

Calidad del agua potable y funcionamiento de su red de distribución: un análisis de caso en Ecuador

Marcos Javier Vera Vera^{1*}; José Miguel Giler Molina²;
Kevin Alexander Patiño Alonzo²; Fabricio Enrique Alcívar Intriago³

Resumen

El objetivo de esta investigación fue analizar el funcionamiento y calidad de agua en la red de distribución de agua potable de la parroquia Canuto basado en el Código ecuatoriano de construcciones sanitarias y la norma INEN 1108. La metodología se desarrolla en varias fases que incluyen la evaluación de los parámetros de calidad del agua durante los meses de septiembre, noviembre y enero; además se efectuaron ensayos de la presión del sistema actual para desarrollar un diseño hidráulico basado en las características del agua cruda y en pruebas de tratabilidad realizadas en laboratorio. Como resultado, se describe un sistema que incluye una línea de tratamiento que consta de mezcla rápida, floculación, sedimentación de alta tasa, filtración de tasa declinante y lavado mutuo y desinfección a base de cloro gas. El diseño propuesto cumple a cabalidad con la optimización del sistema de conducción principal garantizando el abastecimiento de agua potable de buena calidad.

Palabras claves: agua potable, diseño hidráulico, distribución, parámetros de calidad.

Quality of drinking water and operation of its distribution network: a case analysis in Ecuador

Abstract

The aim of this study was to assess the operation and quality of water in the Canuto parish's drinking water distribution network using the Ecuadorian Code of Sanitary Constructions and the INEN 1108 standard. The methodology is developed in phases, beginning with the evaluation of water quality parameters in September, November, and January. Pressure tests on the current system were also conducted to develop a hydraulic design based on raw water characteristics and laboratory treatability tests. As a result, a system is presented that incorporates a treatment line with rapid mixing, flocculation, high rate sedimentation, declining rate filtration, and mutual washing and disinfection using chlorine gas. The proposed design is entirely. The proposed design fully complies with the optimization of the main conduction system, ensuring the provision of high-quality drinking water.

Keywords: drinking water, hydraulic design, distribution, quality parameters.

Recibido: 13 de febrero de 2024

Aceptado: 12 de agosto de 2024

¹ mjvera@espam.edu.ec; Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López

² jose.giler@espam.edu.ec; Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López

³ kevin.patino@espam.edu.ec Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López

⁴ falcivar@espam.edu.ec Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López

*Autor para correspondencia: mjvera@espam.edu.ec

I. INTRODUCCIÓN

La calidad del agua potable es un problema serio que afecta a todos los países del mundo que están desarrollados o que no lo están sin embargo la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha puesto énfasis en los agentes infecciosos, los productos químicos tóxicos y la contaminación radiológica que son factores que intervienen gravemente en la salud de la población. (OMS, 2018). Así, la finalidad de las guías de calidad de agua de la OMS es generar normas y reglamentos nacionales que puedan aplicarse y hacerse cumplir fácilmente para proteger la salud pública. Estas estrategias pueden incluir normas nacionales o regionales basándose en la información científica, para definir límites es preferible considerar los valores las condiciones locales o nacionales de tipo medioambiental, social, económico y cultural (OMS, 2018). La garantía sanitaria que se debe dar tiene que tener una completa amplitud para que el consumo del agua está libre de cualquier contaminante perjudicial para la salud, y hacen necesaria una protección legal desde el punto de captación del recurso hasta que el agua es suministrada a los consumidores (Gómez-Gutiérrez et al., 2016).

Es importante tener en consideración que todas las aguas naturales contienen varios contaminantes que provienen de la erosión, la lixiviación y los procesos de la intemperie. A esta contaminación natural se agrega aquella causada por aguas residuales de origen doméstico o industrial. En la naturaleza, toda agua contiene algunas impurezas. A medida que el agua fluye en los arroyos, se estanca en los lagos, y se filtra a través de capas de suelo y roca en la tierra, disuelve o absorbe las sustancias con las cuales hace contacto. Algunos contaminantes provienen de la erosión de formaciones de rocas. El agua pura es un recurso renovable, sin embargo, puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino más bien dañina para la salud.

