcadas por el agua (azolve)

Según (SENAGUA, Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, 2012), menciona que:

La velocidad mínima a utilizarse en sistemas combinados será de 0,9 m/s a tubo lleno. Se deberá verificar el funcionamiento hidráulico del conducto utilizando el caudal medio diario de aguas servidas, al principio del período de diseño, en época seca (es decir, sin el caudal de esorrentía pluvial). Para alcanzar velocidades de auto limpieza bajo estas condiciones, se puede recurrir a secciones transversales apropiadas

La velocidad máxima para el diseño se ajustará a lo descrito en la tabla de “Velocidades máximas a tubo lleno”.

Tabla 6

Velocidades máximas a tubo lleno

COMPONENTE	Velocidad (m/s)
Hormigón Simple:	
Con uniones de mortero	4
Con uniones de neopreno para nivel freático alto	3,5 - 4
Asbesto cemento	4,5 - 5
Plástico	4,5

Nota. La tabla indica la velocidad del flujo de agua en los diferentes materiales para la tubería de abastecimiento de agua. Fuente: (SENAGUA, Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, 2012).

Diámetros estándar

Para la selección del diámetro a emplear en el proyecto se deben realizar algunas consideraciones entre las cuales tenemos: considerar los costos reales por los conceptos que integran este rubro como las excavaciones, instalación, pruebas y relleno; el máximo desnivel en un tramo de tubería, la capacidad de conducir el flujo en las velocidades apropiadas y las pérdidas primarias y secundarias, producto de la longitud de tubería y accesorios.

Tabla 7

Especificaciones para tubería PVC

Diámetro Nominal (mm)		Diámetro Interior	Espesor Nominal	Presión de Trabajo		
UNIÓN U/Z	UNIÓN E/C	mm	mm	MPa	PSI t (lb/pulg)	Kgf/cm ²
---	20	17,8	1,1	1,25	181	12,75
		16,8	1,6	2,00	290	20,40
---	25	22,8	1,1	1,00	145	10,20
		21,8	1,6	1,60	232	16,32
---	32	29,8	1,1	0,80	116	8,16
		28,8	1,6	1,25	181	12,75
---	40	37,8	1,1	0,63	91	6,45
		36,8	1,6	1,00	145	10,20
		36,0	2,0	1,25	181	12,75
50		47,4	1,3	0,63	91	6,43
		46,8	1,6	0,80	116	8,16
		46,0	2,0	1,00	145	10,20
		45,0	2,5	1,25	181	12,75
63		59,8	1,6	0,63	91	6,45
		58,8	2,1	0,80	116	8,16
		58,0	2,5	1,00	145	10,20
		56,8	3,1	1,25	181	12,75
75		72,0	1,5	0,50	72	5,10
		71,2	1,9	0,63	91	6,43
		70,2	2,4	0,80	116	8,16
		69,0	3,0	1,00	145	10,20
		67,6	3,7	1,25	181	12,75
90		86,4	1,8	0,50	73	5,10

Diámetro Nominal (mm)		Diámetro Interior	Espesor Nominal	Presión de Trabajo		
UNIÓN U/Z	UNIÓN E/C	mm	mm	MPa	PSI t (lb/pulg)	Kgf/cm ²
		85,4	2,3	0,63	91	6,43
		84,2	2,9	0,80	116	8,16
		82,8	3,6	1,00	145	10,20
		81,2	4,4	1,25	181	12,75
		105,6	2,2	0,50	73	5,10
		104,6	2,7	0,63	91	6,43
	110	105,2	3,4	0,80	116	8,16
		101,6	4,2	1,00	145	10,20
		99,6	5,2	1,25	181	12,75
		134,4	2,8	0,50	73	5,10
---	140	133,2	3,4	0,63	91	6,45
		151,4	4,3	0,80	116	8,16
		153,6	3,2	0,50	73	5,10
		152,2	3,9	0,63	91	6,4Z
	160	150,0	5,0	0,80	116	8,16
		147,6	6,2	1,00	145	10,20
		144,8	7,6	1,25	181	12,75
		192,2	3,9	0,50	73	5,10
		190,2	4,9	0,65	91	6,45
	200	187,6	6,2	0,80	116	8,16
		184,6	7,7	1,00	145	10,20
		181,0	9,5	1,25	181	12,75
		240,2	4,9	0,50	73	5,10
		257,8	6,1	0,63	91	6,43
	250	254,4	7,8	0,80	116	8,16
		250,8	9,6	1,00	145	10,20
		226,2	11,9	1,25	181	12,75
		302,4	6,3	0,50	7Z	5,10
		299,6	7,7	0,66	91	6,43
	315	295,4	9,8	0,80	116	8,16
		290,8	12,1	1,00	145	10,20
		285,0	15,0	1,25	181	12,75
		341,0	7,0	0,50	73	5,10
		333,6	8,7	0,63	91	6,43
	355	333,0	11,0	0,80	116	8,16
		327,6	11,7	1,00	145	10,20
		521,2	16,9	1,25	181	12,75
		584,2	7,9	0,50	73	5,10
		580,4	9,8	0,65	91	6,45
	400	575,2	12,4	0,80	116	8,16
		Z69,2	15,4	1,00	145	10,20
		362,0	19,0	1,25	181	12,75
500	---	475,4	12,3	0,63	91	6,45

Diámetro Nominal (mm)		Diámetro Interior	Espesor Nominal	Presión de Trabajo		
UNIÓN U/Z	UNIÓN E/C	mm	mm	MPa	PSI t (lb/pulg)	Kgf/cm ²
		469,0	15,5	0,80	116	8,16
		461,6	19,2	1,00	145	10,20
		452,4	21,8	1,25	181	12,75
630	---	599,0	15,5	0,63	91	6,45
		591,0	19,5	0,80	116	8,16

Nota. La tabla indica las características de tubería PVC de Plastigama, donde (UZ) es a tuberías con unión por sellado elastomérico y (EC) unión por cementado solvente.

Fuente Tuberías y Accesorios de PVC y PE BD.

Pérdidas de carga para la red

Para el cálculo de las pérdidas se emplea el modelamiento de la red utilizando el método de Darcy-Weisbach, que permite calcular la pérdida debido a la fricción dentro de una tubería llena.

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

h_f : pérdida de carga debido a la fricción (m)

f : factor de fricción de Darcy

L : longitud de la tubería (m)

D : Diámetro interno de la tubería (m)

v : velocidad media del fluido (m/s)

g : aceleración de la gravedad (m/s²)

La ecuación de Darcy-Weisbach puede ser escrita, en función del caudal Q como:

$$h_f = f \times \frac{8 \cdot L \cdot Q^2}{g \cdot \pi^2 \cdot D^5}$$

El coeficiente de resistencia de Darcy-Weisbach es un valor adimensional que es función del número de Reynolds (Re) y la rugosidad relativa (ε_r), que dependen del régimen del flujo.

Tabla 8

Coeficiente de resistencia

RÉGIMEN	COEFICIENTE DE FRICCIÓN
Laminar	$f = \frac{64}{Re}$
Turbulento liso	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{2,51}{Re\sqrt{f}}\right)$
Turbulento intermedio	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \cdot \log\left(\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{\varepsilon_r}{3,7}\right)^{1,11}\right)$
Turbulento rugoso	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log\left(\frac{\varepsilon_r}{3,7}\right)$

Nota. La tabla indica las ecuaciones para el cálculo del factor de fricción de Darcy

Encuesta Socioeconómica

El objetivo de las encuestas socioeconómicas es tener datos reales y actuales del sistema de abastecimiento del proyecto, con el fin de realizar un diagnóstico a nivel

general de la calidad y cobertura del servicio, la calidad del recurso hídrico a los usuarios, la concordancia del costo con el servicio proporcionado, consumo e identificar las deficiencias actuales en la zona del proyecto por medio de los encuestados.

Tamaño de la Muestra

Estadísticamente el tamaño de la muestra se define como el número determinado de sujetos o cosas que componen la muestra extraída de una población, necesario para ser representativo y caracterice la población. En el proyecto la muestra constituye a hogares los cuales constan con un medido de agua potable proporcionado por el DAPAC-R, el Club los Chillos cuenta con un total de 648 medidores de agua potable instalados en la red de distribución.

Para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 N p q}{e^2 (N - 1) + (Z^2 p q)}$$

Donde:

Z:	Nivel de confianza (95%)	= 1,96
N:	Población	= 648 medidores
p:	Probabilidad de éxito	= 0,50
q:	Probabilidad de fracaso	= 0,50
e:	Error de estimación (0.1 – 0.15)	= 0,14
n:	Tamaño de la muestra	

$$n = \frac{1,96^2 * 648 * 0,5 * 0,5}{0,14^2 (648 - 1) + (1,96^2 * 0,5 * 0,5)}$$

$$n = 49$$

Una vez calculada, se puede concluir que el tamaño de la muestra para el Club los Chillos es de 49 medidores, que representa el número de encuestas socioeconómicas a realizar.

Formato de encuesta

Con la información recolectada de las encuestas socioeconómicas, se procede a realizar el tratamiento de los datos con la opinión de los usuarios respecto al servicio de agua potable empleando el siguiente formato.

Figura 18

Formato de Encuesta Socioeconómica



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL





UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



ENCUESTA SOCIO-ECONÓMICA Y DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE DE LA URBANIZACIÓN CLUB LOS CHILLOS

d. Tercera edad (60 en adelante): _____

A. INFORMACIÓN DEL ENCUESTADO

Nombre: _____
N° de casa: _____ Dirección: _____

B. INFORMACIÓN BÁSICA DE LA LOCALIDAD

Fecha de entrevista: _____
Persona entrevistada (jefe del hogar): Padre () Madre () Otro: _____

C. INFORMACIÓN SOBRE LA VIVIENDA

1. Tipo de vivienda:
a. Casa Unifamiliar () c. Cuartos de inquilinato ()
b. Departamento () d. Mediagua ()

2. Uso: a. Residencial () b. Comercial () c. Mixta ()

3. Tenencia de vivienda: a. Propia () b. Arrendada ()

4. Arriendo mensual valorado:
a. Menos de 200 dólares () d. Menos de 300 dólares () c. Más de 500 dólares ()
b. Menos de 400 dólares () e. Menos de 500 dólares ()

5. Sistema constructivo de la vivienda:
a. Hormigón () b. Mampostería () c. Madera () d. Mixta ()

6. Número de pisos de la vivienda: _____

7. La vivienda posee:
a. Energía Eléctrica Si () NO ()
b. Red de Agua Potable Si () NO ()
c. Red de Alcantarillado Si () NO ()
d. Recolección de basura Si () NO ()
e. Teléfono Si () NO ()
f. Internet Si () NO ()

8. Valor pago de Luz Eléctrica
a. \$0 - \$5 () b. \$5 - \$10 () c. \$10 - \$15 () d. \$15 - \$20 () e. Más de \$20 ()

D. INFORMACIÓN SOBRE LA FAMILIA

9. Número de personas habitan en la vivienda: _____
a. Niños (0 – 12 años): _____ b. Jóvenes (12 – 30 años): _____ c. Adultos (30 – 60 años): _____

10. ¿Cuántas personas aportan al ingreso familiar?
a. 1 a 2 () b. 3 a 4 () c. 5 a 6 () d. Más de 7 ()

11. ¿Número de personas en la familia que actualmente busca empleo?
a. 1 a 2 () b. 3 a 4 () c. 5 a 6 () d. Más de 7 ()

12. El ingreso familiar promedio mensual es aproximadamente:
a. Menos de 400 dólares () b. Menos de 500 dólares () d. Menos de 600 dólares ()
b. Menos de 700 dólares () e. Más de 700 dólares ()

E. INFORMACIÓN SOBRE EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

13. ¿Dispone de agua todos los días?: a. Si () b. No ()

14. Dispone del servicio de agua: a. Mañana () b. Tarde () c. Noche () d. Todo el día ()

15. ¿Paga usted por el servicio de agua?: a. Si () b. No () Si es sí, pasar a la pregunta N°17

16. Si es no, ¿Por qué? _____ Pasar a la pregunta N°18

17. Si es sí, el valor promedio aproximado es de:
a. \$0 - \$5 () b. \$5 - \$10 () c. \$10 - \$15 () e. Más de \$20 ()

18. Cree usted que lo que paga por el servicio de agua es:
a. Bajo () b. Justo () c. Elevado ()

19. La cantidad de agua que recibe es: a. Suficiente () b. Insuficiente ()

20. ¿Almacena agua para el consumo de su familia?
a. Si () b. No () Si es no, pasar a la pregunta N°22

21. Si es sí, el agua la almacena en:
a. Baldes () b. Bidones () c. Tanque () d. Otros ()

22. La calidad del agua es: a. Buena () b. Mala () c. Regular ()

23. ¿Está usted satisfecho con el servicio de agua? ¿Cómo lo calificaría?
a. Buena () b. Mala () c. Regular ()

24. ¿Al agua antes de ser consumida le da algún tratamiento?
a. Si () b. No () Cuál: _____

25. El agua que viene de la red pública la usa para:
a. Beber () c. Preparar alimentos () e. Riego () f. Otro: _____
b. Lavar ropa () d. Limpieza vivienda () d. Higiene ()

Análisis Poblacional

Para el análisis poblacional se debe referir al número de habitantes residentes en la zona de estudio en un periodo determinado, es de suma importancia para el estudio de las condiciones actuales como para el rediseño de la red futura de agua potable, la población actual es una variable con un impacto directo; identificaciones de problemas y falencias en la red y análisis de la oferta-demanda de los recursos hídricos proporcionados por las zonas de captación, almacenamiento y distribución, mientras que la población futura nos servirá para el rediseño de la red solventando los problemas proyectados con el incremento de los habitantes.

Población Actual

La población actual se determina con la ayuda de los planos proporcionados por el DAPAC-R de la siguiente forma:

Según la distribución de áreas determinado en los apartados posteriores, el trabajo consistió en conocer el número de casas en los predios registrados en la zona de estudio, esta variable se multiplico por el número de habitantes estimado para el sector.

- El número de habitantes por hogar en el sector Club los Chillos es de 4,5 personas

La población determinada en la zona de estudio se la puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 9*Total habitantes Club los Chillos*

N°	Área (m2)	# de casas	# de Hab por casa	Población (hab)
1	2796,13	6	4,5	27
2	5972,29	5	4,5	23
3	10762,55	10	4,5	45
4	10613,16	9	4,5	41
5	6151,61	7	4,5	32
6	10316,17	13	4,5	59
7	8081,55	10	4,5	45
8	6307,98	4	4,5	18
9	14210,95	11	4,5	50
10	10579,51	13	4,5	59
11	9975,31	8	4,5	36
12	12952,62	10	4,5	45
13	10742,71	8	4,5	36
14	14683,57	9	4,5	42
15	14053,23	12	4,5	54
16	12478,23	10	4,5	45
17	9856,34	11	4,5	50
18	11004,8	12	4,5	54
19	9155,72	8	4,5	36
20	11829,38	11	4,5	50
21	12983,58	9	4,5	41
22	12766,18	10	4,5	45
23	12245,47	11	4,5	50
24	12381,57	11	4,5	50
25	4838,53	7	4,5	32
26	5044,71	5	4,5	23
27	17611,56	18	4,5	81
28	17634,6	16	4,5	72
29	7201,59	7	4,5	32
30	6442,36	8	4,5	36
31	6761,97	7	4,5	32
32	5050,68	5	4,5	23
33	5435,23	7	4,5	32
34	3042,28	4	4,5	18
35	15499,42	11	4,5	50
36	5917,96	4	4,5	18
37	12269,76	10	4,5	45

N°	Área (m2)	# de casas	# de Hab por casa	Población (hab)
38	26186,97	16	4,5	72
39	20646,05	12	4,5	54
40	18103,54	23	4,5	104
41	2268,67	3	4,5	14
42	2758,71	3	4,5	14
43	8250,1	11	4,5	50
44	14898,77	15	4,5	68
45	22551,44	22	4,5	99
46	13205,12	11	4,5	50
47	12040,7	11	4,5	50
48	14910,56	14	4,5	63
49	24343,19	20	4,5	90
50	26071,56	11	4,5	50
51	7523,16	1	4,5	5
52	20080,36	Especial	4,5	10
53	5792,43	4	4,5	18
54	4301,24	4	4,5	18
55	16445,47	13	4,5	59
56	10589,14	10	4,5	45
57	11599,24	15	4,5	68
58	2406,8	4	4,5	18
59	3304,14	1	4,5	5
60	6204,57	1	4,5	5
61	6692,79	8	4,5	36
62	6615,32	8	4,5	36
63	7064,33	8	4,5	36
64	8785,24	7	4,5	32
65	5570,44	6	4,5	27
66	2560,69	4	4,5	18
67	2293,18	3	4,5	14
68	4894,27	4	4,5	18
69	7324,4	7	4,5	32
70	3090,87	4	4,5	18
71	5862,27	5	4,5	23
72	6289,65	7	4,5	32
73	3056,57	4	4,5	18
74	6557,63	4	4,5	18
75	3372,52	5	4,5	23
TOTAL				2917

Nota. La tabla indica el número total de habitantes en el sector Club los Chillos en el año 2020, con la actualización del catastro predial realizada en febrero del 2021 se tiene que 83 predios son terrenos sin edificar, por lo que la población sería de **2544**

habitantes, Fuente propia.

Cálculo de la Densidad Poblacional

La densidad poblacional se calculó a través de las encuestas socioeconómicas, que dieron como resultado el número aproximado de habitantes en cada residencia en el sector de estudio.

La densidad de la población se la estudio para cada nudo, el cual cuenta con un determinado número de habitantes y superficie, para el caculo de habitantes por hectárea, los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 10

Calculo densidad poblacional Club los Chillos

N°	Área (m2)		# de casas	# de Hab por casa	Población (Hab)	Densidad Hab/Ha
	m2	ha				
1	2796,13	0,28	6	4,5	27	96,56
2	5972,29	0,60	5	4,5	23	37,67
3	10762,55	1,08	10	4,5	45	41,81
4	10613,16	1,06	9	4,5	41	38,16
5	6151,61	0,62	7	4,5	32	51,21
6	10316,17	1,03	13	4,5	59	56,71
7	8081,55	0,81	10	4,5	45	55,68
8	6307,98	0,63	4	4,5	18	28,54
9	14210,95	1,42	11	4,5	50	34,83
10	10579,51	1,06	13	4,5	59	55,30
11	9975,31	1,00	8	4,5	36	36,09
12	12952,62	1,30	10	4,5	45	34,74
13	10742,71	1,07	8	4,5	36	33,51
14	14683,57	1,47	9	4,5	41	27,58
15	14053,23	1,41	12	4,5	54	38,43
16	12478,23	1,25	10	4,5	45	36,06
17	9856,34	0,99	11	4,5	50	50,22

N°	Área (m2)		# de casas	# de Hab por casa	Población (Hab)	Densidad Hab/Ha
	m2	ha				
18	11004,8	1,10	12	4,5	54	49,07
19	9155,72	0,92	8	4,5	36	39,32
20	11829,38	1,18	11	4,5	50	41,84
21	12983,58	1,30	9	4,5	41	31,19
22	12766,18	1,28	10	4,5	45	35,25
23	12245,47	1,22	11	4,5	50	40,42
24	12381,57	1,24	11	4,5	50	39,98
25	4838,53	0,48	7	4,5	32	65,10
26	5044,71	0,50	5	4,5	23	44,60
27	17611,56	1,76	18	4,5	81	45,99
28	17634,6	1,76	16	4,5	72	40,83
29	7201,59	0,72	7	4,5	32	43,74
30	6442,36	0,64	8	4,5	36	55,88
31	6761,97	0,68	7	4,5	32	46,58
32	5050,68	0,51	5	4,5	23	44,55
33	5435,23	0,54	7	4,5	32	57,96
34	3042,28	0,30	4	4,5	18	59,17
35	15499,42	1,55	11	4,5	50	31,94
36	5917,96	0,59	4	4,5	18	30,42
37	12269,76	1,23	10	4,5	45	36,68
38	26186,97	2,62	16	4,5	72	27,49
39	20646,05	2,06	12	4,5	54	26,16
40	18103,54	1,81	23	4,5	104	57,17
41	2268,67	0,23	3	4,5	14	59,51
42	2758,71	0,28	3	4,5	14	48,94
43	8250,1	0,83	11	4,5	50	60,00
44	14898,77	1,49	15	4,5	68	45,31
45	22551,44	2,26	22	4,5	99	43,90
46	13205,12	1,32	11	4,5	50	37,49
47	12040,7	1,20	11	4,5	50	41,11
48	14910,56	1,49	14	4,5	63	42,25
49	24343,19	2,43	20	4,5	90	36,97
50	26071,56	2,61	11	4,5	50	18,99
51	7523,16	0,75	1	4,5	5	5,98
52	20080,36	2,01	Especial	4,5	10	4,98
53	5792,43	0,58	4	4,5	18	31,08
54	4301,24	0,43	4	4,5	18	41,85
55	16445,47	1,64	13	4,5	59	35,57
56	10589,14	1,06	10	4,5	45	42,50
57	11599,24	1,16	15	4,5	68	58,19
58	2406,8	0,24	4	4,5	18	74,79

N°	Área (m2)		# de casas	# de Hab por casa	Población (Hab)	Densidad Hab/Ha
	m2	ha				
59	3304,14	0,33	1	4,5	5	13,62
60	6204,57	0,62	1	4,5	5	7,25
61	6692,79	0,67	8	4,5	36	53,79
62	6615,32	0,66	8	4,5	36	54,42
63	7064,33	0,71	8	4,5	36	50,96
64	8785,24	0,88	7	4,5	32	35,86
65	5570,44	0,56	6	4,5	27	48,47
66	2560,69	0,26	4	4,5	18	70,29
67	2293,18	0,23	3	4,5	14	58,87
68	4894,27	0,49	4	4,5	18	36,78
69	7324,4	0,73	7	4,5	32	43,01
70	3090,87	0,31	4	4,5	18	58,24
71	5862,27	0,59	5	4,5	23	38,38
72	6289,65	0,63	7	4,5	32	50,08
73	3056,57	0,31	4	4,5	18	58,89
74	6557,63	0,66	4	4,5	18	27,45
75	3372,52	0,34	5	4,5	23	66,72

Nota. La tabla indica el cálculo de la densidad poblacional en cada nudo de análisis del Club los Chillos. Elaboración propia.

Cálculo de la Población futura

Para determinar el valor de la población futura se utiliza una tasa de crecimiento de 2,941% correspondiente al Cantón Rumiñahui, este valor es obtenido de la base de datos del INEC determinado por los últimos censos realizados a nivel nacional. Para la proyección futura se utiliza un valor actual de 2544 habitantes pertenecientes al sector Club los Chillos.

Cabe recalcar que la población del “Club Los Chillos” se puede considerar una población de saturación, se mostrará en la siguiente tabla

Según el INEN el cálculo de la población futura se lo debe determinar por medio de tres métodos diferentes, para el sector de estudio se va a realizar los siguientes métodos:

Método Aritmético

$$Pf = Pa(1 + i * n)$$

Dónde:

Pf = Población futura (hab).

Pa = Población actual (hab).

n = Periodo de diseño que fija el proyectista en base a las normativas (años).

i = Crecimiento promedio anual.

Para la utilización de la formula se empleó los siguientes datos:

Pa = 2544 habitantes

n = 25 años

i = 0,02941

$$Pf = 2544(1 + 0,02941 * 25)$$

$$Pf = 4414 \text{ habitantes}$$

Método Geométrico

$$Pf = Pa(1 + i)^n$$

Dónde:

Pf = Población futura (hab).

Pa = Población actual (hab).

n = Periodo de diseño que fija el proyectista en base a la normativa (años).

i = Crecimiento promedio anual.

Para la utilización de la formula se empleó los siguientes datos:

Pa = 2544 habitantes

n = 25 años

i = 0,02941

$$Pf = 2544(1 + 0,02941)^{25}$$

$$Pf = 5251 \text{ habitantes}$$

Método Mixto

Este método es un promedio entre el método geométrico y el método analítico, como se indica en la siguiente formula:

$$Pf_{mm} = \frac{Pf_{ma} + Pf_{mg}}{2}$$

Dónde:

Pf_{ma} = Población futura método aritmético (hab).

Pf_{mg} = Población futura método geométrico (hab).

Pf_{mm} = Población futura método mixto (hab).

Para la utilización de la formula se empleó los siguientes datos:

$Pfma = 4414$ habitantes

$Pfmg = 5251$ habitantes

$$Pfmm = \frac{4414 + 5251}{2}$$

$Pfmm = 4833$ habitantes

Dotación actual

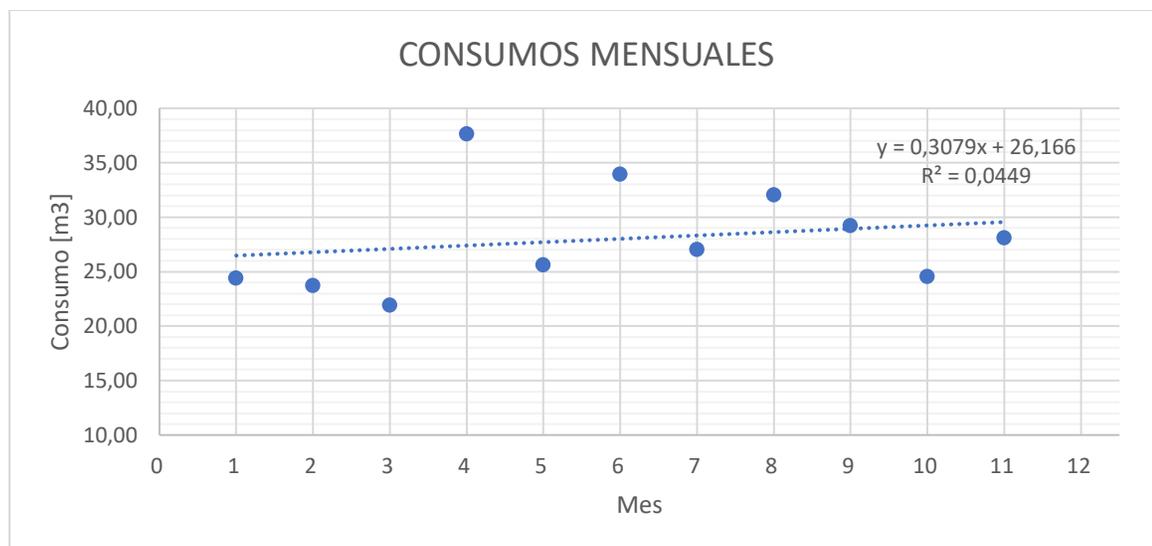
Para determinar la dotación real, se analiza la información de la lectura de las planillas mensuales proporcionado por el DAPAC-R (Anexo 5), los datos procesados son el consumo mensual desde el año 2017-2020 de todos los residentes que cuentan con un medidor.

Tabla 11

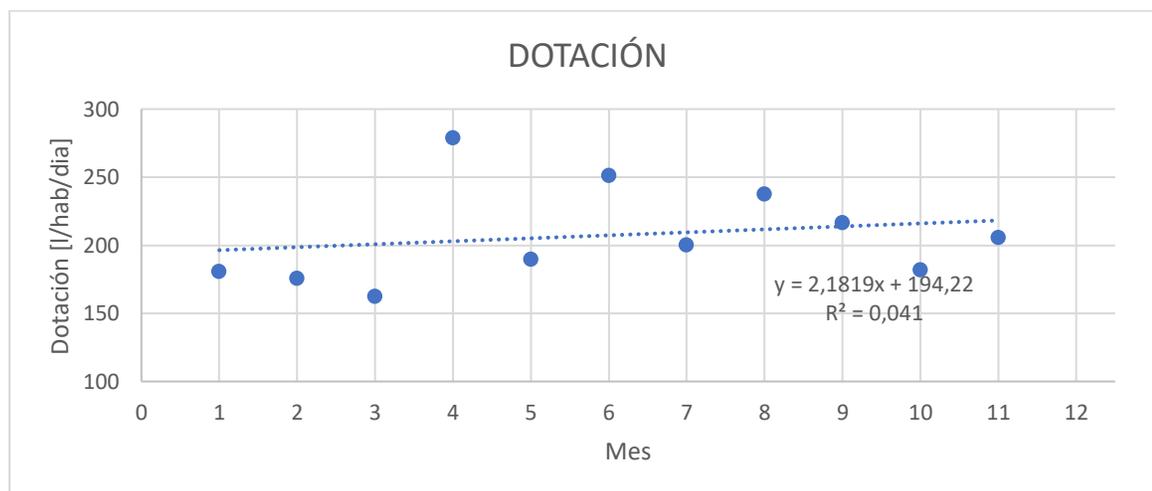
Calculo Dotación Actual año 2020 del Club los Chillos

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO
Consumo Mensual [m3/mes]	24,38	28,99	24,41	23,73	21,92	37,63	25,59	33,91	27,04	32,05	29,24	24,55	28,08
Consumo Diario [l/día]	812,67	966,38	813,67	790,97	730,54	1254,44	853,07	1130,47	901,27	1068,33	974,51	818,32	
Población Total [hab]	2115	2160	2174	2311	2245,5	1841	2088	2196	2304	2241	2291	2263,5	2186
Población Promedio	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	
Dotación [l/hab/día]	181	215	181	176	162	279	190	251	200	237	217	182	206

Nota. La tabla indica el consumo promedio mensual y la dotación para el área de estudio sector Club los Chillos correspondiente al año 2020. Elaboración propia.

Figura 19*Consumo mensual Club los Chillos*

Nota. La imagen indica el consumo promedio mensual del área de estudio con base de datos del año 2020. Elaboración propia.

Figura 20*Cálculo de dotación Club los Chillos*

Nota. La imagen indica la dotación mensual del área de estudio con base de datos del año 2020. Elaboración propia.

Agua no contabilizada

Para determinar el porcentaje de agua no contabilizada se utiliza los datos con los registros de consumos mensuales proporcionados por el DAPAC-R, con las siguientes afirmaciones:

- El consumo promedio mensual del Club los Chillos es de 16752,77 m³ considerando a todos los usuarios registrados.
- El caudal de salida de los tanques Carlos Gavilanes es de 22,84 l/s, produciendo un volumen mensual de aproximadamente 47666,88 m³.

Para el cálculo del porcentaje de aguas no contabilizadas se procede con la siguiente formula:

$$\%ANC = \frac{\text{Volumen Producido} - \text{Volumen Facturado}}{\text{Volumen Producido}} \times 100$$

$$\%ANC = \frac{47666,88 - 16752,77}{47666,88} \times 100$$

$$\%ANC = 64,85\%$$

Se establece el porcentaje de aguas no contabilizadas en 64,85%, entre las causas que pueden producir este valor se encuentran:

- Fugas en la red de distribución, por deterioro de los elementos que lo componen o incorrecta instalación de elementos y conexiones.
- Conexiones clandestinas por parte de usuarios no registrados destinadas a actividades industriales, vivienda, entre otras.
- El volumen producido puede ser menor debido que el caudal de salida no es constante y también puede verse reducido en épocas de sequias o si

los tanques no están trabajando al 100% reduciendo el índice de pérdidas.

Caudales de diseño

Caudal medio

El caudal medio se obtiene multiplicando el número de habitantes (población) por la dotación (l/hab/día)

$$Q_m = \frac{\text{Poblacion} \times \text{Dotacion}}{86400}$$

Para el sector de estudio, Club los Chillos se tiene el siguiente resultado:

$$Q_m = \frac{2544 \text{ hab} \times 206 \text{ l/hab/día}}{86400 \text{ s}}$$

$$Q_m = 6,066 \text{ l/s}$$

Caudal máximo diario

Es el caudal medio consumido por la población en el día de máximo consumo y se calcula con la siguiente formula:

$$Q_{\text{max. día}} = K_{\text{max. día}} \times Q_m$$

El coeficiente de variación del consumo máximo diario debe establecerse en base a estudios en sistemas existentes, y aplicar por analogía al proyecto en estudio. En caso contrario se recomienda utilizar los siguientes valores: $K_{\text{max. día}} = 1,3 - 1,5$. (SENAGUA, Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, 2012). Para el área de estudio se establece un valor de 1,5, debido a que la zona cuenta con un clima templado que afecta directamente al consumo y variaciones.

$$Q_{\text{max. día}} = 1,5 \times 6,066 = 9,098 \text{ l/s}$$

Caudal máximo horario

Es el caudal medio consumido por la población en la hora de máximo consumo, el coeficiente de variación del consumo máximo horario debe establecerse en base a estudios en sistemas existentes, y aplicar por analogía al proyecto en estudio. En caso contrario se recomienda utilizar los siguientes valores, (SENAGUA, Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, 2012):

$$Q_{max. hor} = (2 \text{ a } 2,3) \times Q_{med}$$

Se toma un valor conservador de 2,3 considerando condiciones extremas de gran demanda de agua.

$$Q_{max. hor} = 2,3 \times 6,066 \text{ l/s}$$

$$Q_{max. hor} = 13,95 \text{ l/s}$$

Volúmenes de almacenamiento

Uno de los elementos importantes en el sistema de distribución de agua potable debido a sus funciones como: compensar variaciones de consumos en el transcurso del día, mantener las presiones de servicio y almacenamiento para su uso en casos de emergencias. El volumen total de almacenamiento se obtiene al sumar los volúmenes de regulación, volumen contra incendio, volumen de emergencia y volumen de planta de tratamiento, dependiendo de los elementos que disponga la red de agua potable.

Volumen de Regulación

En caso de haber datos sobre las variaciones horarias del consumo el proyectista deberá determinar el volumen necesario para la regulación a base del

respectivo análisis. En caso contrario, se pueden usar los siguientes valores (SENAGUA, 1992):

- Para poblaciones menores a 5 000 habitantes, se tomará para el volumen de regulación el 30% del volumen consumido en un día, considerando la demanda media diaria al final del período de diseño.
- Para poblaciones mayores de 5 000 habitantes, se tomará para el volumen de regulación el 25% del volumen consumido en un día, considerando la demanda media diaria al final del período de diseño.

Volumen de protección contra incendios

Según la norma para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, se debe utilizar los siguientes valores:

- Para poblaciones de hasta 3 000 habitantes futuros en la costa y 5 000 en la sierra, no se considera almacenamiento para incendios.
- Para poblaciones de hasta 20 000 habitantes futuros se aplicará la fórmula $V_i = 50 \sqrt{p}$, en m^3 .
- Para poblaciones de más de 20 000 habitantes futuros se aplicará la fórmula $V_i = 100 \sqrt{p}$, en m^3 .

En estas fórmulas:

p = población en miles de habitantes

V_i = volumen para protección contra incendios, en m^3

Volumen de emergencia

“Para poblaciones mayores de 5000 habitantes, se tomará el 25% del volumen de regulación como volumen para cubrir situaciones de emergencia. Para comunidades

con menos de 5 000 habitantes no se calculará ningún volumen para emergencias”
(SENAGUA, 1992)

Parámetros de calidad del agua potable

Cloro Libre

Es el cloro presente en forma de ácido hipocloroso, de ión hipoclorito o en forma de cloro elemental disuelto. Según (INEN, 2014), la Norma ISO 7393 especifica un método para la determinación de cloro libre y de cloro total en agua, fácilmente aplicable a ensayos de campo. Está basado en la medida de la intensidad de color por comparación visual del color con una escala de patrones que se calibra regularmente.

Este método es aplicable a concentraciones, expresadas en cloro (Cl₂), comprendidas entre 0,0004 y 0,07 mmol/l (de 0,03 a 5 mg/l) de cloro total. Para concentraciones más elevadas, es preciso diluir la porción de ensayo. Si la rapidez de operación y la utilización de un equipo compacto no son requerimientos primordiales, puede efectuarse una medida espectrométrica como alternativa.

La determinación de cloro libre es por reacción directa con la N,N-dietil-1,4-fenilendiamina (DPD) y formación de un compuesto rojo, a pH comprendido entre 6,2 y 6,5. Medida de la intensidad del color por comparación visual del color con una escala de patrones permanentes o por espectrometría.

El dispositivo para emplear es un equipo colorimétrico, que incluye uno de los siguientes elementos:

- *Comparador*: equipado con una escala de patrones permanentes coloreados, preparados especialmente para la técnica con DPD y

adecuado para concentraciones comprendidas entre 0,000 4 y 0,07 mmol/l (de 0,03 a 5 mg/l) de cloro

- *Espectrómetro:* con un selector para variación continua de la longitud de onda adecuado para trabajar a 510 nm y equipado con células rectangulares con una longitud de paso óptico igual o mayor de 10 mm.
- *Espectrómetro:* con un selector para variación discontinua de la longitud de onda que posea su máximo de transmitancia lo más cerca posible a 510 nm y equipado con células rectangulares con una longitud de paso óptico igual o mayor de 10 mm

El proceso para la determinación de cloro libre consta de los siguientes pasos:

Muestra de ensayo: Se inicia la determinación inmediatamente después de la toma de muestras. En todo momento debe evitarse la exposición a la luz, la agitación y el calor.

Porciones de ensayo: Se toman dos porciones de ensayo de 100,0 ml cada una (V_0). Si la concentración de cloro total sobrepasa los 70 $\mu\text{mol/l}$ (5 mg/l), es necesario tomar un volumen más pequeño de la muestra de ensayo, V_1 , y diluir con agua a 100,0 ml.

Calibrado: En una serie de matraces aforados de 100 ml, se introducen cantidades crecientes de la solución patrón de iodato de potasio de modo que permitan establecer una gama de concentraciones comprendida entre $c(\text{Cl}_2) = 0,423$ y 70,5 $\mu\text{mol/l}$ [$\rho(\text{Cl}_2) =$ de 0,03 a 5 mg/l; de 0,3 a 50 ml de solución patrón]. Se añade 1,0 ml de ácido sulfúrico y, transcurrido 1 min, 1,0 ml de solución de hidróxido de sodio. Se diluye a 100 ml con agua. Se transfieren los contenidos de cada uno de los matraces, sin aclarar, a matraces Erlenmeyer de 250 ml que contengan 5 ml de solución tampón y 5 ml del

reactivo DPD, añadidos menos de 1 min antes de la transferencia y se mezcla.

Posteriormente, se rellena la cubeta de medida sucesivamente con cada uno de los patrones preparados y se mide, antes de que transcurran 2 min, uno de los valores siguientes:

- la intensidad del color con el comparador,
- la absorbancia, frente a agua en la cubeta de referencia, por medio de un espectrómetro

Se verifica y se corrige, según se requiera, la escala de patrones del comparador o se establece una curva de calibrado para el espectrómetro. Se efectúa un nuevo calibrado cada vez que se prepare nuevo reactivo DPD y se verifica diariamente un punto de la escala o del gráfico

Determinación del cloro libre: Se transfiere la primera porción de ensayo, sin aclarar, a un matraz Erlenmeyer de 250 ml que contenga 5 ml de solución tampón y 5,0 ml de reactivo DPD y se mezcla. Se rellena la cubeta de medida con esta solución tratada y se mide inmediatamente el color en las mismas condiciones que las adoptadas en el calibrado. Se anota c_1 , la lectura de concentración obtenida en la escala del color o en la gráfica de calibrado.

En caso de aguas desconocidas, con posible carácter muy ácido o muy alcalino, o con una elevada concentración de sales, es aconsejable comprobar que el volumen de solución tampón añadido es suficiente para que el pH del agua se encuentre entre 6,2 y 6,5. Si no es así, se utiliza un volumen mayor de solución tampón.

La concentración de cloro libre, $c(\text{Cl}_2)$, expresada en milimoles por litro, viene dada por la ecuación:

$$c(Cl_2) = \frac{(c_1 - c_3)V_0}{V_1}$$

Donde:

c_1 es la concentración de cloro, expresada en milimoles de Cl_2 por litro;

c_3 es la concentración correspondiente al manganeso oxidado presente, expresada en milimoles de Cl_2 , **Nota:** en ausencia de manganeso oxidado $c_3 = 0$.

V_0 es el volumen máximo, en mililitros, de la porción de ensayo ($V_0 = 100,0$ ml);

V_1 es el volumen, en mililitros, de la muestra de ensayo en la porción de ensayo

Color Aparente

Según (INEN, 1983), el color aparente, es el color producido por las sustancias disueltas y materiales en suspensión en el agua.

Entre el equipo necesario para la determinación de esta variable se encuentra: tubos de Nessier (100 o 50 cm^3), balanza analítica (sensible al 0.1 mg), centrifugadora, pipeta, vasos de precipitación, comparador para tubos de Nessier. Los reactivos a utilizar son: Cloroplatinato de potasio, Cloruro cobaltoso hexahidratado, Agua destilada y Ácido clorhídrico concentrado.

El proceso para la determinación del color aparente consta de los siguientes pasos:

Preparación de la muestra: colocar 120 cm^3 de muestra en un tubo de centrífuga y proceder a centrifugar, a fin de eliminar la posible turbiedad.

Preparación de las soluciones patrones:

- Pesar, con aproximación al 0,1 mg, 0,249 de cloroplatinato de potasio, $K_2 PtCl_6$, y 0,200 g de cloruro cobaltoso $Co Cl_2 \cdot 6H_2O$, y colocar en un vaso de precipitación
- Añadir 10cm³ de agua destilada y 20 cm³ de ácido clorhídrico concentrado; diluir a 200 cm³ con agua destilada. Esta solución tiene un color de 500 unidades.
- Transferir alícuotas de 1, 2, 3... hasta 10 cm³ de la solución preparada a sendos tubos de Nessler de 100 cm³; completar el volumen de 100 cm³ con agua destilada
- Las soluciones obtenidas corresponden a la escala de color: 5, 10, 15.....hasta 50, respectivamente.

Procedimiento de ensayo

- Transferir 100 cm³ de la muestra preparada a un tubo de Nessler.
- Colocar en el comparador la muestra entre 2 tubos que contienen las soluciones patrón y establecer el valor por comparación de color.
- Puesto que el color está relacionado con el pH, medir el pH de la muestra.

En caso de haber utilizado la dilución de la muestra se calcula con la siguiente ecuación:

$$\textit{Unidad de Color} = \frac{A \times 100}{B}$$

Donde:

A: color estimado de una muestra diluida

B: volumen de muestra tomada para la dilución

Turbidez

Según (INEN, 1983), la turbiedad es una expresión de la propiedad óptica de una muestra, que hace que los rayos luminosos se dispersen y se observen, en lugar de que se transmitan en línea recta a través de ella.

Entre el equipo a emplear se encuentra el turbidímetro, consiste de un nefelómetro con una fuente de luz para iluminar las muestras y uno o más detectores fotoeléctricos, con un dispositivo de lectura para indicar la intensidad de luz dispersada 90° en el trayecto de la luz incidente. La sensibilidad del instrumento permitirá detectar diferencias de 0,02 NTU o menos en aguas que posean turbiedades menores que 1 NTU. El instrumento deberá medir de 0 a 40 NTU. Entre los reactivos se tiene: agua libre de turbiedad, suspensiones madres de turbiedad, suspensión patrón de turbiedad y patrón diluidas.

Entre los pasos para la determinación de la turbiedad se tienen los siguientes:

Calibración del turbidímetro: Seguir las instrucciones del fabricante del instrumento. A falta de una escala de precalibración, preparar curvas de calibración para cada escala del instrumento. Comprobar la exactitud de cualquier escala de calibración proporcionada con el instrumento precalibrado, utilizando los patrones apropiados. Correr por lo menos un patrón en cada escala que va a utilizarse. En instrumentos en que hay la posibilidad de que los valores de la escala puedan corresponder a la turbiedad, no confiar en un patrón sólido de dispersión del fabricante para regular la sensibilidad del instrumento, a menos que el instrumento esté libre de desviaciones en todas las escalas.

Medida de las turbiedades menores de 40 NTU: Agitar enérgicamente la muestra. Esperar hasta que todas las burbujas de aire desaparezcan y verter la muestra

en el tubo del turbidímetro. Leer la turbiedad directamente en la escala del instrumento o en la curva de calibración apropiada.

La turbiedad se determina directamente en la escala del instrumento o en la curva de calibración apropiada.

Coliformes Fecales

Según (INEN, 2016), El número más probable de *Escherichia coli* presuntiva, es determinado por medio de la tabla NMP, acorde con el número de tubos con medios de concentración simple o doble, cuyos subcultivos han producido gas en el caldo EC e indol en agua de peptona a 44 °C.

Por medio del método del recuento se tiene los siguientes pasos:

Tomar tres tubos de medio de enriquecimiento selectivo (caldo lauril sulfato) de doble concentración. Utilice una pipeta estéril o punta estéril para pipeta automática, transfiera a cada uno de estos tubos 10 mL de suspensión inicial. Estas porciones de ensayo corresponden a 1 g de muestra por tubo.

Luego, tomar tres tubos de medio de enriquecimiento selectivo (caldo lauril sulfato) de simple concentración. Utilice una pipeta estéril nueva, transferir a cada uno de los tubos 1 mL de suspensión inicial. Estas porciones de ensayo corresponden a 0,1 g de muestra por tubo.

Cada una de las diluciones futuras (igual a 0,01 g; 0,001 g; etc., de muestra por tubo) proceder como en el paso anterior. Usar una nueva pipeta para cada dilución o punta estéril para pipeta automática. Cuidadosamente mezclar el inóculo con el medio.

Incubar los medios inoculados de simple y doble concentración en la incubadora (4.3.2) a 37 °C por 24 h ± 2 h. Si no existe presencia de gas inocular hasta 48 h ± 2 h.

Los tubos de concentración simple o doble que presentan opacidad o presencia de gas visible deben subcultivarse en un tubo que contenga Caldo EC inoculando un asa de muestra.

Incubar estos tubos inoculados en baño de agua (4.3.3) o en incubadora (4.3.2) a 44 °C por 24 h \pm 2 h, si no se observa presencia de gas incubar hasta 48 h \pm 2 h.

Potencial Hidrogeno

Según (INEN, 1983), el pH de la mayor parte de aguas naturales está en el rango de 4 a 9. La mayoría de las aguas son ligeramente básicas debido a la presencia de carbonatos y bicarbonatos. La desviación del valor normal en un agua determinada puede ser causada por desechos industriales ácidos o básicos. El control y medida del pH en afluentes industriales es importante para controlar la contaminación del agua. Es también importante el ajuste del pH en las plantas de tratamiento para controlar la corrosión en los sistemas de distribución.

Entre el equipo a emplear se debe disponer de: potenciómetro, piceta y vaso de precipitación. Los reactivos a utilizar son: solución tampon de pH4, pH7 y pH9; y agua destilada.

Los pasos para la determinación de pH son los siguientes:

- Efectuar la determinación por duplicado sobre la muestra.
- Lavar los electrodos con agua destilada y calibrar el aparato a la temperatura de la muestra, utilizando una solución de referencia cuyo pH sea similar al esperado para la muestra. En todo caso, deberán seguirse las instrucciones del fabricante.
- Colocar la muestra en el vaso de precipitación; introducir los electrodos y efectuar la determinación del pH.

Fluoruros

Según (INEN, 1982), el flúor se encuentra en el agua naturalmente o por adición en forma controlada. El flúor previene efectivamente las caries dentales en concentraciones aproximadas de 1,0 mg/l. Algunas fluorosis pueden ocurrir cuando el nivel del flúor excede los límites recomendados.

Entre los dispositivos a emplear se debe disponer de: equipo calorimétrico con espectro fotómetro, para usar a 570 nm, con un trayecto de luz de 1 cm por lo menos y Fotómetro de filtro, con un filtro verde que tenga una transmitancia máxima a 550-580 nm, y con un trayecto de luz de 1 cm por lo menos. Los reactivos a emplear son: Solución madre de fluoruro, Solución patrón de fluoruro, Solución de SPADNS, Reactivo circonio-ácido, Reactivo circonio ácido-SPADNS, Solución de referencia y Solución de arsenito de sodio.

Para la determinación del contenido de fluoruro se debe proseguir con los siguientes pasos:

Pretratamiento de la muestra: Si la muestra contiene cloro residual, se elimina por adición de una gota (0,05 ml) de la solución de arsénico de sodio por cada 0,1 mg de cloro (una concentración de arsénico de sodio de 1 300 mg/l producen un error de 0,1/1 a 1,0 mg/l de F).

Desarrollo del color: Usar 50,0 cm³ de muestra o una alícuota diluida a 50,0 cm³. Ajustar la temperatura de la muestra a la que se utilizó para trazar la curva de calibración. Añadir 5 cm³ de cada uno de los reactivos de solución de SPADNS y circonio-ácido a 10,00 cm³ del reactivo 5.5, mezclar bien y leer la absorbancia ajustando primero el punto de referencia del fotómetro con la solución de referencia. Si

la absorbancia cae fuera de la escala de la curva de calibración, repetir el procedimiento utilizando una alícuota más pequeña de muestra

El contenido de fluor en agua potable se determina mediante la siguiente ecuación:

$$mg/l F = \frac{A}{cm^3 \text{ muestra}} \times \frac{B}{C}$$

Donde:

A: μg de fluoruro determinados fotométricamente.

B/C: se aplica únicamente cuando la muestra es diluida a un volumen B, y una porción C de ésta es tomada para el desarrollo de color

Nitratos

Según (INEN, 1984), el nitrato representa el estado de oxidación más alto en el ciclo del nitrógeno y generalmente alcanza concentraciones importantes al final de la oxidación biológica.

Entre los dispositivos a emplear se debe disponer de: pipeta de seguridad, rejillas de alambre, baño de agua con agitación, tubos de reacción, baño de agua fría y equipo calorimétrico con espectro fotómetro, para usar a 410 nm, con un trayecto de luz de 2,5 cm por lo menos y Fotómetro de filtro, con un filtro verde que tenga una transmitancia máxima a 400-425 nm, y con un trayecto de luz de 2,5 cm por lo menos.

Los reactivos a emplear son: solución madre de nitrato, solución patrón de nitrato, solución de arsenito de sodio, solución de brucina. ácido sulfanílico, solución de ácido sulfúrico y solución de cloruro de sodio.

El procedimiento para determinar la cantidad de nitratos considera los siguientes pasos:

- Si la muestra contiene cloro residual removerlo por la adición de 1 gota de solución de arsenito por cada 0,10 mg de cloro y mezclar. Añadir 1 gota en exceso por cada 50 c m³ de muestra.
- Colocar en la rejilla de alambre el número de tubos de ensayo necesarios, dejando un espacio libre a cada lado del tubo. Incluir además los tubos de reacción que se necesiten para el blanco y la serie de patrones.
- En cada tubo colocar 10 cm³ de muestra o una alícuota diluida a 10 cm³, de tal forma que el contenido de nitrógeno de nitrato en el volumen tomado esté comprendido entre 0,1 y 8 ug N-NO³.
- Colocar la rejilla de alambre en el baño de agua fría y añadir 2 cm³ de solución de cloruro de sodio, mezclar a mano enérgicamente y añadir 10 cm³ de solución de ácido sulfúrico. Mezclar enérgicamente por agitación y dejar enfriar. Si en este momento se presenta cualquier coloración o turbiedad, o si los tubos del colorímetro que han sido utilizados como tubos de reacción no son ópticamente iguales, se secan los tubos y se lee el blanco de la muestra contra el blanco de los reactivos a 410 nm.
- Colocar nuevamente la rejilla en el baño de agua fría y añadir 0,5 cm³ de reactivo brucina-ácido sulfanílico. Agitar los tubos para mezclar perfectamente.
- Colocar la rejilla en el baño de agua caliente a 95°C por 20 min exactamente. Retirar la rejilla del baño caliente y colocarlo nuevamente en el baño de agua fría.

- Cuando la temperatura de la solución es aproximadamente la del ambiente, secar los tubos y leer la absorbancia de las muestras y patrones contra el blanco de reactivos a 410 nm en el colorímetro.
- Chequear la técnica y la igualdad de condiciones de reacción utilizando por lo menos dos patrones con cada grupo de muestras.
- Corregir la lectura de las absorbancias de las muestras restando el valor del blanco de la muestra de los valores obtenidos.

El contenido de nitrógeno de nitratos se determina mediante la siguiente ecuación:

$$mg/l N - NO_3 = \frac{ug N - NO_3}{cm^3 de muestra}$$

Donde

ug N - NO₃: concentración correspondiente a la absorbancia de la muestra leída en la curva de calibración.

Si se desea expresar el contenido como nitrato se utiliza la ecuación:

$$mg/l NO_3 = mg/l N - NO_3 \times 4,43$$

Capítulo III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis del sistema actual de agua potable del Club Los Chillos

En la presente fase se evaluará el Sistema actual de Agua Potable, intervendrán todos los parámetros de diseño vistos en el capítulo anterior, comenzando por el catastro realizado, generación de superficie para determinar las cotas, dotaciones de agua potable del sistema actual y oferta de la fuente de los dos tanques ubicados en el Barrio Carlos Gavilánez.

Con estos parámetros mencionados se trata de plantear un modelo hidráulico que se asemeje a la red que actualmente existente, para poder determinar posibles falencias o problemas que afecten a los usuarios del “Club Los Chillos”.

Posteriormente se comprobará los datos generados del software EPANET, con los datos que se tomarán en campo, en este caso el dato a comprobar serán las *Presiones*.

Parámetros de Evaluación

Cota de los Nudos

Para la altimetría del Sistema actual de Agua Potable, se lo realizó con los datos y observaciones detallados en la sección **Topografía de la Red**, visto anteriormente.

Se tomo la consideración que, a las cotas de los nodos, se le reste 1,20m, que corresponde a la profundidad que se encuentra las tuberías matrices, como ramificaciones de toda la red.

Dotación

A lo que tiene que ver con las dotaciones de agua potable, para su evaluación, se las determinó como está en la **Tabla 11** vista en el capítulo anterior, dándonos un valor de **206 l/hab/día**.

Cálculo de Caudales para la Evaluación

Al observar la sección **Análisis Poblacional** en el capítulo anterior, se determinó la población actual a la que brinda el servicio la red de distribución de Agua Potable, por lo que en la siguiente tabla se indica la población y el caudal que se asume que consume cada nodo actualmente (Anexo 6).