En la antigüedad, las enfermedades propagadas por el agua potable contaminada con materia fecal diezmaron la población de ciudades enteras. Incluso actualmente, el agua insalubre contaminada por fuentes naturales o humanas sigue causando grandes problemas a las personas que se ven obligadas a usarla, tanto para beber

como para la irrigación de hortalizas y otras plantas comestibles crudas. Aunque hay todavía epidemias ocasionales de enfermedades bacterianas y virales causadas por agentes infecciosos transportados en el agua potable, como el cólera, la poliomielitis y otras, las enfermedades propagadas por ella, en general el agua potable bien tratada con tecnología se encuentra libre de los agentes causantes de enfermedades que eran contaminantes muy comunes del agua hace sólo unas décadas (Baque Mite et al., 2016).

Bajo este contexto, el fin de dar tratamiento al agua es la eliminación de sustancias no deseadas frecuentemente halladas en el agua. La aplicación incorrecta de un tratamiento de agua puede generar desde la proliferación de múltiples enfermedades hasta el deterioro completo de un ecosistema, y la degradación de los ambientes asociados. A su vez la mala calidad de un servicio público va generando una degradación socioeconómica en una población por lo que el presente documento busca proporcionar un conocimiento detallado del funcionamiento hidráulico de la red y la calidad del agua que se está distribuyendo a la población por lo que se lograra obtener un mejor control de la calidad y una operación más eficiente del agua.

En Ecuador, especialmente en las zonas rurales se evidencia la poca disponibilidad de agua apta para consumo humano, por encontrarse geográficamente alejadas de las ciudades, además de las condiciones de pobreza son predominantes. Al no disponer de agua potable se ven en la necesidad de utilizar el agua de las vertientes naturales, pozos profundos o acopio agua de lluvia en diferentes tipos de recipientes, la mayor preocupación sobre la seguridad del agua es ahora la presencia potencial de contaminantes químicos. Éstos pueden incluir productos químicos orgánicos e inorgánicos y metales pesados, procedentes de fuentes industriales, agrícolas y de la escorrentía urbana (Lucas & Carreño, 2018).

La demanda de los recursos hídricos motivada por el crecimiento de la población, deforestación, degradación de los suelos, pérdida de la capa vegetal, industrialización y otros, hacen que el líquido vital destinado al abastecimiento público deba ser buscado como agua subterránea o de fuentes superficiales a distancias cada vez

mayores, lejos de la actividad del ser humano por lo que se presenta un caso correspondiente al abastecimiento de agua potable de la parroquia Canuto del cantón Chone. La planta y la red de distribución tiene 10 años construida (Yessenia et al., 2019); sin embargo, el tratamiento que se le da al agua para el consumo humano no es ideal, además el funcionamiento de la misma no es el adecuado según el CCE-IX - Obras Sanitarias. Así, el objetivo de esta investigación fue analizar el funcionamiento y calidad de agua en la red de distribución de agua potable de la parroquia Canuto basado en el Código ecuatoriano de construcciones sanitarias y la norma INEN 1108 para realizar un plan de acciones correctivas y los resultados se evalúan a través de distintos indicadores establecidos en las normas anteriormente mencionadas.

II. DESARROLLO MATERIALES Y MÉTODOS

• Enfoque de la investigación

La presente investigación es de enfoque cuantitativo ya que concuerda con Cadena-Iñiguez et al. (2017) quienes definen que “la investigación cuantitativa es aquella donde se recogen y analizan datos cuantitativos, por su parte la cualitativa evita la cuantificación”. De igual manera (Hernández Sampieri et al., 2014) indican que el enfoque cuantitativo utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente.

La investigación cuantitativa nos ofrece la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, nos otorga control sobre los fenómenos basados en conteo y frecuentemente

en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento de un suceso de estudio.

• Tipo de investigación

El tipo de investigación utilizado es descriptivo debido a que se adapta a la idea para realizar el análisis y la comprensión de los datos de manera más precisa por lo que concuerda con la opinión de González (2016) que define a la investigación descriptiva que tiene como objetivo es describir el estado, las características, factores y procedimientos presentes en fenómenos y hechos que ocurren en forma natural, sin explicar las relaciones que se identifiquen. El propósito de usar la investigación descriptiva es de poder especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. En esta investigación se va a analizar las muestras obtenidas de la red de distribución de agua potable, en los diferentes puntos de la ciudad de Canuto.