Tabla 12

Cálculo de la Población y caudales para la evaluación del sistema actual

N° Nodo	Ubicación			# de casas	Área (m2)	# de Hab por casa	Población Hab	Caudal Medio (L/s)	Caudal Máximo Diario (L/s)	Caudal Máximo Horario (L/s)
	Este	Norte	Elevación							
1	786460,4152	9959999,248	2601,59	6	2796,13	4,5	27	0,06	0,10	0,15
2	786378,5323	9960035,375	2599,093	5	5972,29	4,5	23	0,05	0,08	0,12
3	786452,931	9960045,945	2599,83	10	10762,55	4,5	45	0,11	0,16	0,24
4	786640,5531	9960073,967	2598,306	9	10613,16	4,5	41	0,10	0,14	0,22
5	786356,488	9960102,949	2596,728	7	6151,61	4,5	32	0,07	0,11	0,17
6	786444,4347	9960115,21	2597,578	13	10316,17	4,5	59	0,14	0,21	0,32
7	786626,8443	9960142,834	2596,646	10	8081,55	4,5	45	0,11	0,16	0,24
8	786333,8763	9960171,059	2591,982	4	6307,98	4,5	18	0,04	0,06	0,10
9	786430,5477	9960194,266	2594,376	11	14210,95	4,5	50	0,12	0,17	0,27
10	786612,7468	9960220,943	2594,995	13	10579,51	4,5	59	0,14	0,21	0,32
11	786290,892	9960265,908	2586,985	8	9975,31	4,5	36	0,08	0,13	0,20
12	786397,1689	9960291,177	2589,946	10	12952,62	4,5	45	0,11	0,16	0,24
13	786594,8982	9960320,105	2591,258	8	10742,71	4,5	36	0,08	0,13	0,20
14	786227,2533	9960356,314	2581,629	9	14683,57	4,5	41	0,10	0,14	0,22
15	786369,832	9960374,582	2584,966	12	14053,23	4,5	54	0,13	0,19	0,29
16	786580,6937	9960404,664	2588,977	10	12478,23	4,5	45	0,11	0,16	0,24
17	786172,7368	9960457,03	2574,973	11	9856,34	4,5	50	0,12	0,17	0,27
18	786340,7782	9960460,686	2579,977	12	11004,8	4,5	54	0,13	0,19	0,29
19	786158,1661	9960533,878	2572,426	8	9155,72	4,5	36	0,08	0,13	0,20
20	786314,8611	9960537,22	2575,807	11	11829,38	4,5	50	0,12	0,17	0,27
21	786116,1719	9960636,071	2569,419	9	12983,58	4,5	41	0,10	0,14	0,22
22	786305,4505	9960630,144	2571	10	12766,18	4,5	45	0,11	0,16	0,24
23	786124,7374	9960733,721	2566,487	11	12245,47	4,5	50	0,12	0,17	0,27
24	786296,8026	9960728,486	2565,602	11	12381,57	4,5	50	0,12	0,17	0,27
25	786167,5065	9960900,574	2559,996	7	4838,53	4,5	32	0,07	0,11	0,17

26	786289,2169	9960815,191	2561,973	5	5044,71	4,5	23	0,05	0,08	0,12
27	786347,2812	9960829,547	2562,297	18	17611,56	4,5	81	0,19	0,29	0,44
28	786313,5361	9961145,997	2550,946	16	17634,6	4,5	72	0,17	0,25	0,39
29	786245,3931	9961002,092	2555	7	7201,59	4,5	32	0,07	0,11	0,17
30	786220,4943	9961090,603	2553,819	8	6442,36	4,5	36	0,08	0,13	0,20
31	786213,7096	9961170,595	2550,69	7	6761,97	4,5	32	0,07	0,11	0,17
32	786066,8881	9961252,258	2547,299	5	5050,68	4,5	23	0,05	0,08	0,12
33	786129,6281	9961334,119	2545,998	7	5435,23	4,5	32	0,07	0,11	0,17
34	786182,8314	9961395,566	2545,099	4	3042,28	4,5	18	0,04	0,06	0,10
35	786068,9442	9961213,754	2547,939	11	15499,42	4,5	50	0,12	0,17	0,27
36	786058,0141	9961116,105	2549,146	4	5917,96	4,5	18	0,04	0,06	0,10
37	785861,5348	9961103,552	2541,455	10	12269,76	4,5	45	0,11	0,16	0,24
38	785837,4311	9961012,533	2546,684	16	26186,97	4,5	72	0,17	0,25	0,39
39	785828,0921	9960913,672	2564,521	12	20646,05	4,5	54	0,13	0,19	0,29
40	785845,8868	9960697,942	2577,039	23	18103,54	4,5	104	0,24	0,37	0,56
41	785760,809	9960954,248	2572,487	3	2268,67	4,5	14	0,03	0,05	0,07
42	785650,4125	9960956,728	2584,963	3	2758,71	4,5	14	0,03	0,05	0,07
43	785580,3642	9960929,556	2589,337	11	8250,1	4,5	50	0,12	0,17	0,27
44	786590,9969	9960833,75	2572,182	15	14898,77	4,5	68	0,16	0,24	0,37
45	786484,7474	9961155,306	2553,481	22	22551,44	4,5	99	0,23	0,35	0,54
46	786684,1174	9960853,976	2577,544	11	13205,12	4,5	50	0,12	0,17	0,27
47	786569,1524	9961063,378	2568,776	11	12040,7	4,5	50	0,12	0,17	0,27
48	786619,9451	9961168,895	2564,712	14	14910,56	4,5	63	0,15	0,22	0,34
49	786783,7907	9960872,5	2577,287	20	24343,19	4,5	90	0,21	0,32	0,49
50	786858,856	9960726,849	2585,18	11	26071,56	4,5	50	0,12	0,17	0,27
51	786931,3946	9960772,276	2580,944	1	7523,16	4,5	5	0,01	0,02	0,02
52	786655,5062	9960831,144	2576,964	3	20080,36	4,5	14	0,03	0,05	0,07
53	786165,3903	9960822,773	2563,024	4	5792,43	4,5	18	0,04	0,06	0,10
54	786077,7617	9960950,601	2556,238	4	4301,24	4,5	18	0,04	0,06	0,10
55	785850,6527	9961199,422	2541,066	13	16445,47	4,5	59	0,14	0,21	0,32
56	786081,6058	9960993,964	2554,66	10	10589,14	4,5	45	0,11	0,16	0,24
57	786260,6452	9960832,167	2561,994	15	11599,24	4,5	68	0,16	0,24	0,37
58	786419,8071	9959985,546	2601,65	4	2406,8	4,5	18	0,04	0,06	0,10

59	786966,6594	9960708,911	2584,958	1	3304,14	4,5	5	0,01	0,02	0,02
60	786870,4538	9960871,495	2577,883	1	6204,57	4,5	5	0,01	0,02	0,02
61	786161,797	9960998,279	2556,779	8	6692,79	4,5	36	0,08	0,13	0,20
62	786076,4227	9961082,423	2551,807	8	6615,32	4,5	36	0,08	0,13	0,20
63	786071,7447	9961162,667	2548,857	8	7064,33	4,5	36	0,08	0,13	0,20
64	786189,8494	9961259,507	2548,439	7	8785,24	4,5	32	0,07	0,11	0,17
65	786186,5267	9961336,442	2546,136	6	5570,44	4,5	27	0,06	0,10	0,15
66	786141,462	9961396,352	2543,981	4	2560,69	4,5	18	0,04	0,06	0,10
67	786223,4092	9961400,944	2545,435	3	2293,18	4,5	14	0,03	0,05	0,07
68	785971,9175	9961060,225	2545,039	4	4894,27	4,5	18	0,04	0,06	0,10
69	785969,3439	9961110,486	2544,98	7	7324,4	4,5	32	0,07	0,11	0,17
70	785814,5356	9960921,779	2566,205	4	3090,87	4,5	18	0,04	0,06	0,10
71	785705,4315	9961004,049	2567,976	5	5862,27	4,5	23	0,05	0,08	0,12
72	785746,7942	9960865,874	2581,417	7	6289,65	4,5	32	0,07	0,11	0,17
73	785632,3043	9961002,92	2584,964	4	3056,57	4,5	18	0,04	0,06	0,10
74	785659,5018	9960951,229	2584,248	4	6557,63	4,5	18	0,04	0,06	0,10
75	785570,3658	9960995,841	2586,759	5	3372,52	4,5	23	0,05	0,08	0,12

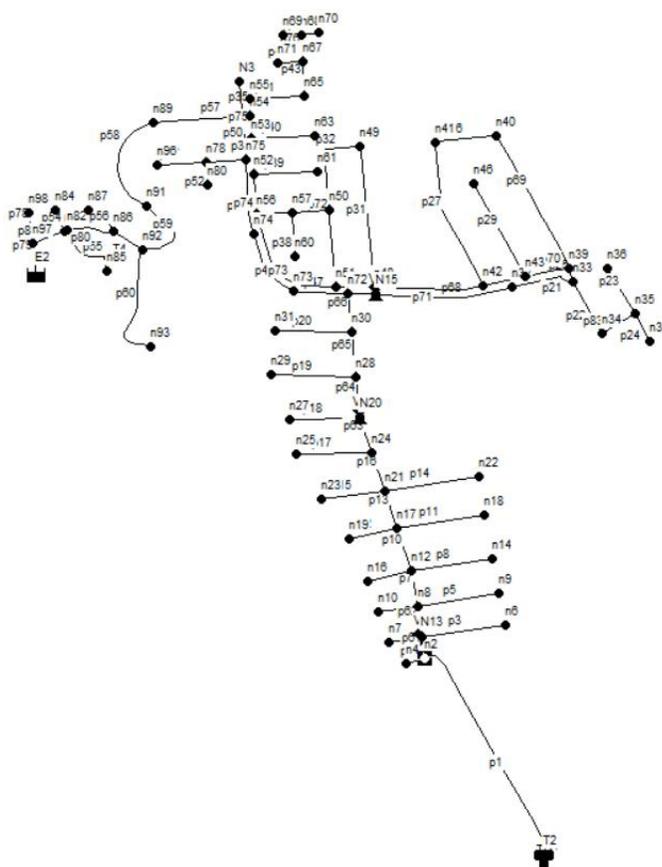
Modelamiento de la Red de Distribución Actual

Para el modelado de la red actual, se utilizó el software EPANET.

En cuestión de geometría de la red (longitudes de tubería, válvulas), se lo modelo en función al catastro realizado y presentado, con la ayuda del software EPACAD, se pudo exportar la red de AutoCAD hacia el EPANET, tomando en cuenta todas las indicaciones y cuidados para un correcto proceso. Cabe recalcar que el modelo utilizado es el de Darcy – Weisbach. En la siguiente figura se muestra el modelo en EPANET

Figura 21

Modelado de la Red actual en EPANET



Nota: El gráfico es el resultado de la correcta exportación de AutoCAD al EPANET.

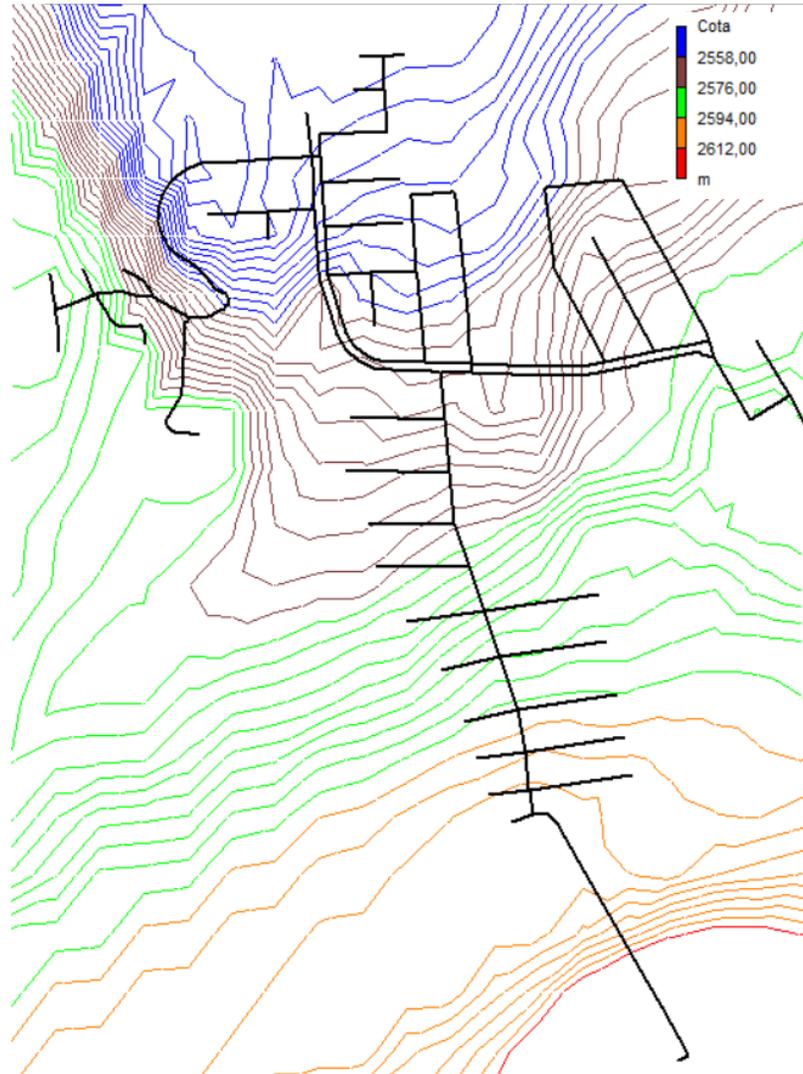
Elaboración propia.

Cotas de los Nodos

Para las elevaciones del proyecto se utilizó los datos de la topografía detallados en la **Tabla 12**

Figura 22

Mapa de Contorno-cotas del proyecto



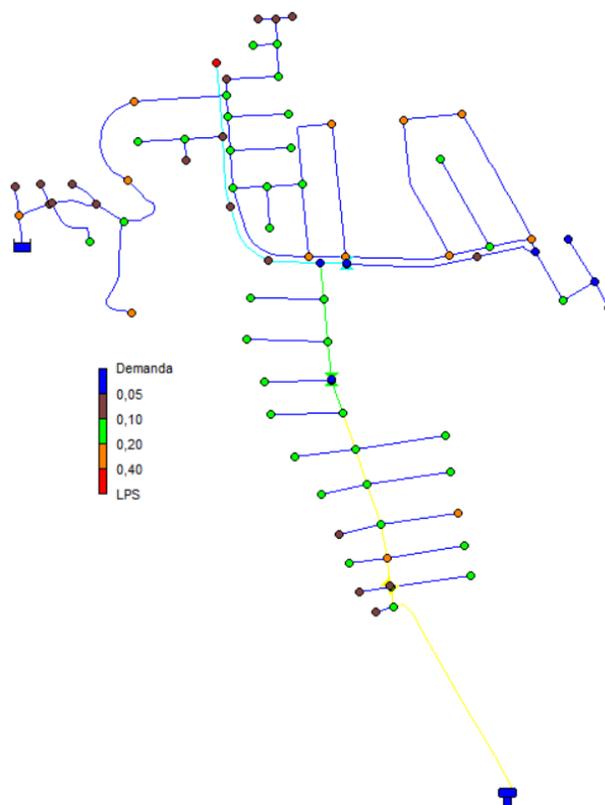
Nota: En el presente mapa se encuentran los rangos de altura de todo el proyecto agrupados por intervalos iguales y con cada color para intervalo. EPANET, genera isolíneas, similares a las curvas de nivel. Elaboración propia.

Demanda Base en los Nodos

Las Demandas Bases se las determinó en la **Tabla 12**, para cada uno de los Nodos de la red, cabe recalcar que se utilizó el Caudal Máximo Diario en el modelo, a continuación, en la siguiente Figura se puede ver la demanda base de los nodos

Figura 23

Demanda Base en los nodos



Nota: En el presente mapa se encuentran seleccionado los Nodos con el color que lo identifica a las Demanda Base. Elaboración propia.

Tubería en la Red Actual

La tubería con la que está funcionando el sistema actual de Agua Potable del “Club Los Chillos” se lo menciono en la **Tabla 2**, tanto el tipo de material, dimensiones y diámetros a ser ingresados en el software para el modelamiento.

Evaluación del Sistema Actual

La evaluación actual del Sistema de Agua Potable del “Club Los Chillos” se lo ha realizado en periodo estático, con esto se asume las condiciones más críticas o condiciones máximas de la red. Las presiones en Nodos, así como velocidades y caudales en las Tuberías serán las máximas probables que se den en esta red.

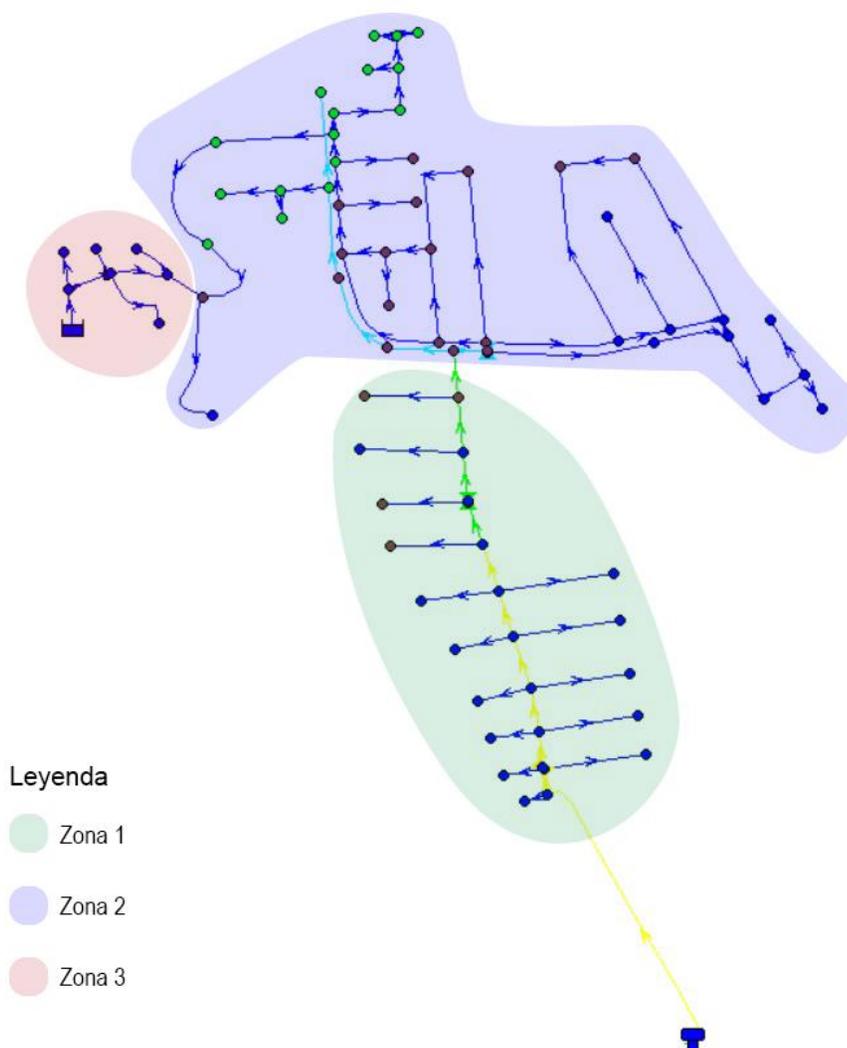
Para la evaluación se realizará la zonificación del Club Los Chillos en 3 zonas diferentes indicadas a continuación.

Los parámetros empleados para tomar este criterio de zonificación son los siguientes.

- Abastecimiento
- Tipo de tubería
- Tiempo de uso

Figura 24

Zonificación del Club los Chillos para evaluación de red



Nota: Elaboración propia.

- Zona 1: Tienen una característica especial ya que todo lo que corresponde a esta zona, tanto como la tubería matriz como las ramificaciones son tuberías nuevas, cambiadas hace 7 años aproximadamente de material, a PVC.

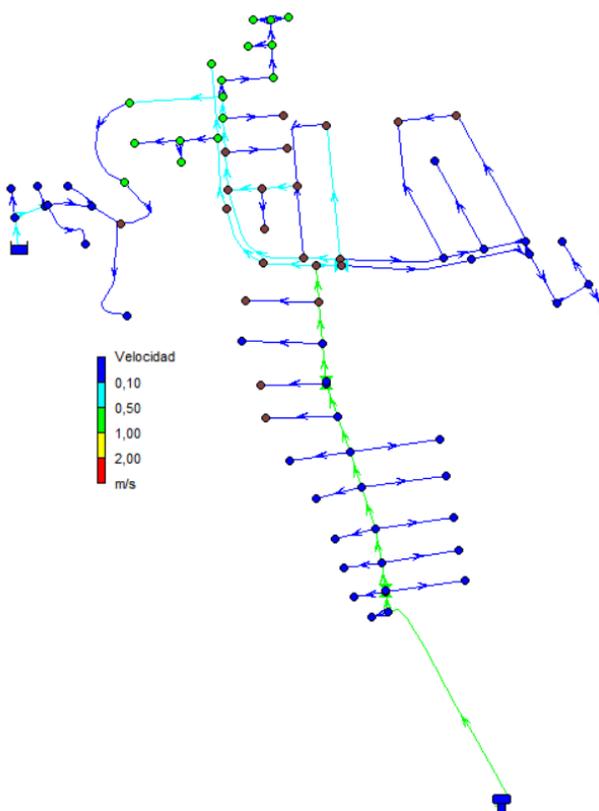
- Zona 2: El Departamento de Agua Potable no tiene información sobre la antigüedad de esta tubería, pero se sabe que ya cumplió su vida útil y es de material Asbesto Cemento
- Zona 3: Esta pequeña zona se caracteriza ya que tiene otra fuente de abastecimiento que viene del Tanque Rompe presiones del Barrio El Vinculo

Velocidades en la Red Actual

Las velocidades determinadas en el Sistema actual del “Club Los Chillos” son respectivamente bajas con un rango **de 0,0 m/s hasta 0,88 m/s**, se puede observar en el Anexo 7. Los resultados que se obtuvieron en el EPANET se encuentran a continuación en la siguiente figura

Figura 25

Velocidades del Sistema actual-periodo estático



Nota: Elaboración propia.

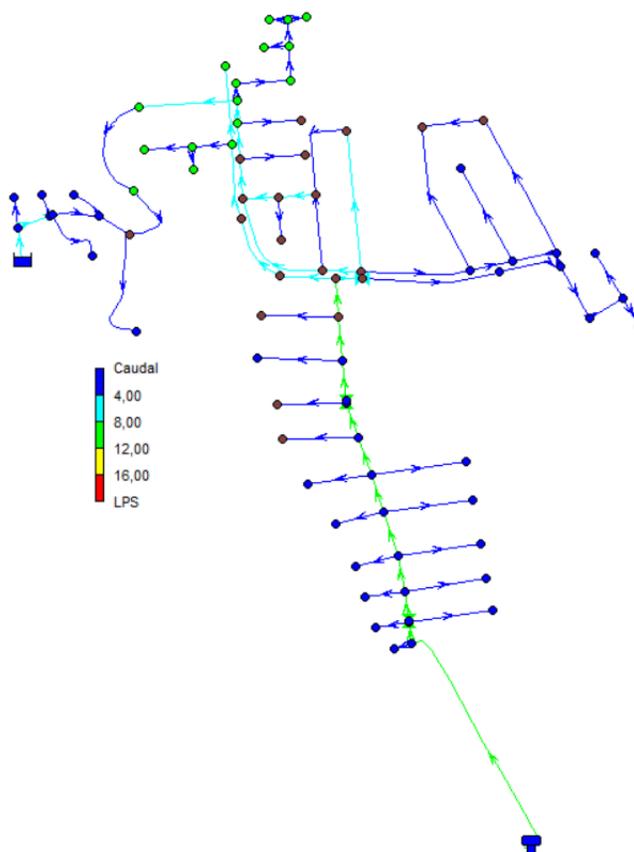
Caudales de la Red Actual

El caudal con el que comienza la Red actual es de 14,56 l/s, que proviene de los Tanque de almacenamiento ubicados en el barrio Carlos Gavilánez, se lo puedo ver en el Anexo 7. El caudal baja considerablemente mientras ya va distribuyendo al “Club Los Chillos”.

La tubería matriz distribuye caudales que varían entre los 14,6 l/s hasta 10,8 l/s. Por otro lado, la gran mayoría de tuberías distribuyen caudales en un rango de 0,66 l/s a 5 l/s. En la siguiente figura se puede observar los rangos de caudales que tiene la red actual

Figura 26

Caudales del sistema actual-periodo estático



Nota: Elaboración propia.

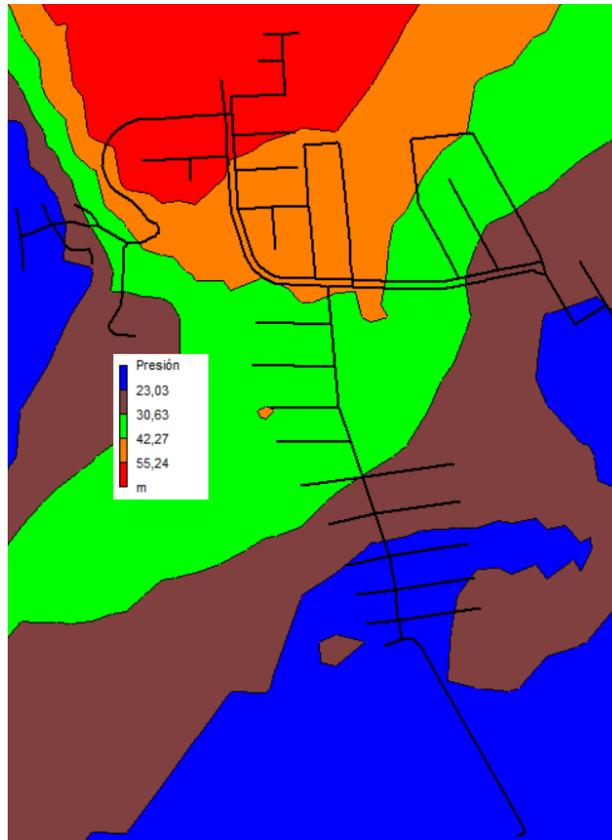
Presiones en la Red Actual

Las presiones de la red actual varían en un rango de 14,4 mca siendo el valor más bajo y 64,13 mca siendo el valor más alto de presiones en los nodos de consumo. Cabe recalcar que este valor depende mucho del nivel de terreno ya que es un sistema que funciona a gravedad.

Como es lógico las presiones altas se dan en los puntos más bajos en elevación, así como las presiones bajas, se dan en los puntos más altos en elevación del “Club Los Chillos”.

Figura 27

Presiones del sistema actual – periodo estático



Nota: En la Figura, se puede observar una zonificación de rango de valores de presiones. Elaboración propia.

Comprobación de Resultados

Para comprobar y verificar el modelo hidráulico realizado en EPANET, este enfocado en la vida real de la red actual, es necesario tomar medidas en campo en los predios cercanos a los nodos de consumo.

Esto se lo realiza con un manómetro de glicerina conectado a una pequeña manguera y acoples que permitan tomar medidas a las llaves de $\frac{1}{2}$ pulgada más cercanas a los medidores de los predios, con esto se puede tomar medidas de

presiones y poder realizar una comparación con lo medido y lo que nos arroja el EPANET.