• Ubicación y caracterización

La presente investigación se llevó a cabo en la parroquia Canuto que pertenece al cantón Chone (figura 1), provincia de Manabí, está ubicado a 12 Km al sur oeste de la ciudad de Chone, aproximadamente en las coordenadas 80°7'29" Longitud Oeste y 0°47'45" Latitud Sur. Canuto es la parroquia rural más grande del cantón Chone, cuenta con 11035 habitantes. El clima en verano oscila entre 23 y 28 grados y en invierno hasta 34 grados.

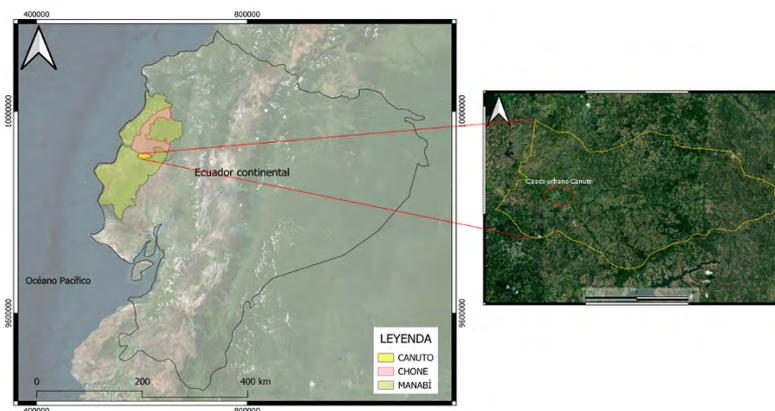


Figura 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio.

Fuente: Elaboración propia

• **Muestra**

Para la toma de muestra se utilizó frascos de plástico esterilizados de 1000 ml, estos se transportaron al laboratorio en un equipo climatizado para el transporte de muestras. En el muestreo es necesario ocupar equipo de protección

personal: mandil, mascarilla, guantes y cofia, con el objetivo de evitar una contaminación cruzada. La muestra se obtuvo de la red en los lugares más alejados para determinar la degradación de la calidad del agua (figura 2).

Tabla 1. Coordenadas de los puntos tomados en la Parroquia Canuto

Descripción	Coordenada X	Coordenada y	Presión
Punto 1 – Planta de tratamiento	595905.00	9910952.00	Sistema a gravedad – presión atmosférica
Punto 2 – red de Distribución	596838.00	9911764.00	7.15 mca
Punto 3 – red de Distribución	597291.00	9911856.00	6 mca
Punto 4 – red de Distribución	597319.00	9912212.00	1 mca

Fuente: Elaboración propia

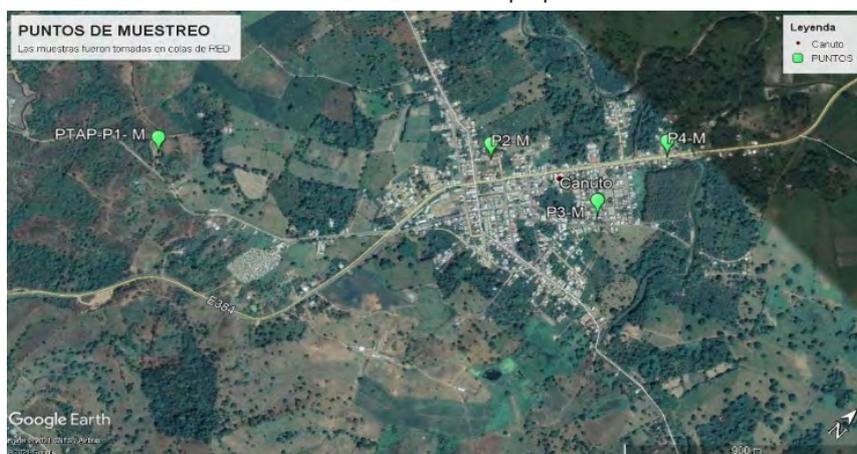


Figura 2. Ubicación de puntos de muestreo.