Tabla 13

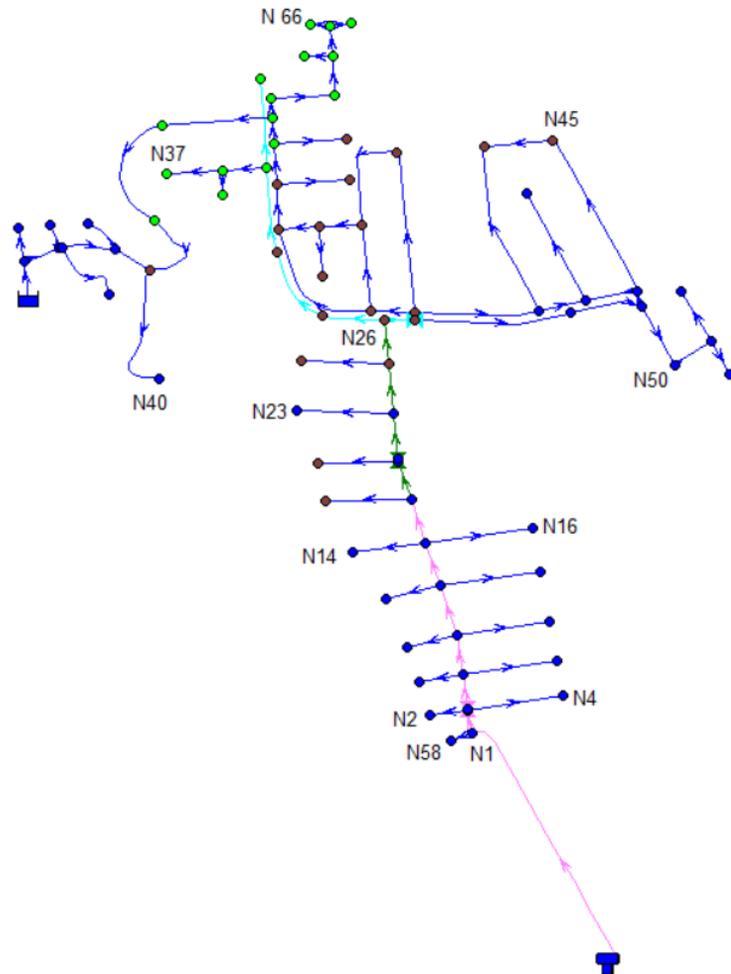
Presiones en los nodos

ID Nodo	Cota	PRESIÓN EPANET		PRESION MEDIDA		DIFERENCIA
	m	MCA	PSI	PSI	MCA	MCA
Nodo N1	2601,15	23,03	33	21	14,78	8,25
Nodo N58	2601,65	22,53	32	22	15,48	7,05
Nodo N4	2598,11	25,83	37	24	16,89	8,94
Nodo N2	2599,1	24,86	35	22	15,49	9,37
Nodo N16	2588,65	26,81	38	28	19,71	7,10
Nodo N14	2581,6	33,87	48	42	29,57	4,30
Nodo N50	2585,19	20,71	29	30	21,12	-0,41
Nodo N45	2564,81	41,08	58	60	42,24	-1,16
Nodo N66	2543,77	61,89	88	84	59,13	2,76
Nodo N26	2561,81	44,19	63	60	42,24	1,95
Nodo N40	2580,79	24,8	35	40	28,16	-3,36
Nodo N37	2541,57	64,2	91	80	56,32	7,88
Nodo N23	2569,04	37,48	53	50	35,20	2,28

Como se indica en la siguiente Figura 51, se puede localizar el Nodo de consumo donde se realizaron las mediciones de comprobación

Figura 28

Ubicación de nodos que se realizaron la comprobación



Nota: Elaboración propia.

A continuación, se presentarán fotos de los lugares donde se realizaron las mediciones cercanas a los Nodos de consumo, para su debida comprobación.

Figura 29*Comprobación nodo N 45**Nota: Elaboración Propia.***Figura 30***Comprobación nodo N 37**Nota: Elaboración Propia.***Figura 31***Comprobación nodo N 50**Nota: Elaboración Propia.***Figura 32***Comprobación nodo N 58**Nota: Elaboración Propia.*

Resultados de la Evaluación del Sistema Actual

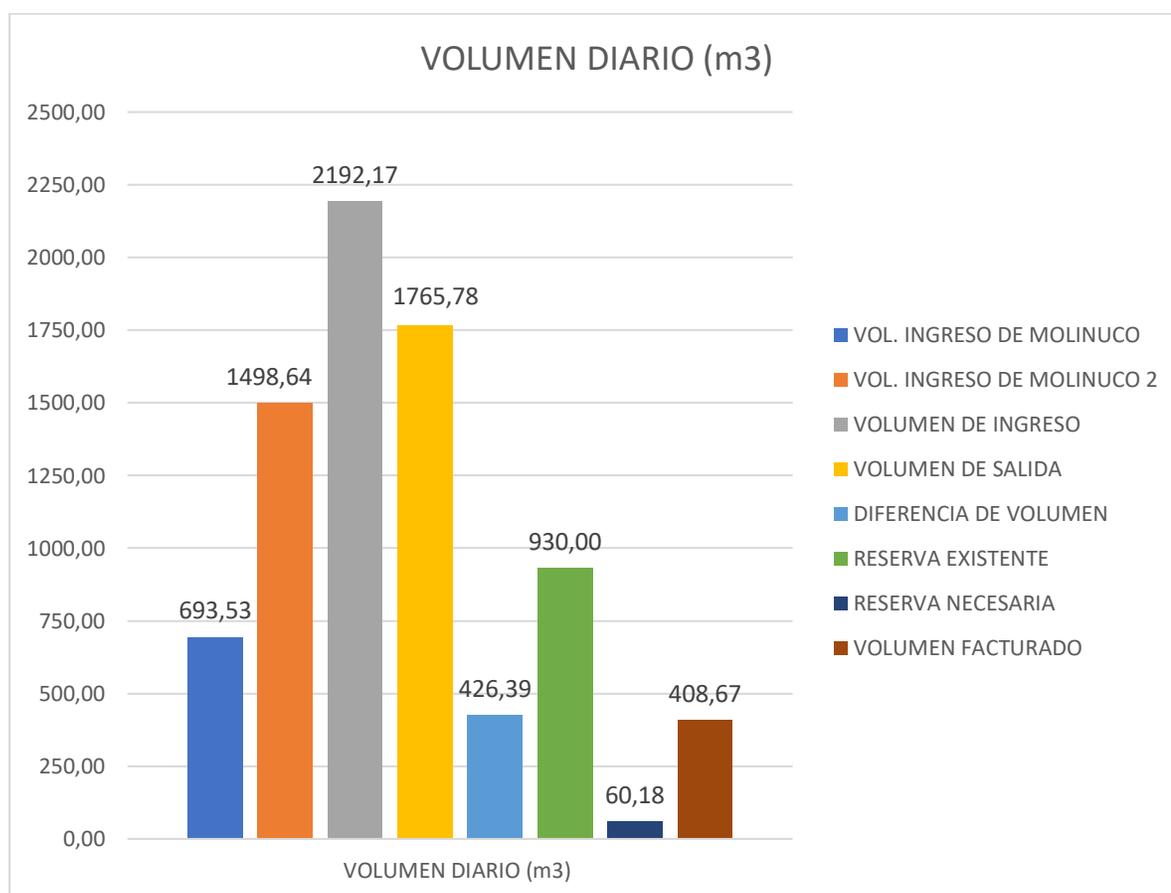
1. En el año 2017, el Departamento de Agua Potable y Comercialización del Municipio de Rumiñahui, vio pertinente realizar un estudio de Balance Hídrico de los Tanques de almacenamiento que abastecen de Agua Potable al “Club los Chillos” con una empresa privada.

Por lo que se entregaron Datos Internos para su correcto análisis y entender él porque es necesario un rediseño de la red.

A continuación, se presentará un Gráfica de barras con la información de volúmenes de los Tanque de Carlos Gavilánez.

Figura 33

Volumen diario de los tanques de reserva Carlos Gavilánez



Nota: Fuente, Datos Internos del GADMUR.

Al analizar la gráfica se tiene que los Tanques de reserva, reciben a diario **2192,17 m³** de agua provenientes de la Red del Molinuco, pero en sí, el volumen designado o el que se ocupa en el Club Los Chillos es de **408,67 m³**, siendo apenas el **18,64%** de uso de la población.

Menciona que hay una reserva diaria de **930,00 m³**, correspondiente a los dos tanques de reserva con una capacidad de **465,00 m³** cada uno, siendo el **42,42%** del volumen de entrada.

El estudio presentado recomienda que debe existir una reserva necesaria diaria de **60,18 m³** que corresponde al **2,75%** del volumen total.

Lo que quiere decir que el **36,19%** restante de volumen diario, se puede considerar como desperdicio y se puede generar por varios factores como:

- Fugas
- Conexiones ilícitas
- Reboce del tanque
- Otros

Por las visitas en campo realizadas durante la ejecución de este proyecto, se conoció de un dato importante acerca que en los tanques de almacenamiento se genera un reboce todas las noches durante ya varios años, por lo que fue necesario realizar un aforo de este reboce. El reboce de los tanques sale directo hacia una caja de revisión situada en el terreno aledaño mediante una tubería de asbesto cemento de 200 mm de diámetro, a esta caja también llegan las aguas servidas de 4 domicilios cercanos, siendo esto un factor de complicidad para poder calcular el volumen de reboce.

Para realizar el aforo se aplicó el Método Volumétrico, que consiste en utilizar un recipiente graduado con un volumen de 10,56 Lt (media caneca) y un cronómetro para medir el tiempo en el que el agua llena el recipiente.

Figura 34

Aforo de reboce de los tanques de almacenamiento



Nota: Elaboración Propia

A continuación, se presenta una tabla que permite cuantificar el volumen de reboce mediante el aforo realizado el 29 de junio del 2021.

Tabla 14

Volumen de reboce realizado el 29 de junio del 2021

HORA	TIEMPO (Seg)	VOLUMEN (Lt)	CAUDAL (Lt/Seg)	VOLUMEN (Lt)
22:30:00	6	10,56	1,76	6336
23:30:00	5	10,56	2,112	7603,2
0:30:00	4	10,56	2,64	9504
1:30:00	2	10,56	5,28	19008
2:30:00	1,5	10,56	7,04	25344
3:30:00	1,5	10,56	7,04	25344
4:30:00	1,5	10,56	7,04	25344
5:30:00	1,5	10,56	7,04	25344
6:30:00	2	10,56	5,28	19008
Volumen Total (Lt)				162835,2
Volumen Total (m³)				162,84

Nota: El siguiente cuadro indica como dato final el volumen de desperdicio por noche que se da por el reboce de los tanques. Elaboración propia.

Si tomamos en cuenta que, el costo directo del agua por m³ para el Municipio de Rumiñahui cuesta aproximadamente 25 centavos, quiere decir que por noche existe una pérdida económica de \$40,70 que al año representaría \$1.221,26, solo por reboce de los tanques de almacenamiento de Carlos Gavilánez.

Con esto podemos concluir que el desperdicio por reboce corresponde al **7,42%** del volumen diario y el **28,67%** sería pérdidas en la red, por el tiempo de vida útil o que existan conexiones ilícitas.

Existe **426,39 m³**, como volumen de diferencia de lo que entra al tanque y lo que sale, por lo que a esto se lo puede denominar como volumen de reserva diaria en el tanque correspondiendo al **19,45%** del volumen de entrada.

Con lo mencionado anteriormente es indispensable construir un nuevo tanque de almacenamiento con un volumen de **200m³** de capacidad para poder almacenar el agua

que se genera por reboce todas las noches, de la misma manera junto al DAPAC ver las necesidades del cantón respecto al servicio de agua potable para que este volumen de agua que se almacena pueda dotar de este servicio a cualquier población cercana.

2. En la visita al campo realizada para conocer los tanques de almacenamiento, tanto dimensiones como funcionamiento, se pudo notar que los dos tanques no cumplen con las exigencias y normativas ecuatorianas, que mencionan, “la tubería de salida del tanque debe tener una altura mínima de 100 mm desde el fondo”. Tomando esta consideración se puede llegar a la conclusión de que la norma ecuatoriana nos previene de tener problemas de sedimentos en las tuberías, debido a que el tanque puede estar lleno de sedimentos, pero estos se quedarán al fondo, si la tubería de salida no esta elevada al menos 100 mm, todos estos sedimentos seguirán el flujo, ocasionando problemas en toda la red como se mencionará a posterior.

Las tuberías de entrada y salida del tanque deben estar en lados opuestos para permitir la continua renovación del agua, caso que, en la Figura 35, no cumple con las normativas.

Figura 35

Tanque Carlos Gavilánez



Nota: En la figura se puede observar que el cuadro de verde indica que la tubería de salida se encuentra de bajo la losa de fondo, cometiendo un gran error y generando daños en toda la red por efecto de sedimentos. Elaboración propia.

3. Como se mencionó anteriormente en la Figura 24, la **Zona 2** contiene una red de tuberías de material de asbesto cemento, es un material que en la actualidad ya no es comercial, además tiene un tiempo de vida útil de 20 a 30 años.

En el DAPAC-R no conocen que tiempo tiene de funcionamiento toda esta tubería, pero se asume que tiene más de 30 años, por lo que es evidente un rediseño de la Red.

Los técnicos encargados recomiendan su rediseño y cambio de tubería por el exceso de reparaciones y daños existentes en la zona.

Figura 36

Tubería de asbesto cemento en la zona 2



Nota: Como se indica en la siguiente figura, es notable el pésimo estado de la red con tuberías de asbesto cemento, se pudo tomar estas fotos debido a que existe una caja de control donde se encuentra ubicada la válvula rompe presión. Elaboración propia.

4. Es importante colocar **válvulas de desagüe** en toda la red para poder realizar mantenimientos.

En el mes de febrero del 2021, existieron roturas y daños en la captación del Molinuco, lo que produjo que gran cantidad de sedimentos ingresaran a los tanques de almacenamiento, como se mencionó en el ítem 2, los sedimentos siguieron el flujo por toda la red, ocasionando daños locales en las tuberías y hasta en las acometidas domiciliarias a causa de los sedimentos, es por eso que se necesita válvulas de desagüe para poder realizar mantenimientos a estas tuberías y válvulas de control.

5. En la zona 2 estrictamente al igual que las tuberías, las válvulas de control han perdido su funcionamiento por la falta de mantenimiento y su tiempo de vida útil, es por eso que, para realizar un arreglo de tuberías en esta zona, se tiene que suspender el servicio de agua potable para toda la red pertenecientes al daño.

6. Es de vital importancia tomar en cuenta la presencia de válvula rompe presiones o tanque rompe presiones, debido a que el sistema funciona por gravedad.

Actualmente el sistema tiene una válvula rompe presiones que no está funcionando, se pudo comprobar esto ya que están instalados dos manómetros, uno a la entrada y otra a la salida, la función principal de la válvula rompe presiones es reducir la presión con la que viene la red y poder distribuir con menor presión al resto de población para evitar problemas en la red, pero en este caso no reducía la presión si no la amplificaba como se podrá ver en las siguientes figuras.

Figura 37

Manómetro en la entrada de la válvula rompe presiones



Nota: La presión medida en el manómetro es de **57.5 PSI**. Elaboración propia.

Figura 38

Manómetro a la salida de la válvula rompe presiones



Nota: La presión medida en el manómetro es de **65 PSI**. Elaboración propia.

Con esto se puede llegar a dos conclusiones:

- Los manómetros están dañados

- La válvula rompe presiones está dañada que es lo más probable por la cantidad de oxido que presenta.
7. La red cuenta con dos válvulas controladoras de caudal, que su función principal es delimitar el caudal, pero en este caso están funcionando como rompe presiones, los técnicos del GADMUR, manipular parcialmente para controlar las presiones en todos los puntos del Club los Chillos, lo cual no es lo adecuado.
- Gracias a estas válvulas se pudo calibrar el modelo en EPANET, lo cual simule lo más real al estado actual.
8. Uno de los puntos claves para evaluar el estado de la red son las presiones, con las medidas tomadas en campo como se indica en la Tabla 36, hubo nodos de consumo que fueron claves para su debida comprobación, nodos cercanos, nodos lejanos, nodos con el punto de elevación más bajo y nodos con el punto de elevación más alta.
- Nodo cercano (N1): EPANET: 23,03 mca MEDIDA: 14,78 mca
 - Nodo lejano (N45): EPANET: 41,08 mca MEDIDA: 42,24 mca
 - Nodo cota baja (N66): EPANET: 61,89 mca MEDIDA: 59,13 mca
 - Nodo cota alta (N40): EPANET: 24,8 mca MEDIDA: 28,16 mca

Según (SENAGUA, 2012) menciona que las presiones mínimas no pueden ser menores a 10 mca, y las presiones máximas no pueden exceder los 70 mca, por este lado la red actual, cumple con los parámetros establecidos en cuanto a presiones.

9. Al analizar las velocidades como se observa en la Figura 25, la gran mayoría de tuberías circulan un flujo de agua potable en un rango de

0.00 m/s a 0.10 m/s, lo cual es demasiado bajo, por lo que es necesario un nuevo dimensionamiento de tuberías y pueden trabajar en un rango establecido por SENAGUA, donde solo recomienda no exceder velocidades máximas (4,5m/s).

10. Tomando en cuenta la Tabla 12, basándonos en las áreas de aportación y el catastro predial que tiene el municipio se puede llegar a estimar que la población actual del Club los Chillos es de 2917 habitantes, con la actualización del catastro predial realizada en febrero del 2021 se tiene que 83 predios son terrenos sin edificar, por lo que la población sería de 2544 habitantes.

Lo que quiere decir que la población futura supero con la que fue diseñada hace más de 25 años, tomando en cuenta un índice de crecimiento anual del 2.94% que menciona el INEC para Sangolquí

Análisis de la calidad del agua potable del Club Los Chillos

El GADMUR, abastece de agua potable para todo el cantón Rumiñahui, como es de conocimiento, es destinada para el consumo humano, por lo que debe estar exenta a microorganismos y agentes microbiológicos que puedan causar daños o enfermedades a los usuarios que la consuman. Es por esto que debe estar sujetas a cumplir estrictamente las normativas de calidad de agua potable, es por eso que, los parámetros a analizar, se regirán a la norma INEN 1108.

El cantón Rumiñahui desde el año 2016, cuenta con un servicio privado para el análisis de calidad del agua potable con la empresa internacional ALS GLOBAL.

Mensualmente ALS, toma muestras de agua potable en las diferentes zonas del cantón Rumiñahui. Como parte del proyecto de investigación, se procederá a analizar y evaluar los datos de calidad de agua potable entregados por el DAPAC-R de los meses de marzo, abril y mayo del 2021.

Cabe recalcar que el agua que llega a los tanques de Carlos Gavilánez proviene de un tanque rompe presiones ubicado en el barrio Albornoz, que ya cuenta con un proceso de potabilización de agua, lo que se supone que es un agua apta para el consumo humano, por efectos de sedimentos y de tubería al llegar a los tanques de Carlos Gavilánez, nuevamente entran a un proceso de potabilización como se menciona en el Capítulo III.

Un análisis estricto de todos los parámetros físicos, químicos y biológicos como menciona las normativas, se la realiza cuando el agua es tomada directamente de las captaciones, lo que en este Proyecto no es el caso

Toma de Datos

Como se mencionó anteriormente, se analizará los datos entregados por la empresa privada ALS en los meses de marzo, abril y mayo del presente año tomadas en el Club Los Chillos en diferentes predios.

Los parámetros a analizar son:

- Cloro Libre
- Color Aparente
- Turbidez
- Coliformes Fecales
- Potencial Hidrógeno
- Fluoruros
- Nitratos

Tabla 15

Resultados físico-químico y microbiológico, calidad del agua

Fecha de toma de muestra	Lugar de toma de muestra	Parámetro Analizado	Unidad	Resultado	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	Criterio de Resultado
30 de marzo del 2021	Sector Club Los Chillos, Calle las Rosas	Cloro Libre	mg/l	0,51	0,3 a 1,5	CUMPLE
		Color Aparente	Pt-Co	< 5,51	15	CUMPLE
		Turbidez	NTU	<4,0	5	CUMPLE
		Coliformes Fecales	NMP/100ml	<1,1	Ausencia	CUMPLE
		Potencial Hidrógeno	U Ph	6,9	6,5 a 8,0	CUMPLE
		Fluoruros	mg/l	0,51	1,5	CUMPLE
		Nitratos	mg/l	6,99	50	CUMPLE
16 de abril del 2021	Sector Club Los Chillos, Calle las Carmelias	Cloro Libre	mg/l	0,61	0,3 a 1,5	CUMPLE
		Color Aparente	Pt-Co	< 5,51	15	CUMPLE
		Turbidez	NTU	<4,0	5	CUMPLE
		Coliformes Fecales	NMP/100ml	<1,1	Ausencia	CUMPLE
		Potencial Hidrógeno	U Ph	7,41	6,5 a 8,0	CUMPLE
		Fluoruros	mg/l	<0,10	1,5	CUMPLE
		Nitratos	mg/l	3,56	50	CUMPLE
4 de mayo del 2021	Sector Club Los Chillos, Calle Las Rosas	Cloro Libre	mg/l	0,24	0,3 a 1,5	NO CUMPLE
		Color Aparente	Pt-Co	< 5,51	15	CUMPLE
		Turbidez	NTU	<4,0	5	CUMPLE
		Coliformes Fecales	NMP/100ml	<1,1	Ausencia	CUMPLE
		Potencial Hidrógeno	U Ph	7,41	6,5 a 8,0	CUMPLE
		Fluoruros	mg/l	<0,10	1,5	CUMPLE
		Nitratos	mg/l	2,15	50	CUMPLE

Nota: La tabla presentada es un resumen de la información entregada por el DAPAC-R

Resultados de Las Encuestas Socioeconómicas

Tabla 16

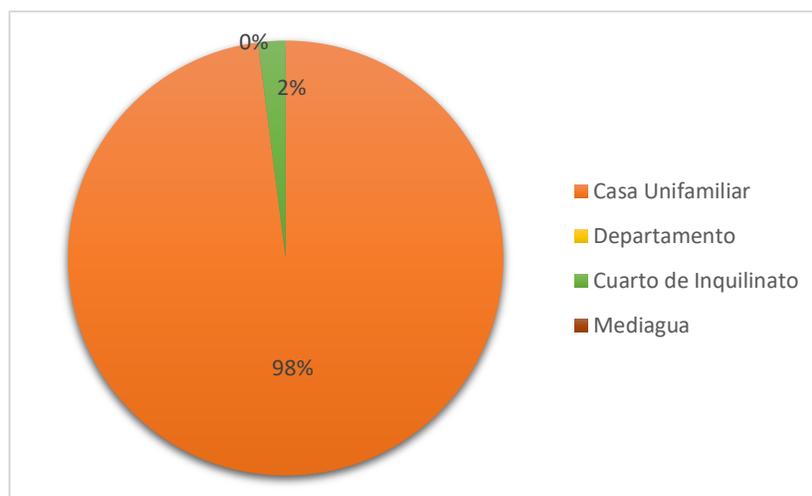
Tipo de Vivienda

Pregunta 1. Tipo de vivienda				
Ítem	Casa Unifamiliar	Departamento	Cuarto de Inquilinato	Mediagua
Total	48	0	1	0
	98%	0%	2%	0%

Nota. La tabla los tipos de vivienda en el Club los Chillos. Elaboración propia

Figura 39

Resultados pregunta 1



Nota. La imagen indica el porcentaje de tipos de vivienda en Club los Chillos, Elaboración propia.

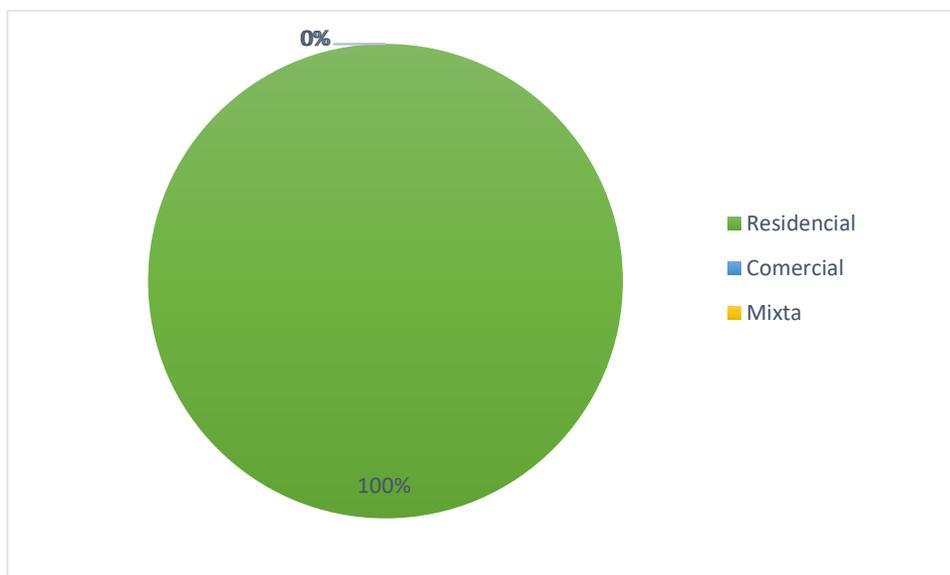
De la muestra analizada se aprecia que el 98% de los usuarios cuentan con casas tipo unifamiliar y solo el 2% son del tipo cuarto de inquilinato.

Tabla 17*Uso de la Vivienda*

Pregunta 2. Uso			
Ítem	Residencial	Comercial	Mixta
Total	49	0	0
	100%	0%	0%

Nota. La tabla indica los porcentajes de tipo de vivienda en el Club los Chillos.

Elaboración propia

Figura 40*Resultados pregunta 2*

Nota. La imagen indica el porcentaje de tipo de vivienda en el Club los Chillos,

Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la imagen el 100% de la muestra indica que el sector Club los Chillos es exclusivamente usado para residencia, esto también debido a que se encuentra en una zona urbana planificada.

Tabla 18

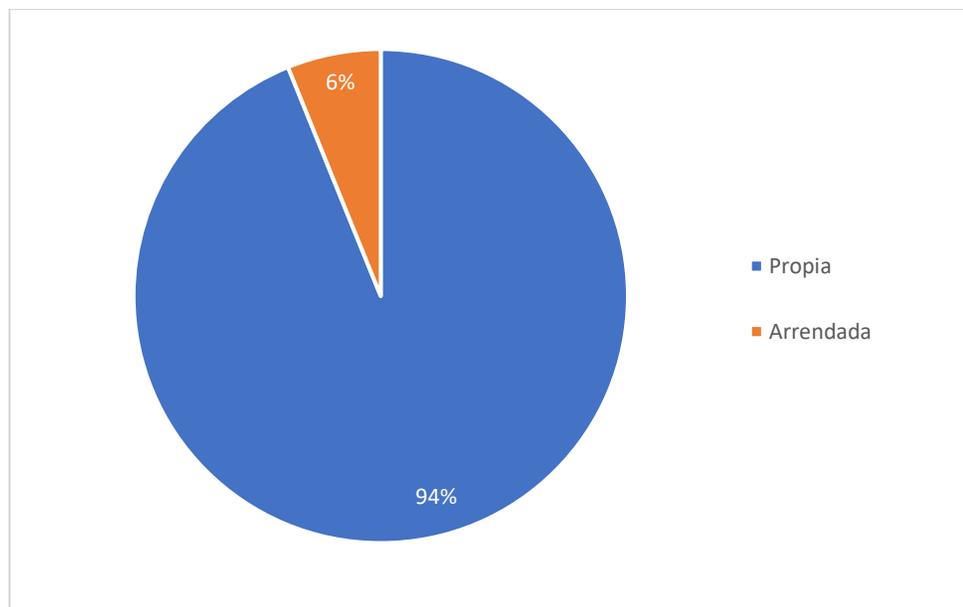
Tenencia de la vivienda

Pregunta 3. Tenencia de vivienda		
	Propia	Arrendada
Total	46	3
	94%	6%

Nota. La tabla indica la tenencia de las viviendas. Elaboración propia

Figura 41

Resultados pregunta 3.



Nota. La imagen indica el porcentaje de tipo de tenencia de la vivienda, Elaboración propia.

Según el resultado de las encuestas se puede indicar que el 94% de los usuarios cuentan con vivienda propia, mientras que el 6% restante cuenta con una vivienda arrendada.