Fuente: Elaboración propia

• **Técnicas usadas para la obtención de resultados de las muestras.**

Todas las técnicas empleadas para la obtención de resultados están basadas en las Standard

Methods for the Examination of Water and Wastewater (American Public Health Association, 2017) y entre los ensayos aplicados tenemos los siguientes:

Tabla 2. Parámetros evaluados y método empleado

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO
Temperatura	°C	2550B
pH	----	4500-H+B
Turbiedad	NTU	2130B
Color Aparente	U.Pt-Co	2120C
Dureza Total (CO ₃ Ca)	mg/L	2340B
Conductividad Eléctrica	uS/cm	2510 B
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	JF-AF-04
Cloruros	mg/L	4500-Cl- B
Nitritos	mg/L	4500-NO ₂ -
Nitratos	mg/L	4500-NO ₃ -

Sulfatos	mg/L	4500-SO42- C
Cloro libre residual	mg/L	4500 Cl-
Hierro	mg/L	3500-Fe B
Manganeso	mg/L	3500-Mn B
COLIFORMES FECALES	UFC/100ml	9222

Fuente: Elaboración propia

III. RESULTADOS

Para la toma de muestras se efectuaron en diferentes meses como lo fueron septiembre, noviembre del 2020 y enero del 2021 para obtener muestras de las dos diferentes épocas del año de las cuales se presentan en el Litoral.

Dentro de los resultados obtenidos se pudo constatar que el valor de cloro residual siempre

fue cero y se presentaron valores fuera de los rangos establecidos por la NTE INEN 1108 en los parámetros como color aparente (figura 3), turbiedad (figura 4) y hierro (figura 5), también cabe recalcar que el valor de manganeso está fuera de los límites de esta norma sin embargo en su versión anterior se consideraba 0.4 mg/l.

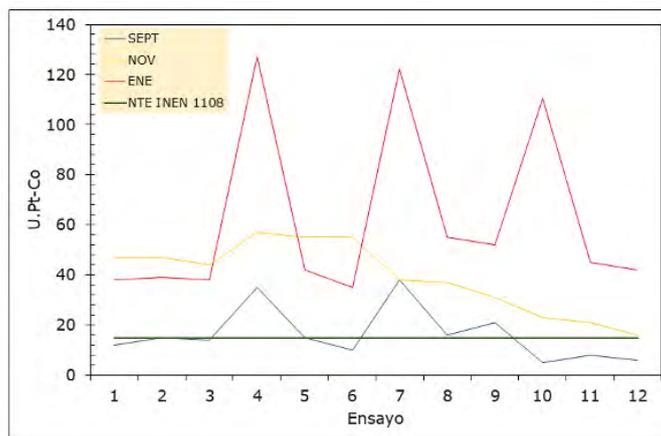


Figura 3. Valores de color aparente
Fuente: Elaboración propia

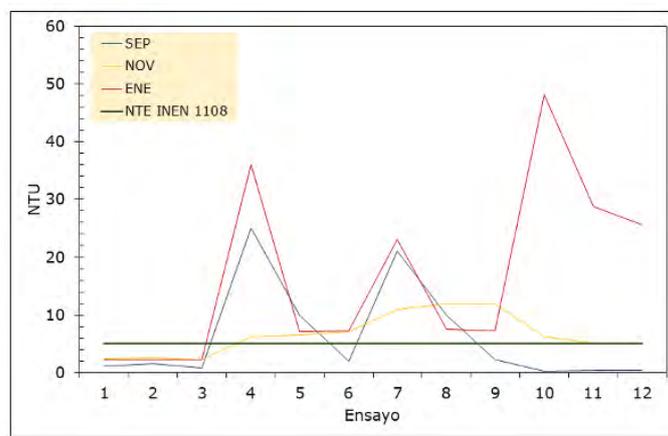


Figura 4. Valores de turbiedad
Fuente: Elaboración propia

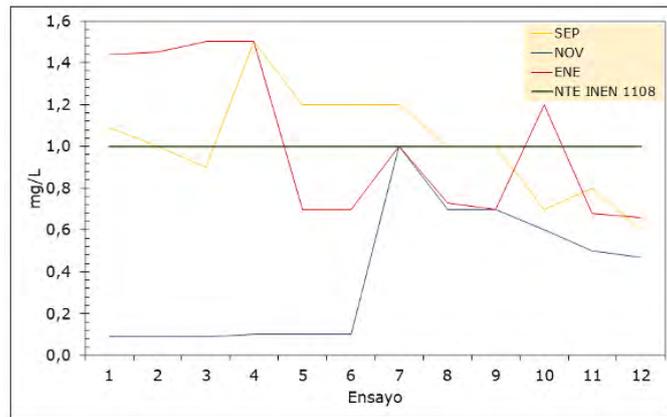


Figura 5. Valores de hierro
Fuente: Elaboración propia

• **Resultados de medición de presión**

Los valores de presión fueron medidos con el equipo **Datalogger para Redes de Agua Potable** en las redes de agua, nos interesa conocer los parámetros más útiles. Estos parámetros son la presión y el caudal, el sistema Metrolog ha sido pensado y diseñado para monitorear el análisis de la presión y el caudal de la red de distribución de agua, por ejemplo, en puntos críticos de la red donde mantener altos niveles de servicio al cliente es esencial. Además, estos dispositivos no requieren engorrosas recargas de baterías ya que se alimentan internamente por un período superior a 5 años.

• **Diseño Datalogger**

El datalogger posee intervalos de grabación

programables los intervalos en que Metrolog almacena los datos medidos es programable, desde 1 segundo hasta 24 horas. También la grabación puede ser gatillada por eventos para el uso óptimo de la memoria. El datalogger (figura 6) es de bajo mantenimiento, la alimentación es provista por baterías internas y el encapsulamiento del sistema es absolutamente hermético. El sistema Metrolog puede permanecer desatendido por extensos períodos de captura de datos. Presenta una gran capacidad de memoria hasta 32.000 lecturas pueden ser almacenadas en la memoria, esto provee más de 3 meses de medición de datos de presión y flujo con intervalos de 15 minutos entre mediciones. La memoria puede trabajar tanto en modo rotativo como en almacenar hasta que se llene.



Figura 6. Datalogger
Fuente: Elaboración propia

• **Mediciones de presión en Canuto**

Se realizaron en total 4 mediciones de presión (figura 7), en distintos lugares de la parroquia Canuto con el objetivo de determinar si se

encuentran la red de Conducción con las presiones de servicios a la ciudadanía, la cual debe oscilar en mínimo 10 mca.

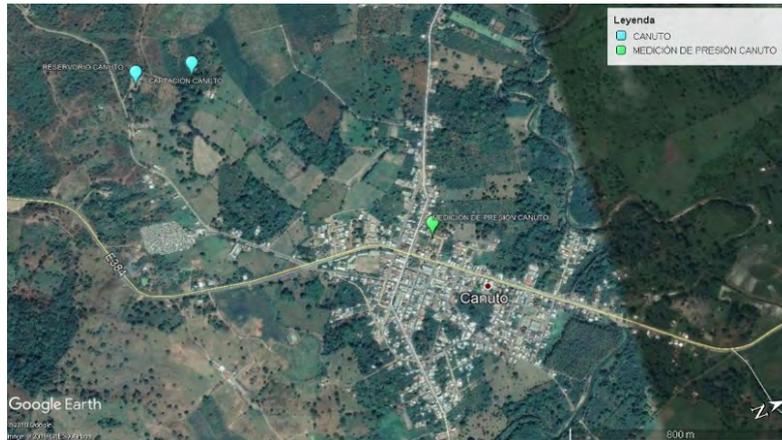


Figura 7. Punto de presión Canuto.
Fuente: Elaboración propia

Se evaluó la presión durante 24 horas en el punto de muestreo 2 (figura 8; figura 9) para determinar si la presión alcanza valores mayores a los establecidos en la norma en los diferentes

horarios, sin embargo, los resultados obtenidos demuestran que inclusive en horarios de bajo consumo la presión no sobrepase lo mínimo establecido por la norma.