Tabla 19

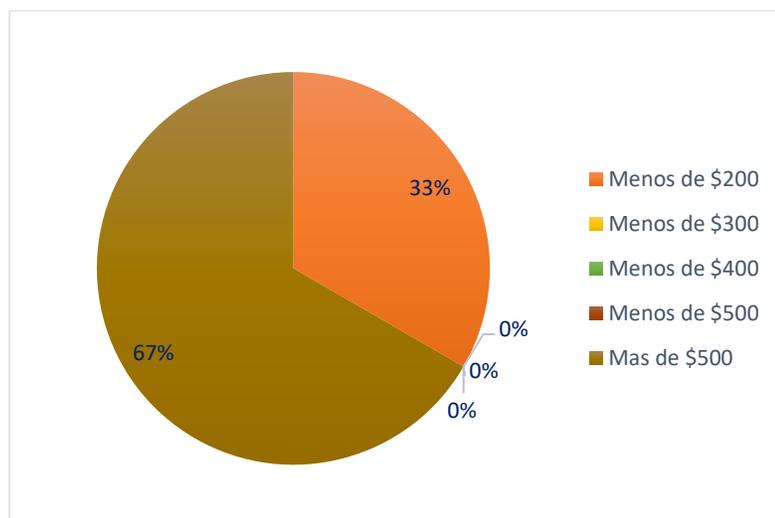
Arriendo Mensual

Pregunta 4. Arriendo Mensual valorado					
	Menos de \$200	Menos de \$300	Menos de \$400	Menos de \$500	Mas de \$500
Total	1	0	0	0	2
	33%	0%	0%	0%	67%

Nota. La tabla indica el valor del arriendo mensual de los usuarios que no disponen de vivienda propia. Elaboración propia

Figura 42

Resultados pregunta 4



Nota. La imagen indica el valor del arriendo de los usuarios que no cuentan con una vivienda, Elaboración propia.

De los usuarios que no cuentan con una vivienda propia, el 67% tiene un arriendo superior a un valor de 500\$, mientras que solo el 33% tiene un valor de arriendo menor a los 200\$.

Tabla 20

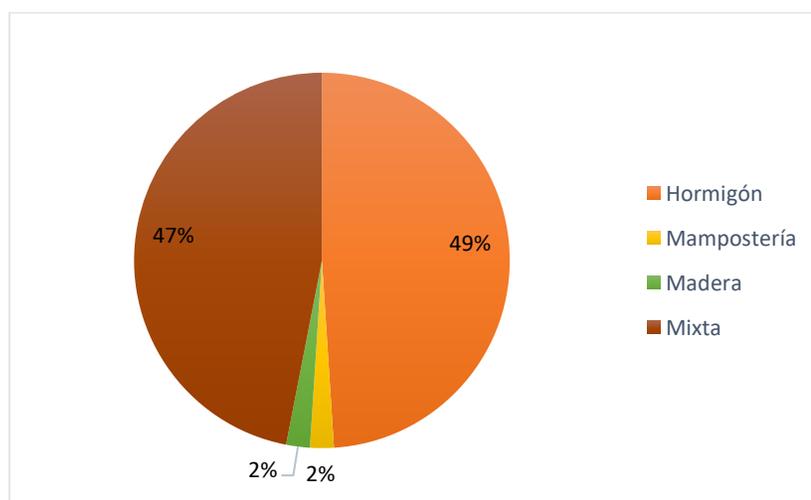
Sistema constructivo de la vivienda

Pregunta 5. Sistema constructivo de la vivienda				
	Hormigón	Mampostería	Madera	Mixta
Total	24	1	1	23
	49%	2%	2%	47%

Nota. La tabla indica el tipo de sistema constructivo utilizado en las residencias del Club los Chillos. Elaboración propia

Figura 43

Resultados pregunta 5



Nota. La imagen indica los tipos de sistemas constructivos en porcentajes, Elaboración propia.

Se aprecia que el sistema constructivo más utilizado es hormigón para la construcción de las viviendas alcanzando un 49% del total de la muestra, seguido por sistemas mixtos con un 47% y 2% tanto para viviendas con sistemas de mampostería y madera.

Tabla 21

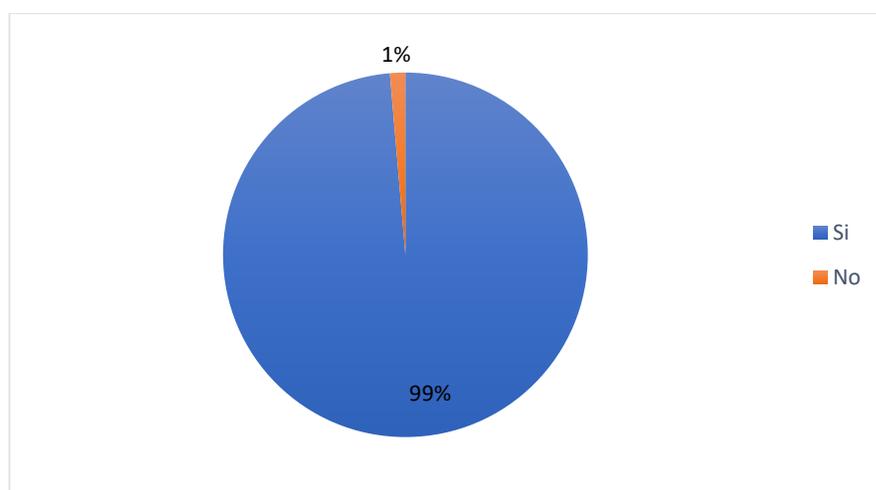
Servicio básico de la vivienda

Pregunta 6. La vivienda posee los servicios básicos como:							
	Energía Eléctrica	Red de Agua Potable	Red de Alcantarillado	Recolección de basura	Teléfono	Internet	Total
Si	49	49	49	49	47	47	99%
No	0	0	0	0	2	2	1%

Nota. La tabla indica los servicios básicos en las residencias. Elaboración propia.

Figura 44

Resultados pregunta 6



Nota. La imagen indica el porcentaje de viviendas con servicios básicos, Elaboración propia.

Del total de la muestra realizada el 99% de los usuarios afirma contar con todos los servicios básicos que se detallan en la tabulación de resultados y únicamente el 1% no dispone de todos los servicios como son teléfono e internet. Esto es una muestra del nivel de vida en zonas planificadas para vivienda.

Tabla 22

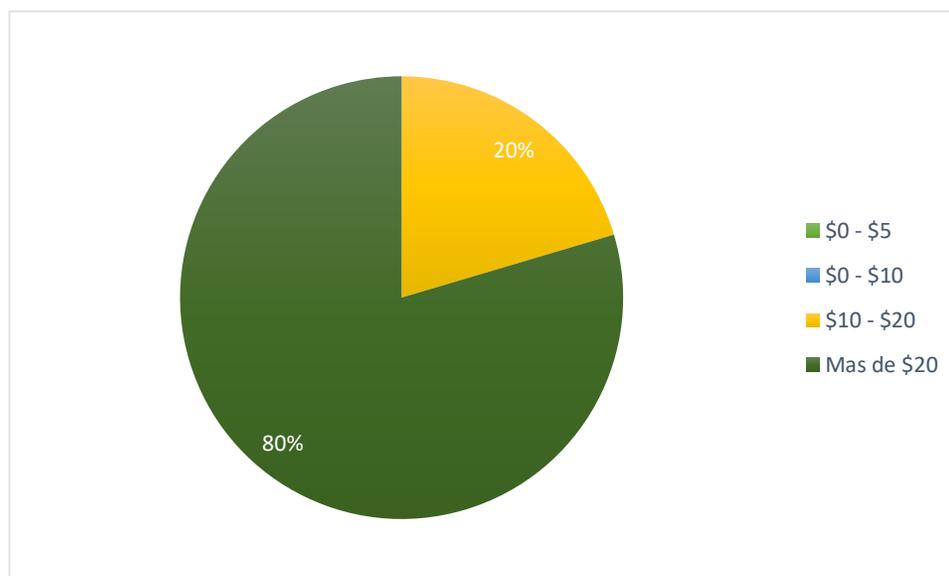
Valor mensual, luz eléctrica

Pregunta 7. Valor pago de Luz Eléctrica				
	\$0 - \$5	\$0 - \$10	\$10 - \$20	Mas de \$20
Total	0	0	10	39
	0%	0%	20%	80%

Nota. La tabla indica el valor mensual por consumo de luz eléctrica. Elaboración propia.

Figura 45

Resultados pregunta 7



Nota. La imagen indica el valor mensual por consumo de luz eléctrica, Fuente propia.

De la muestra analizada el 80% de los encuestados afirma que el valor mensual por consumo de luz eléctrica es superior a los \$20, mientras que el 20% restante indica que él tiene un valor mensual de entre \$10 - \$20 por consumo de luz eléctrica.

Tabla 23

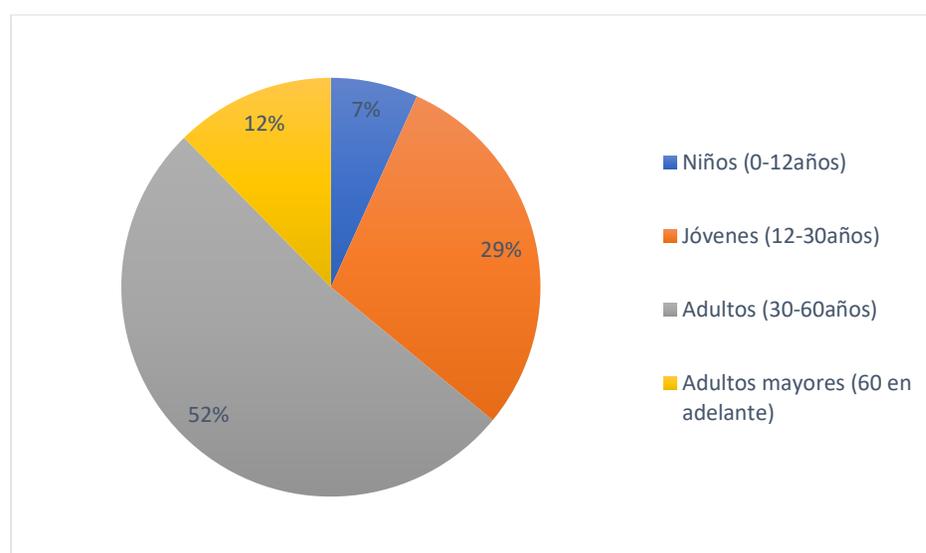
Número de habitantes en la vivienda

Pregunta 8. Número de habitantes en la vivienda					
	Niños (0-12años)	Jóvenes (12-30años)	Adultos (30-60años)	Adultos mayores (60 en adelante)	Promedio de personas por hogar
Total	12	52	92	22	4
	7%	29%	52%	12%	

Nota. La tabla indica el número de habitantes en las residencias. Elaboración propia

Figura 46

Resultados pregunta 8



Nota. La imagen indica el número de habitantes por edad en las viviendas, Elaboración propia.

De los resultados de las encuestas, se aprecia que los adultos de 30 a 60 años es el grupo predominante en las viviendas llegando al 52%, seguido por jóvenes entre 12 a 30 años con un 29% y el tercer grupo más grande siendo adultos mayores con un valor de 12%, mientras que los niños hasta los 12 años solo representan el 7% de la población. Además, a través de las encuestas se determinó un promedio de 4 personas por vivienda.

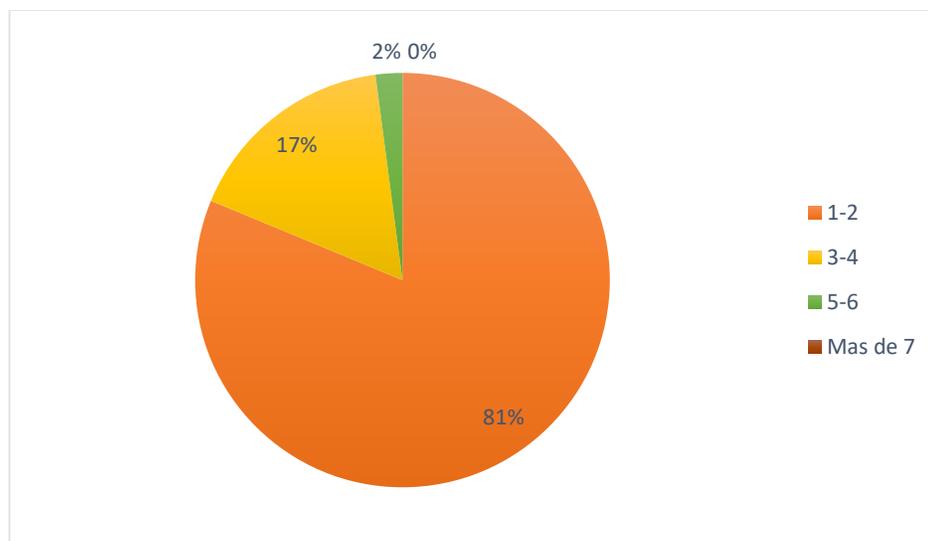
Tabla 24

Número de personas que aportan ingreso familiar

Pregunta 9. Aportan al Ingreso Familiar				
	1-2	3-4	5-6	Mas de 7
Total	39	8	1	0
	81%	17%	2%	0%

Nota. La tabla indica el número de personas por vivienda que aportan ingreso familiar.

Elaboración propia.

Figura 47*Resultados pregunta 9*

Nota. La imagen indica el número de miembros por familia que portan ingresos.

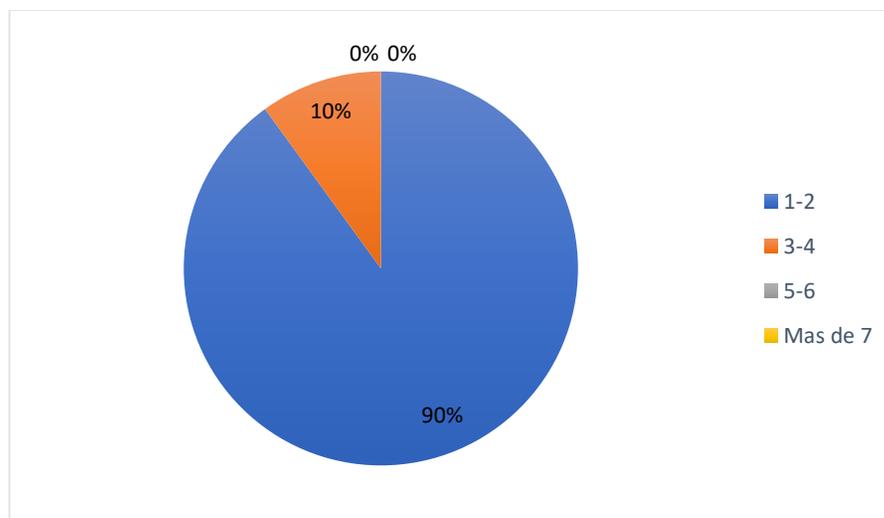
Elaboración propia.

De las encuestas socioeconómicas realizadas, los ingresos familiares provienen principalmente de 1 o 2 miembros que representan el 81% de las encuestas realizadas, seguido por residencias donde el ingreso familiar proviene de 3 a 4 miembros y el 2% restante los ingresos familiares proviene de 5 a 6 miembros.

Tabla 25*Personas que actualmente buscan empleo*

Pregunta 10. Personas en la familia que buscan empleo				
	1-2	3-4	5-6	Mas de 7
Total	9	1	0	0
	90%	10%	0%	0%

Nota. La tabla indica el número de miembros que buscan empleo. Elaboración propia

Figura 48*Resultados pregunta 10*

Nota. La imagen indica porcentajes de personas en busca de empleo. Elaboración propia

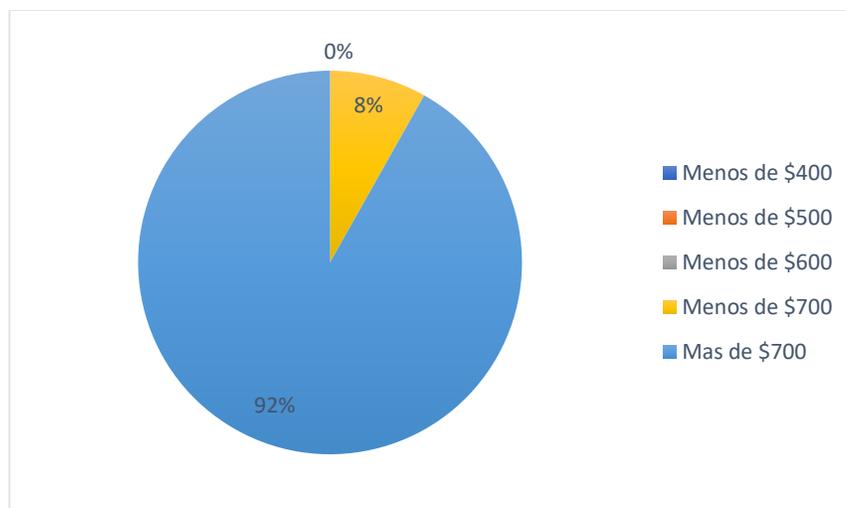
De las residencias con personas que buscan empleo, el intervalo dominante son grupos de entre 1 a 2 personas que representan el 90% mientras que el 10% restante de las personas que buscan empleo son grupos de entre 3 a 4 miembros en las familias.

Tabla 26*Ingreso familiar promedio*

Pregunta 11. Ingreso familiar promedio mensualmente					
	Menos de \$400	Menos de \$500	Menos de \$600	Menos de \$700	Mas de \$700
Total	0	0	0	4	45
	0%	0%	0%	8%	92%

Nota. La tabla indica el ingreso familiar promedio de las residencias del Club los chillos.

Elaboración propia

Figura 49*Resultados pregunta 11*

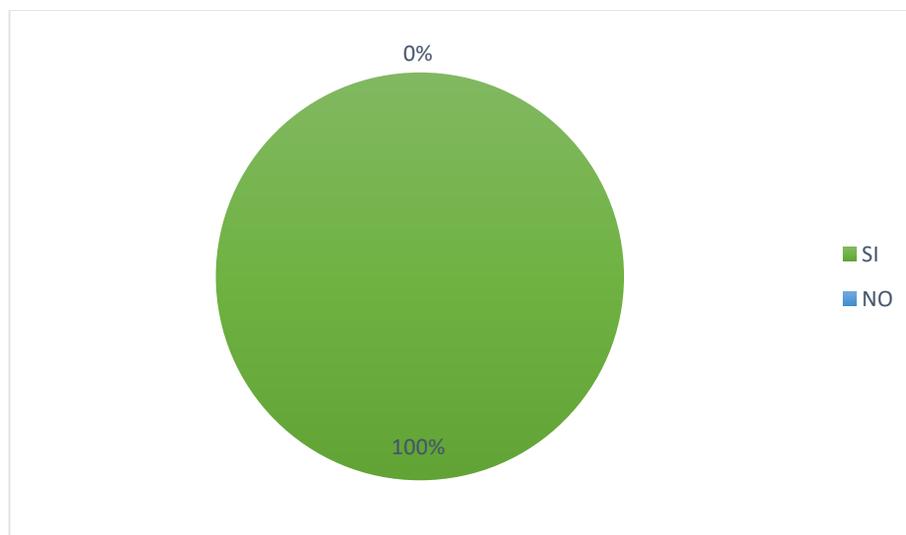
Nota. La imagen indica el ingreso familiar promedio de las residencias. Elaboración propia.

De las encuestas realizadas el ingreso familiar dominante en el Club los Chillos es superior a los \$700 que representa el 92% de la muestra, mientras que el 8% restante de los encuestados afirma que su ingreso se encuentra entre \$600 - \$700 mensuales.

Tabla 27*Disponibilidad de agua*

Pregunta 12. Dispone de agua todos los días		
	SI	NO
Total	49	0
	100%	0%

Nota. La tabla indica el porcentaje de viviendas con disponibilidad de agua. Elaboración propia

Figura 50*Resultados pregunta 12*

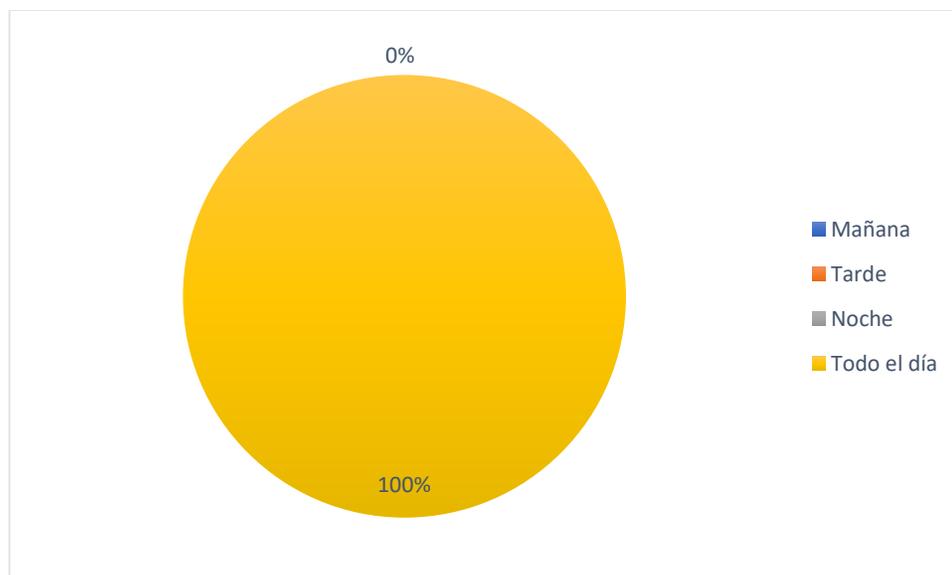
Nota. La imagen indica el porcentaje de viviendas con agua potable. Elaboración propia.

De las encuestas realizadas el 100% de los entrevistados afirma que dispone del servicio de agua potable con una cobertura interrumpida todos los días.

Tabla 28*Disponibilidad del servicio de agua potable*

Pregunta 13. Dispone del servicio de agua potable				
	Mañana	Tarde	Noche	Todo el día
Total	0	0	0	49
	0%	0%	0%	100%

Nota. La tabla indica la disponibilidad de agua durante el transcurso del día. Elaboración propia

Figura 51*Resultados pregunta 13*

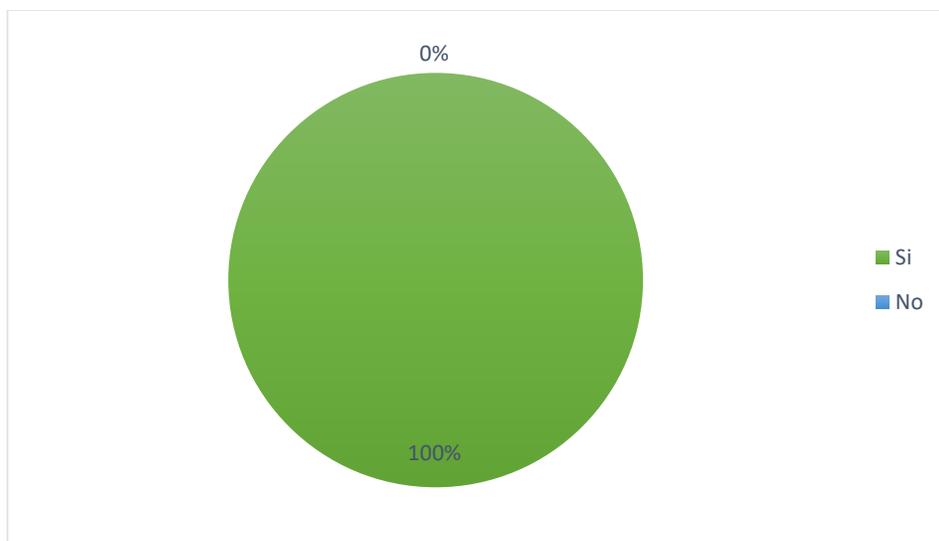
Nota. La imagen indica la disponibilidad de agua potable en el día. Elaboración propia.

De las encuestas realizadas los residentes mencionan que tienen un servicio ininterrumpido durante todo el día del servicio de agua potable.

Tabla 29*Pago por el servicio de agua potable*

Pregunta 14. Paga por el servicio de Agua Potable		
	Si	No
Total	49	0
	100%	0%

Nota. La tabla indica el porcentaje de viviendas que pagan por el servicio. Elaboración propia

Figura 52*Resultados pregunta 14*

Nota. La imagen indica el porcentaje de vivienda que pagan por el servicio de agua.

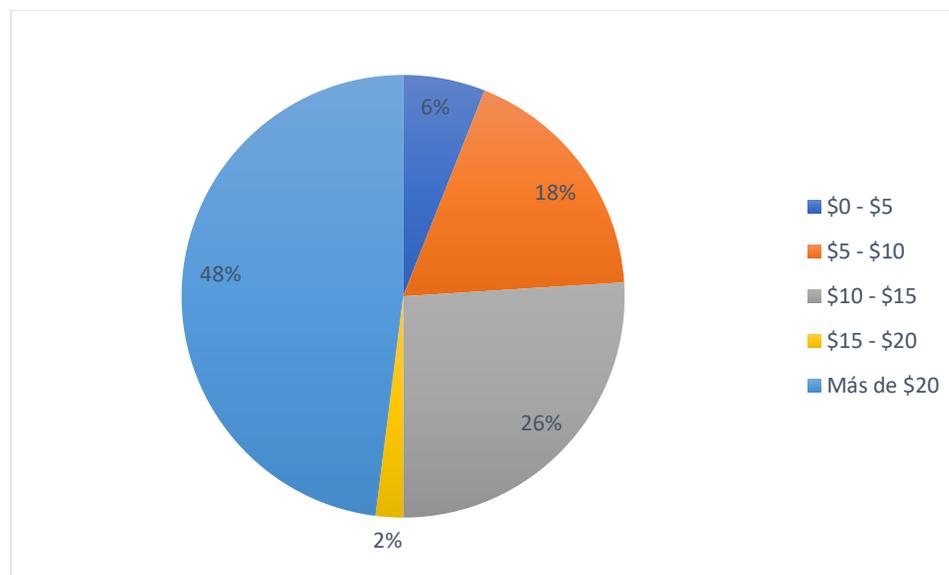
Elaboración propia.

De los datos obtenidos por las encuestas, el 100% de los residentes pagan por el servicio de agua potable.

Tabla 30*Valor promedio de pago de agua potable*

Pregunta 15. Valor Promedio de pago de agua potable					
	\$0 - \$5	\$5 - \$10	\$10 - \$15	\$15 - \$20	Más de \$20
Total	3	9	13	1	24
	6%	18%	26%	2%	48%

Nota. La tabla indica el valor promedio por consumo de agua potable. Elaboración propia

Figura 53*Resultados pregunta 15*

Nota. La imagen indica el valor promedio por consumo de agua potable. Elaboración propia

El valor promedio mensual por consumo de agua potable en el Club los Chillos, esta predominada por un valor de más de 20\$ que representa el 48% de los encuestados, seguido de un valor entre \$10 – \$15 representando el 26%, el tercer grupo paga entre \$5 – \$10 siendo el 18%. Los grupos del 6% y 2% pagan valores entre \$0 – \$5 y \$15 – \$10 respectivamente por el consumo de agua potable.