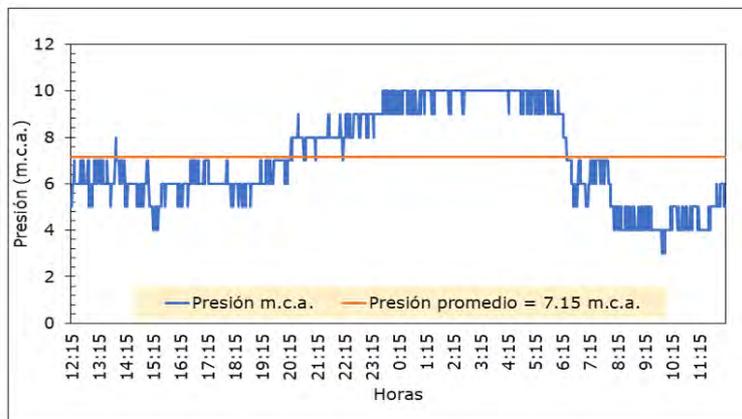


Figura 8. Presión en punto de Muestreo 2
Fuente: Elaboración propia



Figura 9. Implantación Canuto - Puntos de medición
Fuente: Elaboración propia

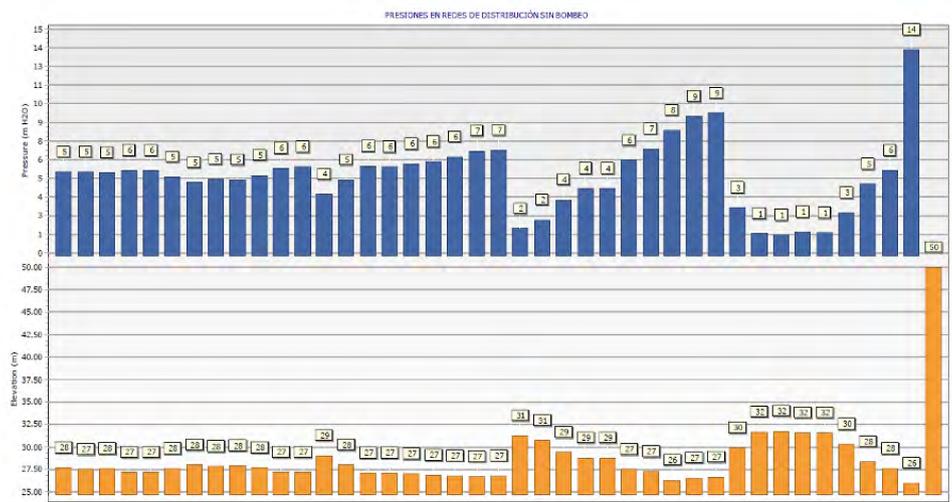


Figura 10. Modelación de red de distribución a gravedad.
Fuente: Elaboración propia

Como se puede constatar al efectuar la modelación (figura 10) se comprueban los datos de campo de medición de presión por lo que se puede concluir que la red de distribución de agua potable no cumple con lo mínimo establecido por la IEOS.

En base a los problemas presentados de una mala calidad en el sistema de desinfección de agua cruda y los problemas de presión por ser un sistema a gravedad se propone la implementación de plantas potabilizadoras prefabricadas en sistemas públicos de agua potable basado en la norma (INEN, 2020) la norma proporciona un conjunto de criterios básicos que permitan la implementación de plantas potabilizadoras prefabricadas de agua, en sistemas públicos de abastecimiento de agua potable, en el territorio ecuatoriano. De manera que se realice dentro de un marco técnico, económico y ambiental, adecuado a la realidad ecuatoriana, y constituya una solución sostenible durante el período de diseño del sistema. Las plantas prefabricadas para la producción de agua potable constituirán una alternativa en los proyectos nuevos o sistemas existentes.

PROPUESTA

• Premisas generales

El diseño hidráulico debe basarse en las características del agua cruda y en pruebas de tratabilidad realizadas en laboratorio, empleando la técnica de ensayos de jarras, para la determinación de los parámetros óptimos de diseño

La caracterización del agua cruda debe proporcionar información suficiente de las principales características físicas, químicas y bacteriológicas, y su variación con respecto al tiempo, por lo menos correspondientes al período invernal. Esta información podrá ser complementada con datos estadísticos de sistemas existentes pertenecientes a las mismas cuencas hidrográficas.