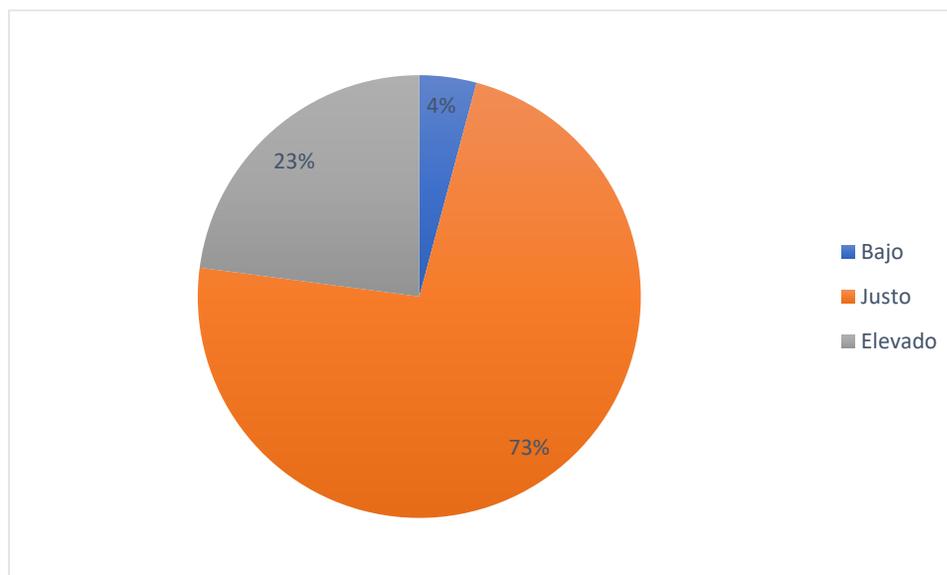
Tabla 31*Opinión del costo por el servicio de agua potable*

Pregunta 16. Cree Ud. Que lo que paga por el servicio de Agua Potable es:			
	Bajo	Justo	Elevado
Total	2 4%	35 73%	11 23%

Nota. La tabla indica la opinión por el costo del servicio de agua. Elaboración propia

Figura 54

Resultados pregunta 16



Nota. La imagen indica la opinión sobre el consto del servicio de agua. Elaboración propia.

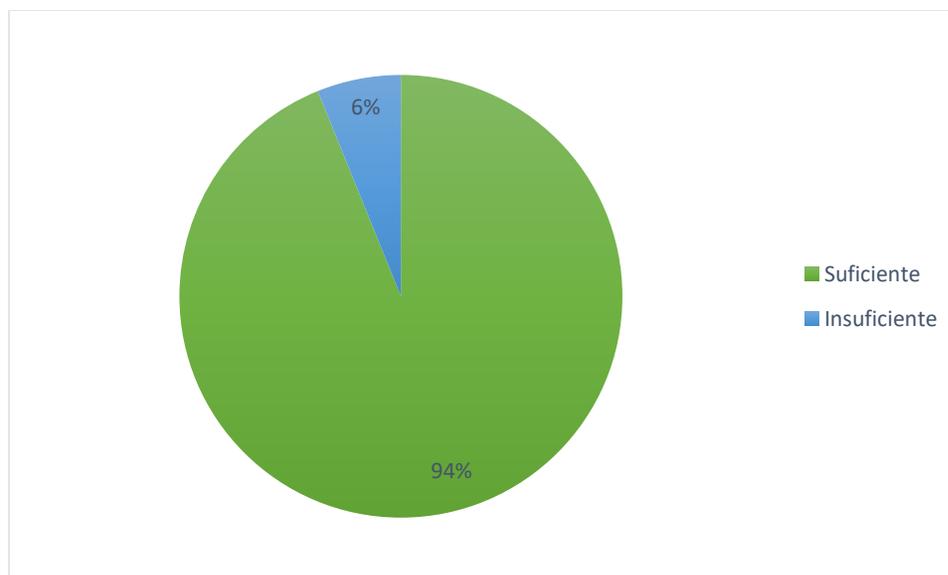
De los encuestados el 73% afirma que el costo por el servicio de agua potable es justo, mientras que el 23% de los entrevistados menciona que el costo es elevado y únicamente el 4% indica que el costo por el servicio es bajo.

Tabla 32

Estimación de la cantidad de agua recibida

Pregunta 17. La cantidad de agua que recibe es:		
	Suficiente	Insuficiente
Total	46	3
	94%	6%

Nota. La tabla indica la estimación de la cantidad de agua recibida. Elaboración propia

Figura 55*Resultados pregunta 17*

Nota. La imagen indica la estimación de agua potable recibida. Elaboración propia.

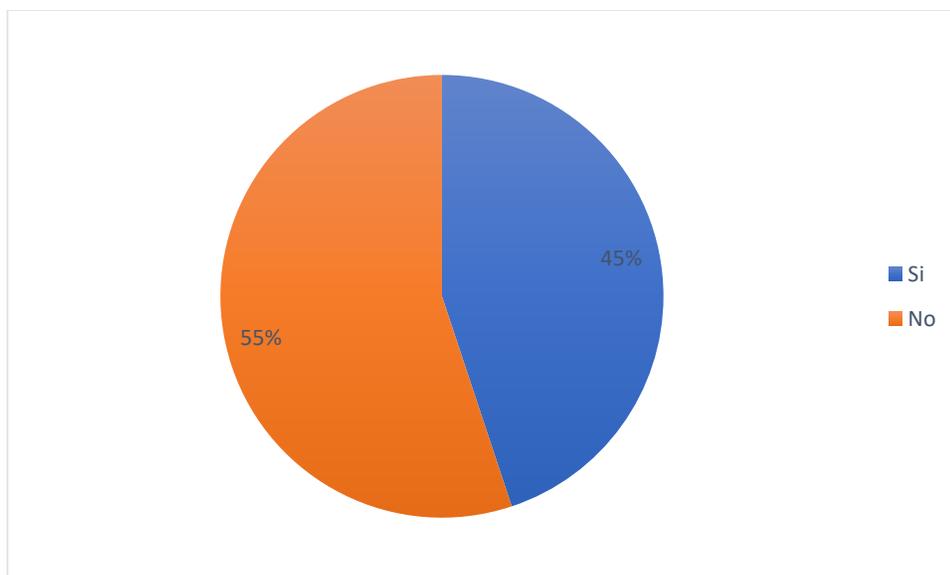
De los datos obtenidos, el 94% de los encuestados afirman tener una cantidad suficiente de agua recibida, mientras que el 6% restante menciona que la cantidad de agua recibida es insuficiente.

Tabla 33*Almacenamiento de agua*

Pregunta 18. Almacena Agua para el consumo familiar		
	Si	No
Total	22	27
	45%	55%

Nota. La tabla indica el porcentaje de viviendas con almacenamiento de agua.

Elaboración propia

Figura 56*Resultados pregunta 18*

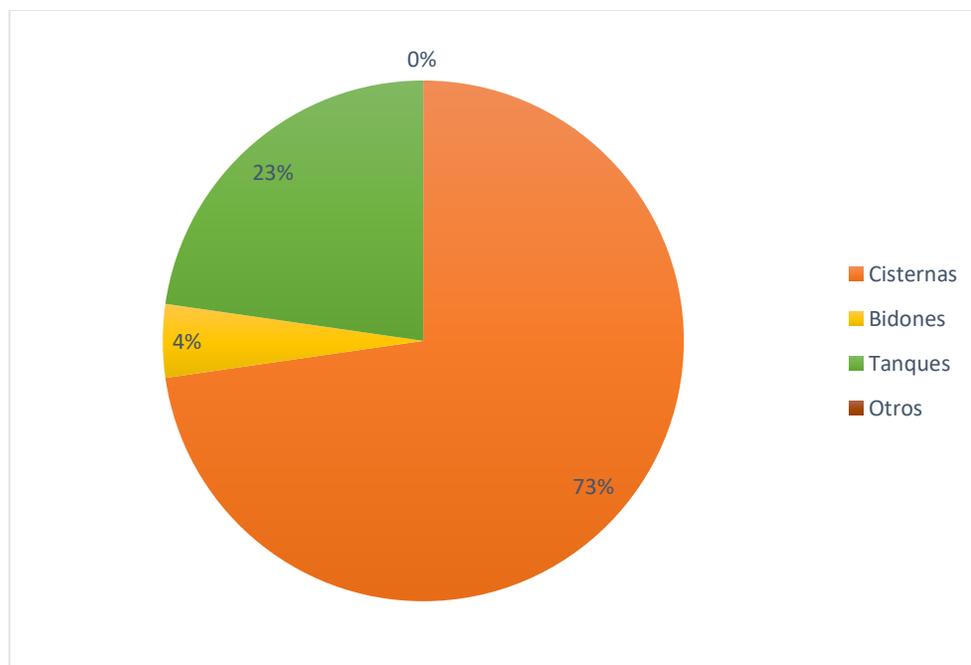
Nota. La imagen indica el porcentaje de viviendas con almacenamiento, Fuente propia.

En el Club los Chillos, el 55% de las viviendas no cuentan con almacenamiento de agua para consumo familiar, únicamente el 48% de las viviendas cuentan con almacenamiento.

Tabla 34*Tipo de almacenamiento de agua*

Pregunta 19. El agua almacena en:				
	Cisternas	Bidones	Tanques	Otros
Total	16	1	5	0
	73%	5%	23%	0%

Nota. La tabla indica los tipos de almacenamiento de agua. Elaboración propia

Figura 57*Resultados pregunta 19*

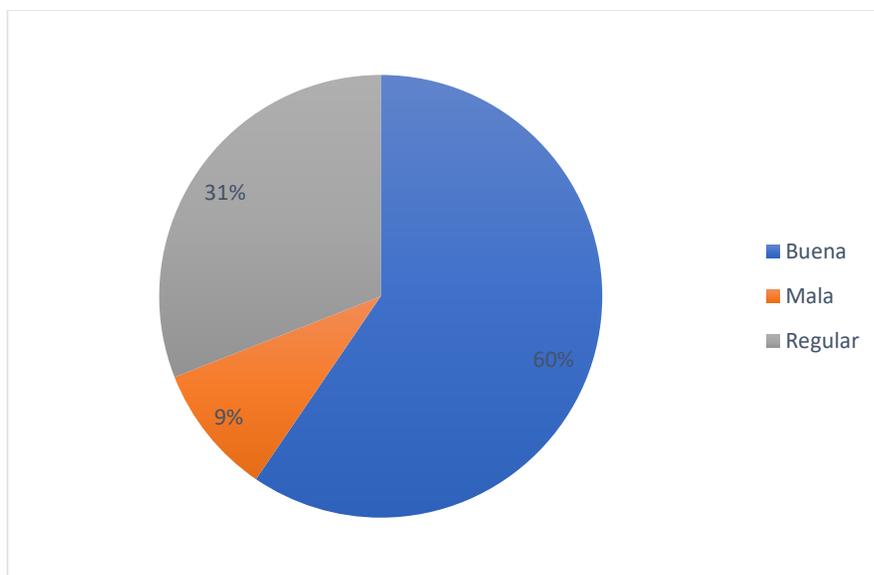
Nota. La imagen indica el tipo de almacenamiento de agua empleado. Elaboración propia.

De las personas que indicaron disponer de almacenamiento de agua potable, el 73% de ellas lo hace por medio de una cisterna, el 23% por medio de tanques y el 4% restante utiliza bidones para el almacenamiento.

Tabla 35*Opinión sobre la calidad de agua*

Pregunta 20. La calidad del agua es			
	Buena	Mala	Regular
Total	25	4	13
	60%	10%	31%

Nota. La tabla indica la opinión sobre la calidad de agua entregada. Elaboración propia

Figura 58*Resultados pregunta 20*

Nota. La imagen indica la opinión de la calidad de agua. Elaboración propia.

El 60% de los entrevistados indican que la calidad de agua potable recibida en buena, el 31% de los usuarios afirma que la calidad es regular y solo el 9% de los entrevistados mencionan que la calidad de agua recibida en mala.

Tabla 36*Satisfacción del servicio de agua brindado*

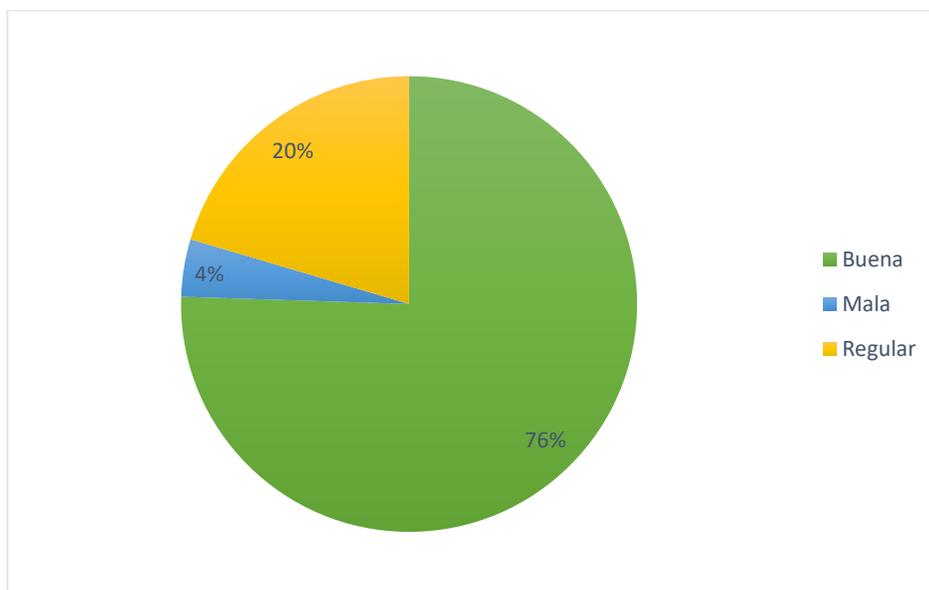
Pregunta 21. Satisfacción con la calidad del servicio, como lo califica			
	Buena	Mala	Regular
Total	37	2	10
	76%	4%	20%

Nota. La tabla indica la opinión respecto a la satisfacción del servicio de agua brindado.

Elaboración propia

Figura 59

Resultados pregunta 21



Nota. La imagen indica la opinión sobre el servicio de agua potable, Fuente propia.

El 76% de los encuestados se encuentran satisfechos con el servicio de agua potable, el 20% considera que la calidad del servicio es regular y solo el 4% indica que la calidad del servicio es mala.

Tabla 37

Tratamiento del agua antes de ser consumido

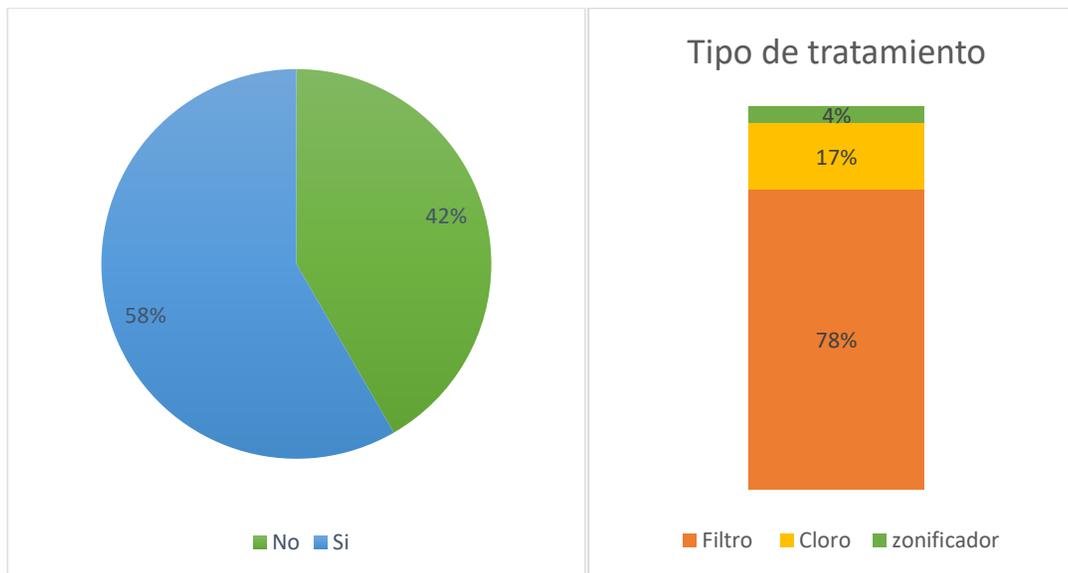
Pregunta 22. Antes de ser consumida recibe algún tratamiento					
	No	Si	Tipo de tratamiento		
			Filtro	Cloro	zonificador
Total	20	28	18	4	1

42% 58% 78% 17% 4%

Nota. La tabla indica si el agua es tratada antes del consumo. Fuente propia

Figura 60

Resultados pregunta 22



Nota. La imagen indica si el agua es tratada antes del consumo. Elaboración propia.

De los datos obtenidos, el 58% de los encuestados afirma que realiza tratamiento de agua antes del consumo, el tipo de tratamiento que realizan es por medio de un filtro (78%), cloro (17%) o zonificador (4%). Mientras que el 42% no realiza ningún tipo de tratamiento para el consumo.

Tabla 38

Uso del agua potable

Pregunta 23. Uso del agua potable de la red pública, la usa para:							
	Beber	Preparar alimentos	Riego	Lavar la ropa	Limpieza de vivienda	Higiene	Otro
Total	0	49	49	49	49	49	0

0%	100%	100%	100%	100%	100%	0%
----	------	------	------	------	------	----

Nota. La tabla indica los usos que tiene el agua potable de la red de distribución Club los Chillos. Elaboración propia

Como se aprecia tabla el 100% de la población usa el agua potable de la red pública para la preparación de alimentos, riego, lavar ropa, limpieza de vivienda e higiene personal.

Pero beber directamente de la red nadie utiliza, por lo menos antes de ser consumida entran a un proceso de ebullición.

Conclusiones

Se puede apreciar un nivel de servicio alto para sectores con planificación para zonas urbanas residenciales, donde el servicio de agua potable es interrumpido durante el transcurso del día durante todo el año y la opinión de los usuarios respecto al servicio y la calidad en su mayor parte lo considera bueno, otros aspectos para considerar un nivel de servicio satisfactorio son los siguientes:

- Un nivel favorable de la opinión de los usuarios respecto al pago por el servicio y la calidad recibida.
- La cantidad de agua potable es suficiente para los usos que le dan los residentes del sector.
- La calidad como el servicio proporcionado satisface las necesidades de la población, y se muestra en el 100% de los usuarios utilizando el agua potable de la red de distribución para la mayor parte de las actividades que la necesitan.

Rediseño del Sistema de Agua Potable para El Club Los Chillos

Como se muestra en el desarrollo del trabajo, el sistema actual trabaja de forma óptima y justa para el número de habitantes que residen en el Club los Chillos, existiendo un bajo número de pobladores que no se encuentran satisfechos con el servicio actual, no obstante, se debe considerar el crecimiento poblacional que aumentara la demanda de agua, trabajos de repotenciación y de igual forma controles para la calidad.

Para el rediseño se emplea de igual forma el software EPANET, el cual servirá para comprobar el funcionamiento, revisión de parámetros como velocidades, caudales, presiones y perdidas, demostrando las mejoras frente al sistema actual.

Cobertura del servicio

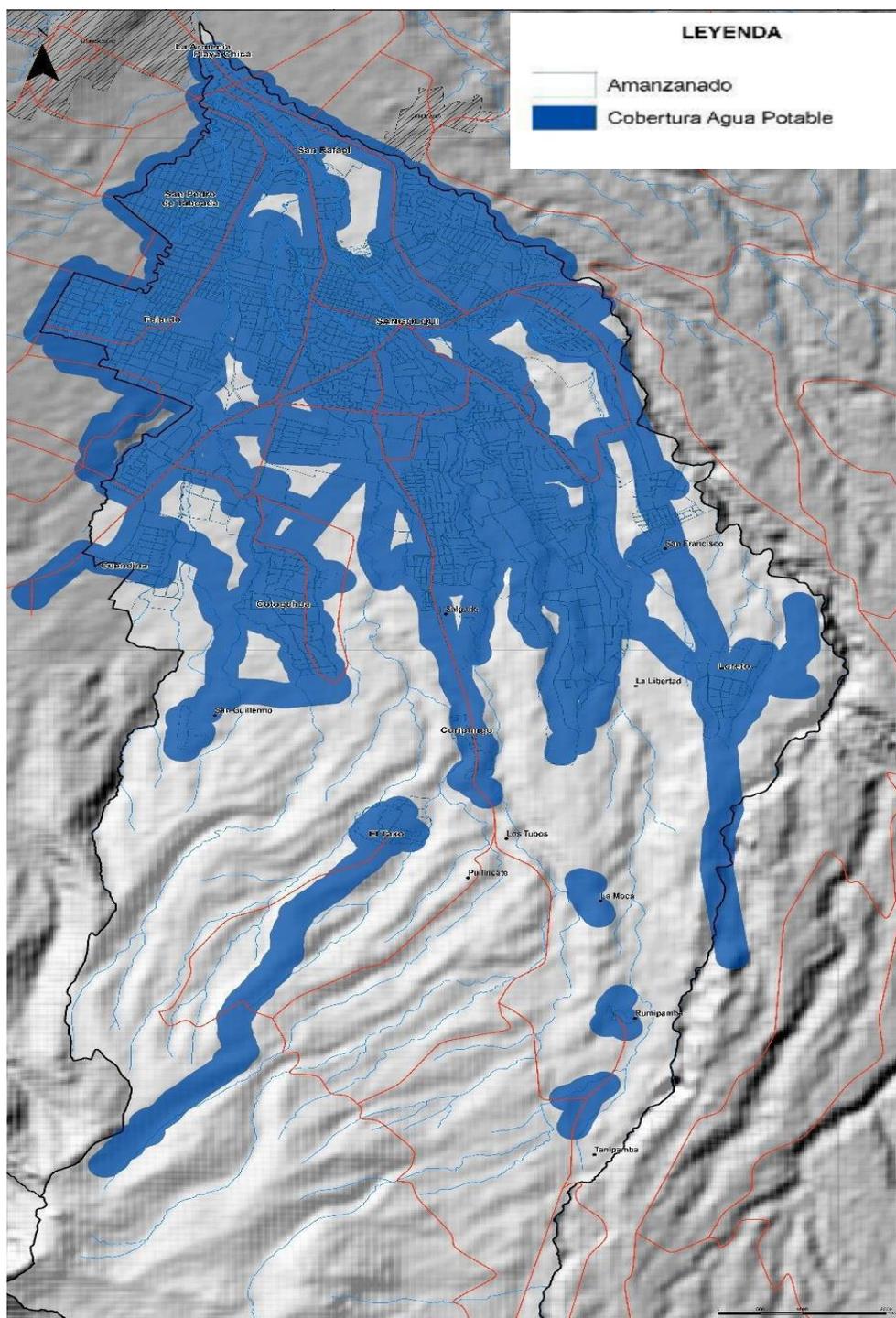
En el cantón Rumiñahui, según el Plan de desarrollo y ordenamiento territorial actualización 2020 – 2025, la cobertura de los sistemas de agua potable a diciembre de 2018 era: sector urbano 89,81%, sector rural 6,64% dando un total de 96,45% de todo el cantón.

El servicio de agua potable en el cantón Rumiñahui es cubierto principalmente por el GAD Municipal, y de forma independiente por la Junta de Agua Potable de Jatumpungo y la Administración de las Urbanizaciones Molinos de Viento y Alcántara. (GADMUR , 2020 - 2025)

Cabe recalcar que el plan de desarrollo y ordenamiento territorial actualización 2014 – 2019 carece del análisis de sistemas y subsistemas de agua potable y de los componentes del sistema de agua potable.

Figura 61

Zona de cobertura de agua potable Cantón Rumiñahui



Nota: La imagen muestra la cobertura del servicio de agua potable en el cantón Rumiñahui. Fuente Plan de desarrollo y ordenamiento territorial actualización 2020 – 2025 (GADMUR , 2020 - 2025)

Oferta existente

Con la finalidad de analizar si la fuente de agua es capaz de abastecer la demanda requerida para la población futura se realiza un balance hídrico entre la oferta de la fuente de captación y la demanda requerida por los usuarios, el balance se lo realizará cada 5 años hasta llegar al periodo de diseño el cual permitirá apreciar si la fuente va a satisfacer la demanda futura.

El caudal que satisface la demanda en la red proviene del Molinuco que llega hasta los tanques Carlos Gaviláñez, que abastece al sector Club los Chillos.

Tabla 39

Caudal existente y caudal de derivación

Año	Q Demanda	Q Oferta	Balance Oferta Vs. Demanda
	(L/s)	(L/s)	(L/s)
2021	15,01	25,37	10,36
2026	16,34	25,37	9,03
2031	18,30	25,37	7,07
2036	20,47	25,37	4,90
2041	22,87	25,37	2,50
2046	25,52	25,37	-0,15

Nota: El caudal ofertante es la suma de los caudales que llegan a los dos tanques de almacenamiento de Carlos Gaviláñez.

Demanda

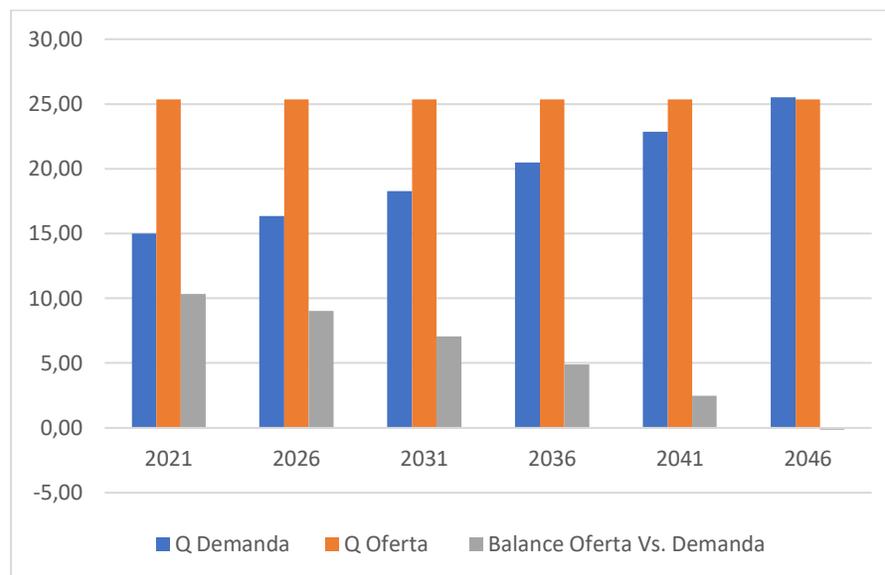
Para estimar la demanda futura se tomaron parámetros como: la dotación neta, el porcentaje de aguas no contabilizadas, la dotación bruta, la cobertura del servicio y la tasa de crecimiento obtenido de los registros del INEC, con el fin de calcular la proyección de la población a ser abastecida.

Al ser una zona residencial limitada y lotizada ya se tiene establecido el número de viviendas, y se pensaría que no existe crecimiento poblacional, sin embargo, por ser zona residencial la expansión del número de habitantes se puede dar por un incremento vertical, en otras palabras, la construcción de edificaciones de varios pisos con departamentos multifamiliares.

Tabla 40

Demanda futura Club los Chilllos

Año	Tasa de Crecimiento INEC	Población Futura	Dotación Neta	ANC	Cobertura del Servicio	Población Servida	Dotación Bruta	Qm	Q Max. Día Kmax.día= 1.5	Q. Max hora Kmax.hora =2
		Hab	L/hab/día	%	%	(Hab)	L/hab/día	L/s	L/s	L/s
2021	-	2544	206	65	100	2544	339,9	10,01	15,01	34,53
2026	0,029	2941	200	60	100	2941	320	10,89	16,34	37,58
2031	0,029	3399	200	55	100	3399	310	12,20	18,30	42,08
2036	0,029	3930	200	50	100	3930	300	13,64	20,47	47,07
2041	0,029	4542	200	45	100	4542	290	15,25	22,87	52,60
2046	0,029	5251	200	40	100	5251	280	17,02	25,52	58,71

Figura 62*Demanda total, Oferta existente y Balance*

Como presentamos en la gráfica para el año 2046 se tiene un balance hídrico de 0,15 l/s para abastecer la demanda futura para la población del sector Club los Chillos, por lo que se debe considerar la calidad del servicio, lo que se traduce en un sistema interrumpido con presiones suficientes para los aparatos sanitarios y puntos de salida de agua para ciertos sectores del Club, en especial los predios que se encuentran en mínima diferencia de nivel con respecto a los tanques de abastecimiento, cabe recalcar que el sistema de abastecimiento de agua potable es por gravedad, por ende es necesario plantear un rediseño en busca de alternativas para cubrir situaciones de pérdidas de presión y cubrir variaciones de demanda.

Diseño de la red de distribución

Para el rediseño de la red de distribución se considera los siguientes aspectos:

- Aumentar el diámetro de la tubería matriz del sistema de abastecimiento, para poder cumplir con todas las dotaciones de servicio para la población a diseño en período estático y período extendido.
- Construir un tanque de reserva de 200 m³, para reutilizar el reboce que va como desperdicio, sirviendo como dotación para otra población cerca a los tanques de Carlos Gaviláñez, realizar el análisis junto al DAPAC-R.
- Cambiar los diámetros de tuberías, proveniente de un prediseño hidráulico.
- Adicionar válvulas de control para el control del flujo de agua potable de la red de distribución.
- Colocar Tapones de Fogueo al final de las ramificaciones de la red de distribución para el debido mantenimiento y limpieza de las tuberías.
- Reubicar la válvula rompe presión, para el correcto control de las presiones altas que se generan en las partes bajas en elevación del Club Los Chillos.

Tabla 41

Dotaciones y Caudales futuros

N° Nodo	Ubicación			AREAS DE CONSUMO Y CAUDALES DE DISEÑO							
	Este	Norte	Elevación	# de casas	Área (m2)	# de Hab por casa (Hab)	Población (Hab)	Población Futura (Hab)	Caudal Medio Futuro (L/s)	Caudal Máximo Diario Futura (L/s)	Caudal Máximo Horario Futuro (L/s)
1	786460,4152	9959999,248	2601,59	6	2796,13	4,5	27	56	0,18	0,27	0,42
2	786378,5323	9960035,375	2599,093	5	5972,29	4,5	23	46	0,15	0,23	0,35
3	786452,931	9960045,945	2599,83	10	10762,55	4,5	45	93	0,30	0,45	0,69
4	786640,5531	9960073,967	2598,306	9	10613,16	4,5	41	84	0,27	0,41	0,62
5	786356,488	9960102,949	2596,728	7	6151,61	4,5	32	65	0,21	0,32	0,48
6	786444,4347	9960115,21	2597,578	13	10316,17	4,5	59	121	0,39	0,59	0,90
7	786626,8443	9960142,834	2596,646	10	8081,55	4,5	45	93	0,30	0,45	0,69
8	786333,8763	9960171,059	2591,982	4	6307,98	4,5	18	37	0,12	0,18	0,28
9	786430,5477	9960194,266	2594,376	11	14210,95	4,5	50	102	0,33	0,50	0,76
10	786612,7468	9960220,943	2594,995	13	10579,51	4,5	59	121	0,39	0,59	0,90
11	786290,892	9960265,908	2586,985	8	9975,31	4,5	36	74	0,24	0,36	0,55
12	786397,1689	9960291,177	2589,946	10	12952,62	4,5	45	93	0,30	0,45	0,69
13	786594,8982	9960320,105	2591,258	8	10742,71	4,5	36	74	0,24	0,36	0,55
14	786227,2533	9960356,314	2581,629	9	14683,57	4,5	41	84	0,27	0,41	0,62
15	786369,832	9960374,582	2584,966	12	14053,23	4,5	54	111	0,36	0,54	0,83
16	786580,6937	9960404,664	2588,977	10	12478,23	4,5	45	93	0,30	0,45	0,69
17	786172,7368	9960457,03	2574,973	11	9856,34	4,5	50	102	0,33	0,50	0,76
18	786340,7782	9960460,686	2579,977	12	11004,8	4,5	54	111	0,36	0,54	0,83
19	786158,1661	9960533,878	2572,426	8	9155,72	4,5	36	74	0,24	0,36	0,55

N° Nodo	AREAS DE CONSUMO Y CAUDALES DE DISEÑO										
	Ubicación			# de casas	Área (m2)	# de Hab por casa (Hab)	Población (Hab)	Población Futura (Hab)	Caudal Medio Futuro (L/s)	Caudal Máximo Diario Futura (L/s)	Caudal Máximo Horario Futuro (L/s)
	Este	Norte	Elevación								
20	786314,8611	9960537,22	2575,807	11	11829,38	4,5	50	102	0,33	0,50	0,76
21	786116,1719	9960636,071	2569,419	9	12983,58	4,5	41	84	0,27	0,41	0,62
22	786305,4505	9960630,144	2571	10	12766,18	4,5	45	93	0,30	0,45	0,69
23	786124,7374	9960733,721	2566,487	11	12245,47	4,5	50	102	0,33	0,50	0,76
24	786296,8026	9960728,486	2565,602	11	12381,57	4,5	50	102	0,33	0,50	0,76
25	786167,5065	9960900,574	2559,996	7	4838,53	4,5	32	65	0,21	0,32	0,48
26	786289,2169	9960815,191	2561,973	5	5044,71	4,5	23	46	0,15	0,23	0,35
27	786347,2812	9960829,547	2562,297	18	17611,56	4,5	81	167	0,54	0,81	1,25
28	786313,5361	9961145,997	2550,946	16	17634,6	4,5	72	149	0,48	0,72	1,11
29	786245,3931	9961002,092	2555	7	7201,59	4,5	32	65	0,21	0,32	0,48
30	786220,4943	9961090,603	2553,819	8	6442,36	4,5	36	74	0,24	0,36	0,55
31	786213,7096	9961170,595	2550,69	7	6761,97	4,5	32	65	0,21	0,32	0,48
32	786066,8881	9961252,258	2547,299	5	5050,68	4,5	23	46	0,15	0,23	0,35
33	786129,6281	9961334,119	2545,998	7	5435,23	4,5	32	65	0,21	0,32	0,48
34	786182,8314	9961395,566	2545,099	4	3042,28	4,5	18	37	0,12	0,18	0,28
35	786068,9442	9961213,754	2547,939	11	15499,42	4,5	50	102	0,33	0,50	0,76
36	786058,0141	9961116,105	2549,146	4	5917,96	4,5	18	37	0,12	0,18	0,28
37	785861,5348	9961103,552	2541,455	10	12269,76	4,5	45	93	0,30	0,45	0,69
38	785837,4311	9961012,533	2546,684	16	26186,97	4,5	72	149	0,48	0,72	1,11
39	785828,0921	9960913,672	2564,521	12	20646,05	4,5	54	111	0,36	0,54	0,83
40	785845,8868	9960697,942	2577,039	23	18103,54	4,5	104	214	0,69	1,04	1,59
41	785760,809	9960954,248	2572,487	3	2268,67	4,5	14	28	0,09	0,14	0,21
42	785650,4125	9960956,728	2584,963	3	2758,71	4,5	14	28	0,09	0,14	0,21

AREAS DE CONSUMO Y CAUDALES DE DISEÑO

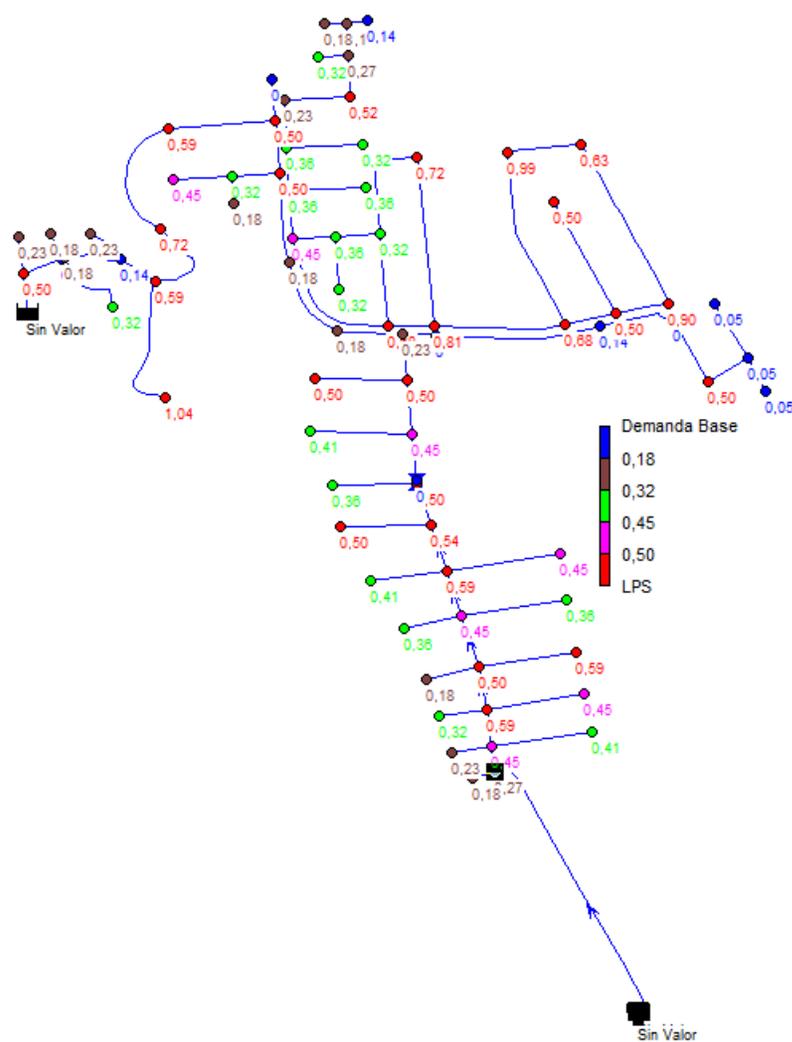
N° Nodo	Ubicación			# de casas	Área (m2)	# de Hab por casa (Hab)	Población (Hab)	Población Futura (Hab)	Caudal Medio Futuro (L/s)	Caudal Máximo Diario Futura (L/s)	Caudal Máximo Horario Futuro (L/s)
	Este	Norte	Elevación								
43	785580,3642	9960929,556	2589,337	11	8250,1	4,5	50	102	0,33	0,50	0,76
44	786590,9969	9960833,75	2572,182	15	14898,77	4,5	68	139	0,45	0,68	1,04
45	786484,7474	9961155,306	2553,481	22	22551,44	4,5	99	204	0,66	0,99	1,52
46	786684,1174	9960853,976	2577,544	11	13205,12	4,5	50	102	0,33	0,50	0,76
47	786569,1524	9961063,378	2568,776	11	12040,7	4,5	50	102	0,33	0,50	0,76
48	786619,9451	9961168,895	2564,712	14	14910,56	4,5	63	130	0,42	0,63	0,97
49	786783,7907	9960872,5	2577,287	20	24343,19	4,5	90	186	0,60	0,90	1,38
50	786858,856	9960726,849	2585,18	11	26071,56	4,5	50	102	0,33	0,50	0,76
51	786931,3946	9960772,276	2580,944	1	7523,16	4,5	5	9	0,03	0,05	0,07
52	786655,5062	9960831,144	2576,964	3	20080,36	4,5	14	28	0,09	0,14	0,21
53	786165,3903	9960822,773	2563,024	4	5792,43	4,5	18	37	0,12	0,18	0,28
54	786077,7617	9960950,601	2556,238	4	4301,24	4,5	18	37	0,12	0,18	0,28
55	785850,6527	9961199,422	2541,066	13	16445,47	4,5	59	121	0,39	0,59	0,90
56	786081,6058	9960993,964	2554,66	10	10589,14	4,5	45	93	0,30	0,45	0,69
57	786260,6452	9960832,167	2561,994	15	11599,24	4,5	68	139	0,45	0,68	1,04
58	786419,8071	9959985,546	2601,65	4	2406,8	4,5	18	37	0,12	0,18	0,28
59	786966,6594	9960708,911	2584,958	1	3304,14	4,5	5	9	0,03	0,05	0,07
60	786870,4538	9960871,495	2577,883	1	6204,57	4,5	5	9	0,03	0,05	0,07
61	786161,797	9960998,279	2556,779	8	6692,79	4,5	36	74	0,24	0,36	0,55
62	786076,4227	9961082,423	2551,807	8	6615,32	4,5	36	74	0,24	0,36	0,55
63	786071,7447	9961162,667	2548,857	8	7064,33	4,5	36	74	0,24	0,36	0,55
64	786189,8494	9961259,507	2548,439	7	8785,24	4,5	32	65	0,21	0,32	0,48
65	786186,5267	9961336,442	2546,136	6	5570,44	4,5	27	56	0,18	0,27	0,42

N° Nodo	Ubicación			AREAS DE CONSUMO Y CAUDALES DE DISEÑO							
	Este	Norte	Elevación	# de casas	Área (m2)	# de Hab por casa (Hab)	Población (Hab)	Población Futura (Hab)	Caudal Medio Futuro (L/s)	Caudal Máximo Diario Futura (L/s)	Caudal Máximo Horario Futuro (L/s)
66	786141,462	9961396,352	2543,981	4	2560,69	4,5	18	37	0,12	0,18	0,28
67	786223,4092	9961400,944	2545,435	3	2293,18	4,5	14	28	0,09	0,14	0,21
68	785971,9175	9961060,225	2545,039	4	4894,27	4,5	18	37	0,12	0,18	0,28
69	785969,3439	9961110,486	2544,98	7	7324,4	4,5	32	65	0,21	0,32	0,48
70	785814,5356	9960921,779	2566,205	4	3090,87	4,5	18	37	0,12	0,18	0,28
71	785705,4315	9961004,049	2567,976	5	5862,27	4,5	23	46	0,15	0,23	0,35
72	785746,7942	9960865,874	2581,417	7	6289,65	4,5	32	65	0,21	0,32	0,48
73	785632,3043	9961002,92	2584,964	4	3056,57	4,5	18	37	0,12	0,18	0,28
74	785659,5018	9960951,229	2584,248	4	6557,63	4,5	18	37	0,12	0,18	0,28
75	785570,3658	9960995,841	2586,759	5	3372,52	4,5	23	46	0,15	0,23	0,35

De la tabla se obtiene la población futura por nodo, dato necesario para el cálculo de caudales para cada uno de los nodos, estos valores son ingresados en el software EPANET para el análisis del rediseño.

Figura 63

Demanda base futura Qmax



Nota: En la figura se indica los valores de la demanda por cada nodo existente.

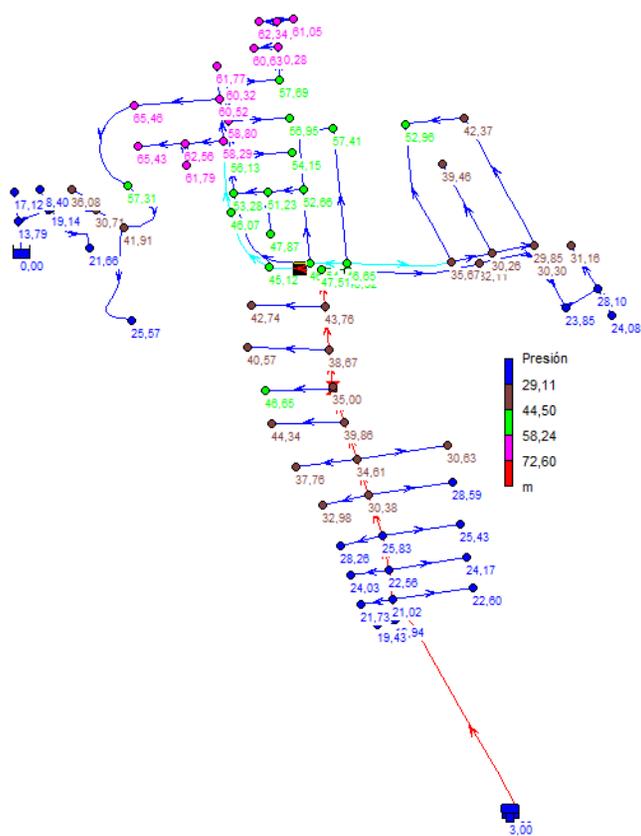
Elaboración propia.

Análisis en Periodos Estáticos

Como se muestra en la figura el intervalo de presiones en las que se trabaja aumentan con el cambio del tipo de tubería, con presiones mínimas de **13,79 mca** y máximas de **66,46 mca** que, comparadas con los valores aceptables de la norma para el Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones mayores a 1000 habitantes, cumple con los parámetros mínimos y máximos.

Figura 65

Presiones, rediseño red de distribución Club los Chilllos

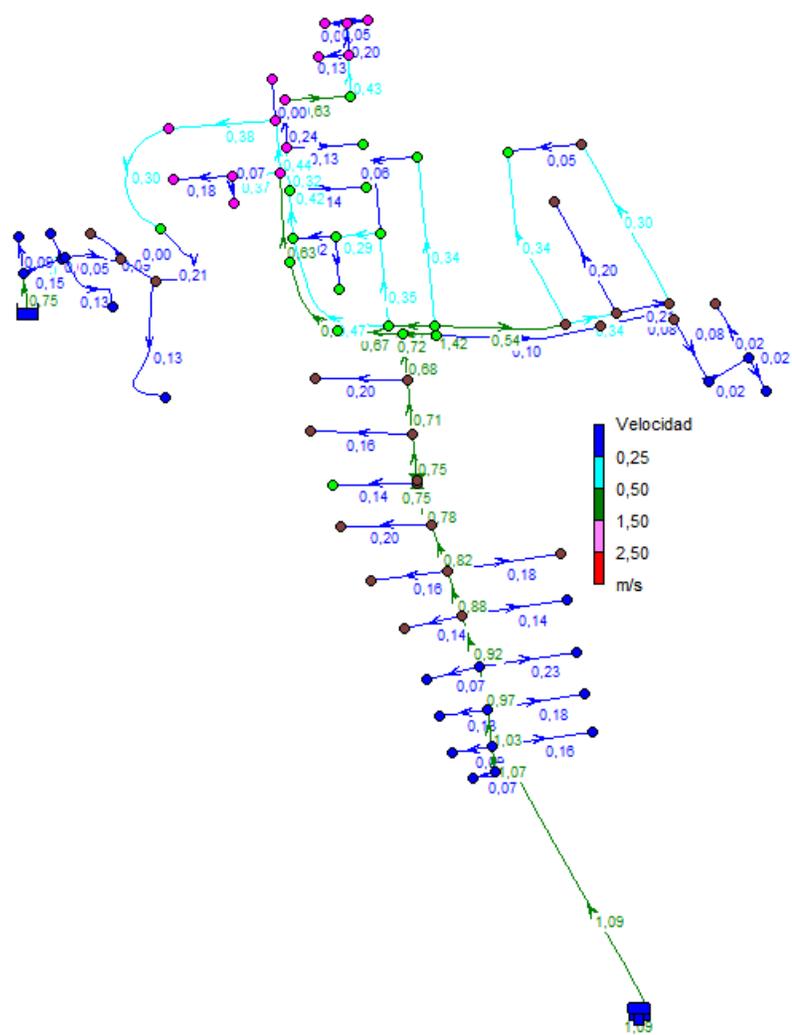


Nota: Elaboración propia.

Lo que respecta a la velocidad en tuberías, el rediseño, presenta una velocidad máxima de **1,09 m/s** y mínima de **0,05 m/s** lo que hace que se encuentre entre los rangos de valores aceptables para evitar sedimentos y daños en la tubería.

Figura 66

Velocidades, rediseño red de distribución Club los Chillos



Nota: Elaboración propia.

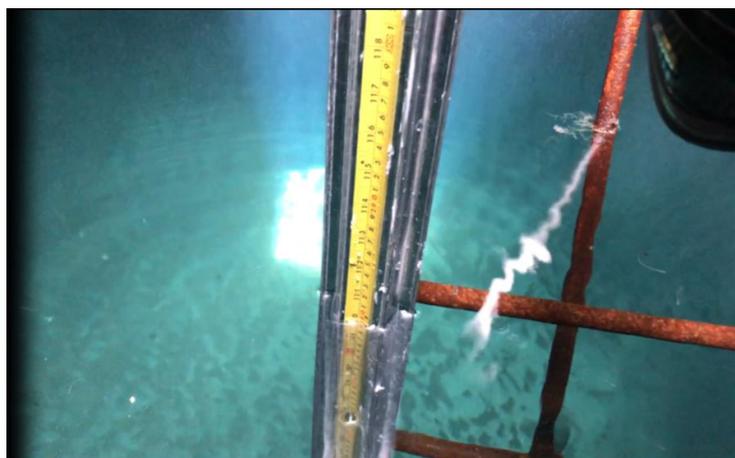
Análisis en periodo extendido

Para este tipo de análisis se debe considerar las variaciones de consumo en la red durante todo el día, para lo cual se analizó, la diferencia de altura del espejo de agua en los tanques de almacenamiento que abastecen al Club Los Chillos.

Para esto fue necesario ingresar un instrumento de medición visual (regla de 4 metros) en el tanque e ir tomando las variaciones de altura en las 24 horas del día.

Figura 67

Medición de variación de altura de espejo de agua en Tanques de almacenamiento



Nota: Se introdujo una planita de acero inoxidable con una cinta métrica de 4 metros en forma de regla, para poder medir las variaciones de altura del espejo de agua en los tanques de almacenamiento durante las 24 horas del día 30 de julio del 2021.

Elaboración propia.

Cabe recalcar que en la actualidad atravesamos una pandemia, donde aún la mayoría de la población se encuentra aislada en casa, eso quiere decir que cumplen todas sus rutinas diarias en casa ya sean laborales, académicas, etc. Esto genera que el año 2020 y 2021 sean años de diseño crítico por lo antes mencionado. A continuación, se indicarán los factores de modulación calculados.

Tabla 42

Patrones de variación de consumo Qmax Club Los Chillos

HORA	ALTURA INICIAL	ALTURA FINAL	ΔH	ÁREA TANQUE (M ²)	VOLUMEN CONSUMIDO (Litros)	MULTIPLICADOR
0:00:00		3,00	0,00	158,37	0	
1:00:00		3,00	0,00	158,37	0	0,00
2:00:00		3,00	0,00	158,37	0	0,00
3:00:00		3,00	0,00	158,37	0	0,00
4:00:00		3,00	0,00	158,37	0	0,00
5:00:00		3,00	0,00	158,37	0	0,00
6:00:00		3,00	0,00	158,37	0	0,00
7:00:00		3,00	0,00	158,37	0	0,00
8:00:00		2,95	0,05	158,37	7918	0,24
9:00:00		2,90	0,10	158,37	15837	0,47
10:00:00		2,80	0,20	158,37	31674	0,94
11:00:00		2,73	0,27	158,37	42760	1,27
12:00:00	3,00	2,66	0,34	158,37	53846	1,60
13:00:00		2,62	0,38	158,37	60181	1,79
14:00:00		2,60	0,40	158,37	63348	1,88
15:00:00		2,59	0,41	158,37	64932	1,93
16:00:00		2,56	0,44	158,37	69683	2,07
17:00:00		2,54	0,46	158,37	72850	2,16
18:00:00		2,52	0,48	158,37	76018	2,26
19:00:00		2,51	0,49	158,37	77601	2,31
20:00:00		2,55	0,45	158,37	71267	2,12
21:00:00		2,64	0,36	158,37	57013	1,69
22:00:00		2,78	0,22	158,37	34841	1,04
23:00:00		2,95	0,05	158,37	7918	0,24
0:00:00		3,00	0,00	158,37	0	0,00
				Total	807687	24,00
Consumo Medio Horario					33654	1

Nota: Al analizar la tabla podemos observar que la curva de modulación no presenta horas picos como es normal, al contrario, durante el día existe solo descenso de la altura del espejo de agua lo que hace que el factor multiplicador se eleve llegando

a las 19:00 a un valor de 2,36. Este valor es demasiado elevado ya que será un factor multiplicador para la demanda base por cada nodo. Elaboración propia.

Con algunos estudios extras y proyectos de investigación elaborados en el cantón Rumiñahui, el departamento de Agua Potable ha podido realizar su propia tabla de patrones de variación de consumo correspondiente al cantón Rumiñahui exclusivamente para una población urbana.

Tabla 43

Patrones de variación de consumo Qmax Cantón Rumiñahui.

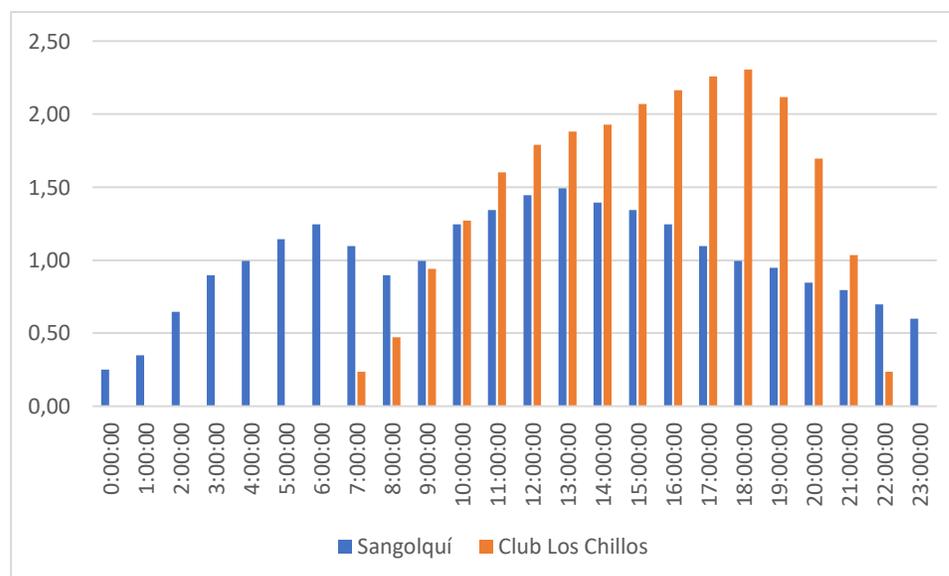
HORA	ALTURA INICIAL	ALTURA FINAL	ΔH	ÁREA TANQUE	VOLUMEN CONSUMIDO (Litros)	MULTIPLICADOR
00:00:00		4,10	0,00	57	0	
1:00:00		3,85	0,25	57	14250	0,25
2:00:00		3,75	0,35	57	19950	0,35
3:00:00		3,45	0,65	57	37050	0,65
4:00:00		3,20	0,90	57	51300	0,90
5:00:00		3,10	1,00	57	57000	1,00
6:00:00		2,95	1,15	57	65550	1,15
7:00:00		2,85	1,25	57	71250	1,24
8:00:00		3,00	1,10	57	62700	1,10
9:00:00		3,20	0,90	57	51300	0,90
10:00:00		3,10	1,00	57	57000	1,00
11:00:00		2,85	1,25	57	71250	1,24
12:00:00	4,10	2,75	1,35	57	76950	1,34
13:00:00		2,65	1,45	57	82650	1,44
14:00:00		2,60	1,50	57	85500	1,49
15:00:00		2,70	1,40	57	79800	1,39
16:00:00		2,75	1,35	57	76950	1,34
17:00:00		2,85	1,25	57	71250	1,24
18:00:00		3,00	1,10	57	62700	1,10
19:00:00		3,10	1,00	57	57000	1,00
20:00:00		3,15	0,95	57	54150	0,95
21:00:00		3,25	0,85	57	48450	0,85
22:00:00		3,30	0,80	57	45600	0,80
23:00:00		3,40	0,70	57	39900	0,70
0:00:00		3,50	0,60	57	34200	0,60

Nota: Al analizar la siguiente tabla se pudo notar que existen horas picos en diferentes rangos horarios en el día 6:00-8:00, 12:00-15:00 y 18:00-21:00 y que el factor multiplicador no supera el 1,5. Datos entregados por el DAPAC-R.

Si comparamos las curvas de variación de caudal, del Club Los Chillos realizada en Julio del 2021 y la de Rumiñahui para población urbana en el 2018 podemos decir que, por efectos de pandemia, se generan los consumos mas altos en los años 2020 y 2021 considerándolos años críticos, y otro dato importante es, los factores multiplicadores de Rumiñahui no sobrepasan los valores de 1.5 versus, los factores del Club Los Chillos llegan hasta un valor de 2.31.

Figura 68

Comparación de Curvas de Variación de consumo



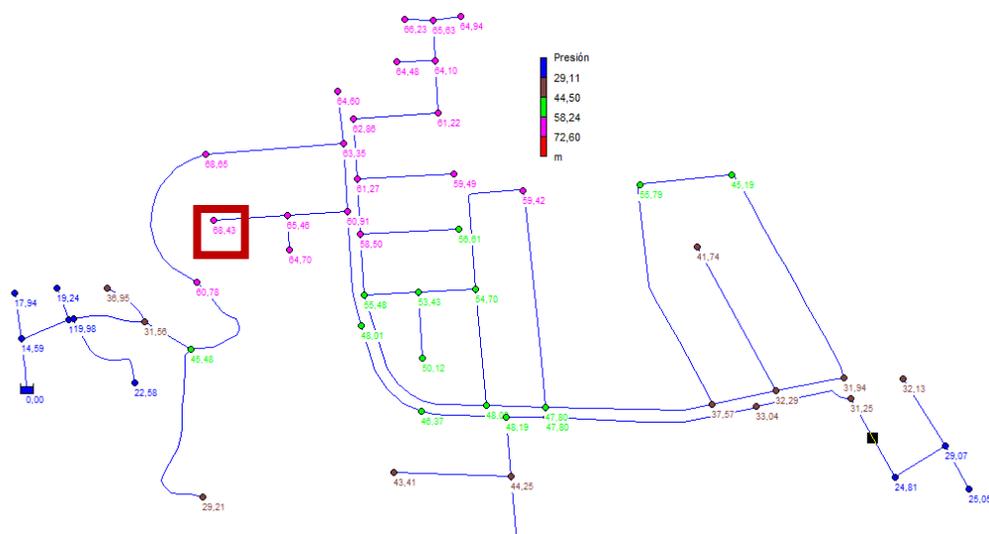
Nota: Elaboración propia.

Al realizar el modelamiento final se ingresó los factores de multiplicación correspondiente al Club Los Chillos, obteniendo los siguientes resultados en cuanto a presión:

- Las presiones altas se generan en los nodos de baja elevación (cota baja con respecto a la cota de los tanques de almacenamiento) y en las horas de reboce y bajo consumo, la presión máxima se produce en el nodo **37** ubicado en la calle **De las Dalias**, con un valor de **68,43 mca** a las 06:00 am como se aprecia en la siguiente figura. De forma general las presiones máximas se encuentran en un rango de **60 a 68,43 mca**.
- Respecto a las presiones mínimas del rediseño se producen en el nudo **40** ubicado en la calle **De las Begonias**, con un valor de valor de **3,79 mca** a las 18:00 como se aprecia en la siguiente figura. De forma general las presiones mínimas se encuentran en un rango de **3,79 a 6 mca**.

Figura 69

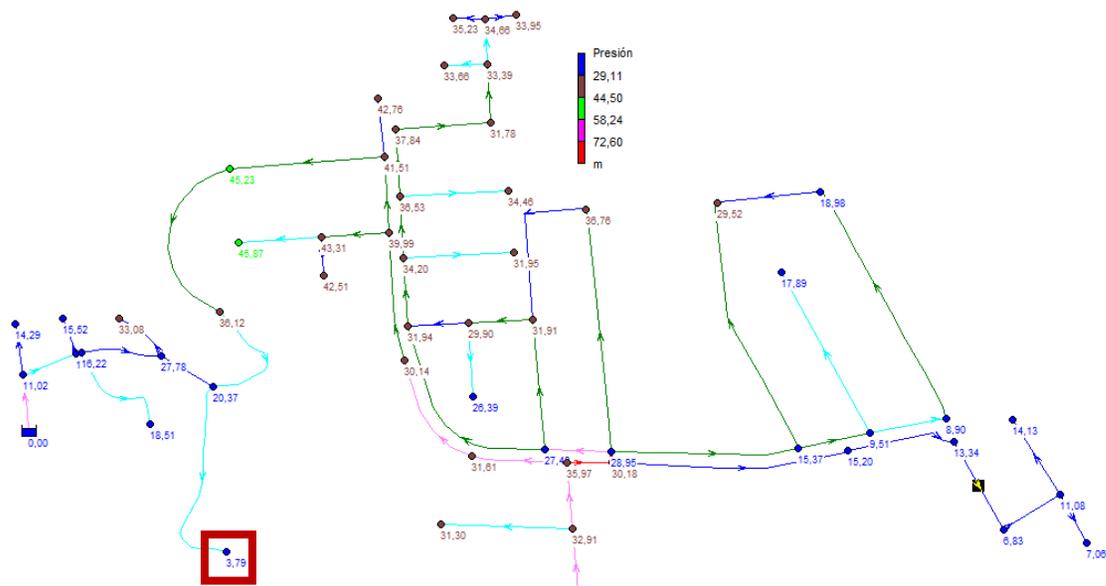
Presiones máximas período extendido, rediseño



Nota: Las presiones en los nodos de color rosado, son las presiones máximas generadas a las 6:00 am, el recuadro color rojo indica el nodo con la presión máxima de 68,43 mca. Fuente propia.

Figura 70

Presiones mínimas periodo extendido, rediseño

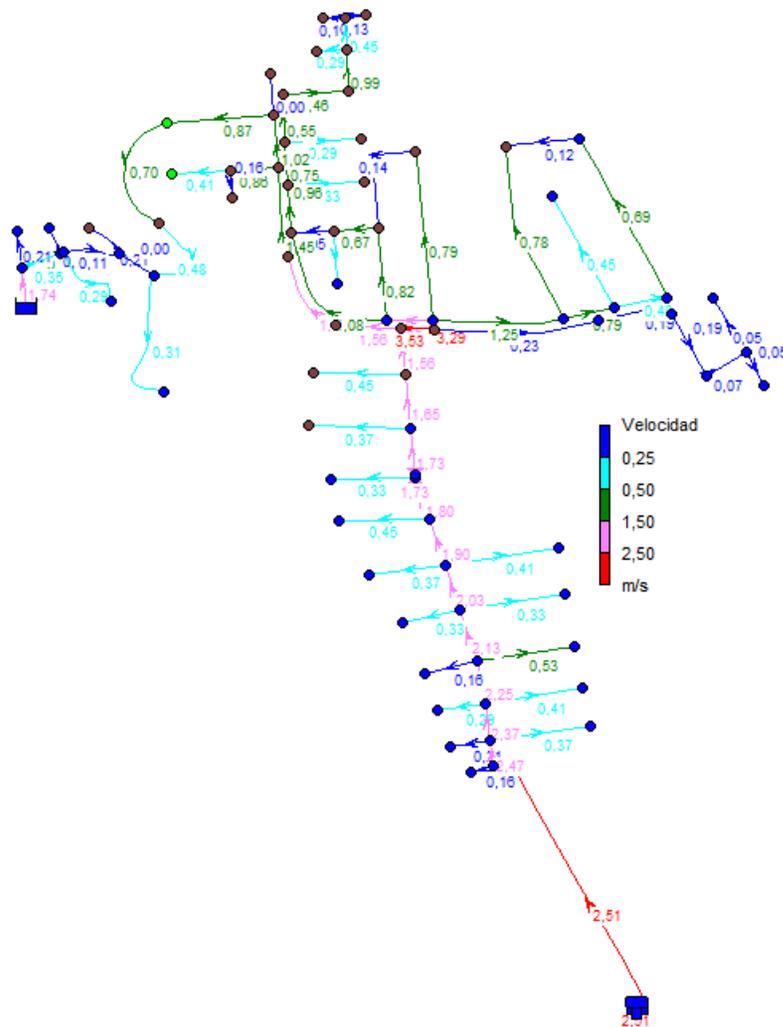


Nota: Las presiones en los nodos de color azul, son las presiones mínimas generadas a las 18:00, el recuadro color rojo indica el nodo con la presión mínima de 3,79 mca. Fuente propia.

En cuanto a la velocidad, a las 18:00 se encuentran los valores más altos que se deben a horas picos, de máximo consumo, con valores en un intervalo entre 1,50 a 2,56 m/s, como se presenta en la siguiente figura.

Figura 71

Velocidades máximas, rediseño



Nota: Las velocidades máximas se dan en un rango de 1,50m/s representados en la figura de color rosado y a un máximo de 2,51m/s representado en la figura con color rojo, cabe recalcar que la tubería matriz es la tubería que tiene las mayores velocidades. Fuente propia.

Implementación de válvulas en la línea de conducción

Para el rediseño se mantiene el trazado original, sin embargo, por el cambio de materiales y considerando los cambios de pendientes y presiones, se analiza la instalación de válvulas para el control de flujo de agua.

Válvulas de desagüe

O también llamados tapones de fogeo, válvulas de purga, son válvulas que tienen el propósito de limpiar los sedimentos acumulados en las tuberías, de forma general se las ubica en cotas bajas de la red y al finalizar una ramificación de la red.

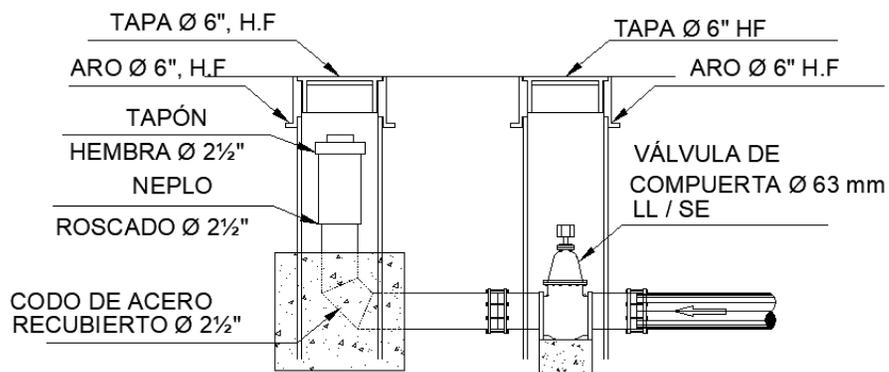
Tabla 44

Diámetro de válvulas de desagüe

<i>Diámetro de Tubería</i>	<i>Diámetro de Válvula</i>
<i>63 mm</i>	<i>2 - ½ in</i>
<i>110 mm</i>	<i>4 in</i>
<i>200 mm</i>	<i>8 in</i>

Figura 72

Válvulas de desagüe a utilizar en diseño definitivo



Nota: La figura mostrada es el detalle de la válvula de desagüe y los accesorios necesarios, correspondiente a una válvula de 2 1-2 in. Elaboración propia.

Identificación del tipo de suelo

El estudio de suelo se lo llevo a cabo el día 22 de julio del 2021, en dos puntos de sondeo a diferentes alturas, los puntos de sondeo fueron dos terrenos sin edificar autorizados por la administración del conjunto.

Para conducciones de agua potable es necesario realizar los siguientes ensayos para determinar los parámetros a continuación:

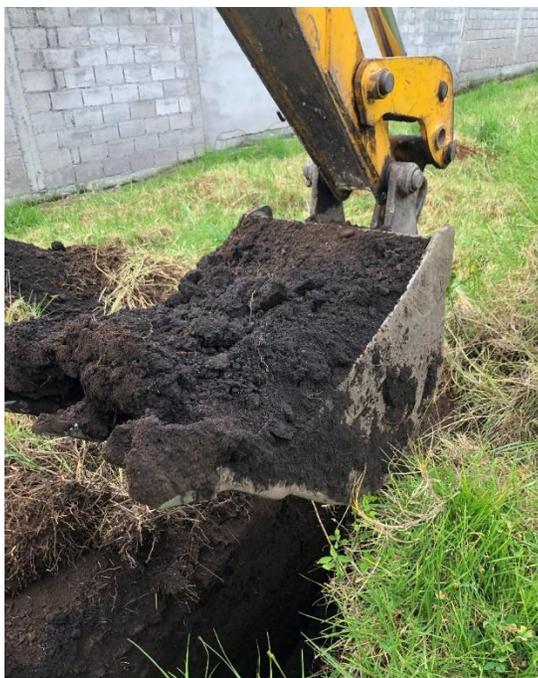
- Humedad Natural
- Granulometría
- Límites de Atterberg

La primera muestra se la tomo en la línea de conducción principal (tubería matriz) en las coordenadas N: 9960759.28 y E: 7863036.86 ubicada en la calle de Los Madroños, a una profundidad de 1 metro y 1.5 metros, cabe recalcar que en los detalles

constructivos del rediseño se recomienda que la tubería este a una profundidad de 1.20m de la subrasante.

Figura 73

Toma de muestra del primer sondeo



Nota: Para la excavación y tomar las muestras se utilizó una Retroexcavadora, imagen en el primer punto de sondeo. Elaboración propia.

La segunda muestra se la tomo en unas de las ramificaciones de la red de distribución, en las coordenadas N: 9960055.23 y E: 786551.371 ubicada en la calle de Los Madroños y Las Orquídeas, a una profundidad de 1 metro y 1.5 metros.

Figura 74

Toma de muestra del segundo sondeo



Nota: Elaboración propia.

Con esto se pudo tomar las muestras y analizar en laboratorio para determinar todos los parámetros mencionados.

Figura 75

Muestras embaladas



Nota: En la figura se encuentran todas las muestras analizadas en los dos puntos de sondeo y sus alturas correspondientes. Elaboración propia.

A continuación, se presenta una tabla resumen con todos los parámetros mencionados y en el Anexo 12 el Estudio de Suelos completo. Los resultados del estudio de suelos correspondientes a los dos puntos de sondeo y sus alturas respectivas de 1 metro y 1.50 metros.

Tabla 45

Resumen de estudio de suelos

RESUMEN SONDEO 1 MUESTRA 1		RESUMEN SONDEO 1 MUESTRA 2	
%W	18%	%W	24%
LL	37%	LL	41%
LP	25%	LP	27%
IP	12%	IP	14%
CLASIFICACION SUCS ML		CLASIFICACION SUCS ML	

RESUMEN SONDEO 2 MUESTRA 1		RESUMEN SONDEO 2 MUESTRA 2	
%W	11%	%W	15%
Cu	25	Cu	27
Cc	1	Cc	1
AASHTO	A-2-4	AASHTO	A-2-4
CLASIFICACION SUCS SM		CLASIFICACION SUCS SM	

Valoración de la alternativa de rediseño

Para determinar la eficiencia y funcionalidad del rediseño se debe tener en cuenta algunos factores como como:

- Aspectos técnicos como: presiones, velocidades y caudales.
- Aspectos económicos, considerando el costo beneficio a largo plazo.
- Aspecto de funcionabilidad, donde están incluidos la construcción y mantenimiento del rediseño de la red de agua potable.

El presupuesto se lo realizo con los rubros manejados por el DAPAC-R, en cada uno de ellos se encuentra incluido los materiales, mano de obra, maquinaria y los rendimientos obteniendo resultados más reales en cuanto al costo total por rubro.

Se puede considera que el rediseño es viable ya que presenta un presupuesto aceptable respecto al área de cobertura o influencia que tiene el proyecto, además que, cubre todas las necesidades técnicas para el suministro de agua potable, ubicándose las diferentes variables dentro de los límites permisibles.

Presupuesto

El costo total para el rediseño de la red del Club los Chillos se detalla en el **Anexo 13**, de forma general se considera la incorporación de un tanque de 200 m³ para satisfacer la demanda de cualquier población cercana al Club Los Chillos, adicionalmente el cambio de tubería de asbesto cemento por tubería de PVC, todos los valores de materiales, equipos y mano de obra provienen de la base de los rubros utilizado por el DAPAC-R.

El Presupuesto Referencial del proyecto fue realizado por calle, ya que a futuro se lo tiene previsto realizar por etapas, para evitar la suspensión del servicio de agua potable al momento de la ejecución del proyecto.

Su valor es de **\$ 408.301,89 dólares americanos (SIN IVA). Realizado en agosto del 2021.**

Capítulo IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Mediante el trabajo de campo llevado a cabo en el Club Los Chillos se realizó el catastro de la red de agua potable, en lo cual, se determinó que el material de la tubería era asbesto cemento de 35 años de antigüedad, así como también otro tramo con la tubería de PVC correspondiente a 10 años. El 65% de tuberías corresponden a asbesto cemento y 35% a PVC. Existe una válvula rompe presión, que no regula el 100% de su función y sus condiciones físicas de deterioro necesitan un cambio o reparación. Respecto a la capacidad y funcionamiento de los tanques de almacenamiento del barrio Carlos Gavilánez, cumplen con las necesidades de la población.
- La red actual cuenta con presiones mayores a los **14,44 mca**, con un caudal de entrada a los tanques de almacenamiento de **22,84 l/s** y el caudal necesario para la población es de **15,01 l/s**.
- La calidad del agua potable para el Club Los Chillos está dentro de lo que establece la norma INEN 1108, de acuerdo a los informes mensuales correspondientes al mes de marzo, abril y mayo del 2021 Todos los parámetros se encuentran en los límites permisibles a excepción de Cloro libre en el mes de mayo, que obedece a una falla específica, con un valor de **0,24 mg/l**, generada por una dosificación inadecuada del cloro líquido que se empleó en el mes.
- De la encuesta socioeconómica realizada en el Club Los Chillos, se pudo determinar que las casas son propias, con un número de pisos mayor a dos, sueldo promedio familiar supera los \$1000, las casas cuentan por lo menos con un jacuzzi, hasta casas que tienen dos piscinas y jacuzzi en cada baño. La cantidad de agua potable satisface las necesidades de toda la población a

cualquier hora del día. El agua potable llega a los domicilios con restos de sedimentos, lo cual genera inconformidad en la población.

- Existe presión baja en los puntos altos e iniciales de la red, en el transcurso de la elaboración de las encuestas, en su mayoría de los propietarios mencionaron su insatisfacción en base a las presiones que reciben, esto se debe a que no existen válvulas de desagüe para realizar el debido mantenimiento de las tuberías y liberar los sedimentos, y en otros casos el daño del medidor domiciliario a causa de los sedimentos, esto impide el paso del agua potable al domicilio con la presión necesaria. Se presenta suspensión constante del servicio de agua potable, esto se debe, a que las válvulas de control no funcionan y para realizar alguna reparación en cualquier sitio del Club Los Chillos, se debe suspender el servicio a más de 60% de la población, cabe recalcar que las reparaciones son constantes, debido a que la mayoría de las tuberías son de asbesto cemento.
- Se determinó que el valor de las aguas no contabilizadas corresponde al **64,85%**, se debe a las pérdidas generadas en la red como, tuberías y accesorios han cumplido su tiempo de vida útil, conexiones ilícitas y el reboce de los tanques de almacenamiento que se dan todas las noches durante varios años. En Ecuador las entidades gubernamentales encargadas del suministro del Agua Potable se han puesto como meta que para el 2050 las aguas no contabilizadas lleguen a un valor del **30%**. El GADMUR se propuso anualmente bajar 1% el valor de las Aguas No Contabilizadas.
- Al analizar el balance entre la oferta y la demanda en la actualidad, se tiene que al Tanque de Almacenamiento llega un caudal de **25,37 l/s**, mientras que la demanda necesaria es de **15,01 l/s**, lo que resulta un balance positivo de **10,36 l/s**. Sin embargo, al analizar el período de diseño es decir que para el año 2046,

el caudal de entrada seguirá siendo **25,37 l/s**, pero lo requerido es de **25,52 l/s**, obteniendo un pequeño déficit negativo de **0,15 l/s**. Esto quiere decir que a futuro se debe buscar otra fuente de abastecimiento que cumpla el 100% de la demanda, o lo que, por otro lado, el sistema no podrá abastecer a toda la población en horas de mayor consumo. M³

- En cuanto al estudio de suelos realizado y los datos del DAPAC, la calidad del suelo es apta para su cambio de material en su totalidad a PVC. Cabe mencionar que el primer sondeo corresponde a un suelo de grano fino **ML**, que según la clasificación SUCS corresponde a arenas finas limosas. El segundo lugar de sondeo corresponde a un suelo de grano grueso **SM**, que de igual forma según la clasificación SUCS corresponde a arenas limosas. Si nos basamos en la norma ASTM D 2487, el comportamiento mecánico y el drenaje es apto para el cambio de tubería y accesorios.
- Al analizar el período de diseño, se identificó que las tuberías no pueden cumplir con los caudales requeridos para la población futura, es por eso que se rediseñó el diámetro de sus tuberías de la siguiente manera
 - Tubería matriz: Ø antiguo:160 mm a Ø de diseño:200 mm
 - Tubería secundaria: Ø antiguo:110 AC mm a Ø de diseño:110 mm
 - Tubería de ramificaciones: Ø antiguo:110 AC mm a Ø de diseño:63 mm

Cabe recalcar que toda la tubería de rediseño es de PVC y con los diámetros mencionados se pudo optimizar el diseño, tomando en cuenta el factor económico. El sistema de abastecimiento del Club Los Chillos funciona mediante gravedad, es fundamental reubicar la válvula rompe presión ya que la cota en la que se encuentra los tanques de almacenamiento es de 2624 msnm y el punto más bajo del Club es de 2541 msnm, teniendo una diferencia de nivel de 83m,

esto genera presiones excesivamente altas en los puntos más bajos, es por eso la necesidad de una válvula rompe presión.

- Utilizando la base de datos de rubros y especificaciones técnicas del GADMUR, se pudo concluir que el presupuesto referencial del proyecto es de \$ 408.301,89 dólares americanos.

Recomendaciones

- Disminuir en índice de Aguas No Contabilizadas, mediante un mejor control y mantenimiento de la red de agua potable.
- Implementar un caudalímetro digital en los tanques de almacenamiento, para poder medir día a día el caudal de ingreso y salida con sus respectivas variaciones horarias en cuanto al consumo de agua potable que tiene la población del Club Los Chillos, con esto también se podrá reducir el porcentaje de aguas no contabilizadas.
- Elaborar un cronograma de operación y mantenimiento de todo el sistema de agua potable, ya sean en tuberías, válvulas, sistema de cloración, etc.
 - Mantener el servicio privado en cuanto al estudio de calidad de agua mensual que tiene todo el cantón Rumiñahui.
 - Al momento de la construcción del nuevo sistema de agua potable, revisar a detalle si existen conexiones ilícitas y ubicar donde las hay, para que, a futuro se puedan inspeccionar los mismos predios y no tener pérdidas en la red por este factor.
 - Realizar un proceso de desinfección de los tanques de almacenamiento cada 6 meses en todos sus componentes, desde la parte de desinfección

del tanque hasta sus componentes como son las escalerillas de acceso al tanque y las tapas, en la actualidad están llenas de óxido.

- Implementar campañas de concientización en el ahorro de agua potable, desde el consumo directo de la población, hasta la adquisición de aparatos hidrosanitarios de ahorro, como: inodoros de 16 lt a inodoros de 5 lt, lavamanos, lavaplatos, duchas, etc.

Esto ayudara a disminuir el porcentaje de agua desperdiciada por usuarios.

- Construir de manera inmediata el rediseño de la red de agua potable, mencionado en este proyecto, para evitar pérdidas tan elevadas. Cabe mencionar que el rediseño de esta red fue realizado en base a tuberías y accesorios común en el mercado y de rápido acceso al Municipio de Rumiñahui.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fernández, D., Solís, H., & Basani, M. (2018). *Evolución reciente y perspectivas de los servicios de agua potable y alcantarillado en Ecuador*. Quito.
- GADMUR . (2020 - 2025). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial Cantón Rumiñahui 2012 - 2025, Actualización 2020 - 2025*. Rumiñahui .
- GADMUR. (2014-2019). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial Cantón Rumiñahui 2012-2025*.
- García Román, E., & Padrón Bustos, P. (2016). *APLICACIÓN DE EVALUACIÓN TÉCNICO VISUAL EN ESTRUCTURAS DE VIVIENDA ANTE FENÓMENOS NATURALES EN EL SECTOR CLUB LOS CHILLOS, CALLE ANTURIOS HASTA LA INTERSECCIÓN DE LA CALLE DE LA ROSA*. Quito.
- INEC, I. N. (2015). *Encuesta de Condiciones de Vida Ronda VI 2013-2014*. Quuito.
- INEN. (1982). *INEN 985, Agua potable. Determinación del fluoruro Método de Spadns*. Quito.
- INEN. (1983). *INEN 970, Agua potable. Determinación del color* . Quito.
- INEN. (1983). *INEN 971, Agua potable. Determinación de la turbiedad, método nefelométrico* . Quito.
- INEN. (1983). *INEN 973, Agua potable. Determinación del pH*. Quito.
- INEN. (1984). *INEN 975, Agua potable. Determinación de nitrógeno de nitratos*. Quito.
- INEN. (2014). *NTE INEN-ISO 7393, Calidad del Agua. Determinación de cloro libre y de cloro total* . Quito.

INEN. (2016). *INEN 1529, CONTROL MICROBIOLÓGICO DE LOS ALIMENTOS. DETECCIÓN Y RECUENTO DE ESCHERICHIA COLI PRESUNTIVA POR LA TÉCNICA DEL NÚMERO MÁS PROBABLE*. Quito.

Jiménez Terán, J. M. (s.f.). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario*. Xalapa.

MIES. (2009). *REGLAMENTO DE PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS*.

SENAGUA. (1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*.

SENAGUA. (2012). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Quito.

SENAGUA. (2018). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. Ecuador. Obtenido de <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/norma-co-10-7-602-poblacion-mayor-a-1000-habitantes.pdf>

Torres, W. A. (2014). *Evaluación, diagnóstico y rediseño del sistema de agua potable para el barrio San Fernando, parroquia Sangolquí, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha*. Quito.

ANEXOS

- ANEXO 1. Solicitud GADMUR – ESPE
- ANEXO 2. Resumen de Castro de agua potable del Club Los Chillos
- ANEXO 3. Encuesta Socioeconómica
- ANEXO 4. Cálculo de la población actual
- ANEXO 5. Cálculo de Dotación 2017 – 2020
- ANEXO 6. Cálculo de Caudales por nodos y áreas de consumo
- ANEXO 7. Resumen de la Evaluación del sistema actual de agua potable
- ANEXO 8. Comparación de la calidad del agua
- ANEXO 9. Cálculo de los caudales de diseño
- ANEXO 10. Cálculo de los caudales futuros por nodos y áreas de consumo
- ANEXO 11. Cálculo de factores de variación de caudal para análisis en periodo extendido
- ANEXO12. Estudio de suelos
- ANEXO 13. Presupuesto Referencial
- ANEXO A. Modelo del sistema actual de agua potable – EPANET
- ANEXO B. Modelo del rediseño de agua potable – EPANET
- ANEXO C-1 – 5 Planos del catastro actual de agua potable del Club Los Chillos
- ANEXO D-1 – 5 Planos de las áreas y nodos de consumo de agua potable del Club Los Chillos
- Anexo E-1 – 8 Planos del rediseño de agua potable del Club Los Chillos.