Las muestras para la caracterización y pruebas de tratabilidad del agua deben corresponder a la estación lluviosa y seca del año. La caracterización de las fuentes deberá contemplar al menos los siguientes análisis de calidad del agua cruda: turbiedad, color real, color aparente, pH, dureza, hierro, manganeso y coliformes totales y fecales.

• Línea de tratamiento a darse

Debido a que las aguas superficiales registran grandes variaciones en su calidad es necesario emplear un tratamiento completo (figura 11).

Por lo indicado, el proceso de tratamiento consta de:

1. Mezcla rápida, con un gradiente de velocidad elevado para trabajar con coagulación por adsorción neutralización apropiada para la filtración directa, y que permita utilizar coagulación por barrido para el tratamiento completo
2. Floculación
3. Sedimentación de alta tasa

4. Filtración de tasa declinante y lavado mutuo
 5. Desinfección a base de cloro gas
- El tipo de planta de tratamiento adoptada ha sido dada por el espacio físico con que se cuenta para su implantación, siendo conveniente una planta modular que cumpla con la norma INEN 2655.

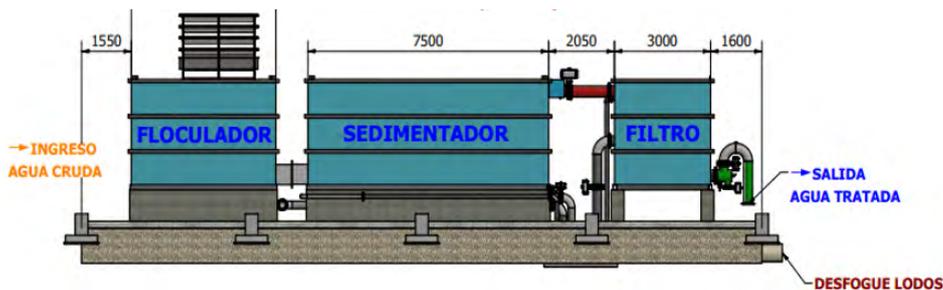


Figura 11. Esquema de planta de tratamiento
Fuente: Elaboración propia

Proyección demográfica:

La población actual para el inicio del período de diseño (2020), se ha determinado en base a la información que maneja el GAD Chone el cual sostiene que es de 4070 habitantes dentro de la zona urbana. De acuerdo a lo explicado anteriormente, el índice de crecimiento determinado para Canuto, es a partir del método geométrico aritmético y exponencial; el cual determinó un promedio para efectuar el diseño posterior.

A partir del año 2020 se determina los índices de crecimiento hasta el año horizonte previsto en este estudio, obteniéndose un índice de crecimiento según la tendencia de crecimiento de la población de los años anteriores e indicados a continuación:

Población urbana asentada al 2020 urb.

Canuto = 4.070,00

Población flotante promedio anual (0%) = 0,00
 Población total = 4.070.00
 Tasa de crecimiento poblacional (INEC) = 1,663%

Cálculo de la población futura

Existen diversos métodos de estimar las poblaciones. Para este caso de estudio, se ha utilizado metodologías que establecen estimaciones que se realizan en base a las siguientes ecuaciones:

- Método Aritmético: $P_f = P_o (1 + r t)$
- Método Geométrico: $P_f = P_o (1 + r)t$
- Método de Curva Exponencial Modificada: $P_f = P_o e^{(r \cdot n)}$

Tabla 3. Cálculo de la población

n	AÑO	Población			
		Aritmético	Geométrico	Exponencial	Promedio
0	2020	4.070	4.070	4.070	4070
1	2021	4.138	4.138	4.138	4138
2	2022	4.205	4.206	4.208	4207
3	2023	4.273	4.276	4.278	4276
4	2024	4.341	4.348	4.350	4346
5	2025	4.408	4.420	4.423	4417
6	2026	4.476	4.493	4.497	4489
7	2027	4.544	4.568	4.572	4561
8	2028	4.611	4.644	4.649	4635
9	2029	4.679	4.721	4.727	4709
10	2030	4.747	4.800	4.806	4784

11	2031	4.815	4.880	4.887	4860
12	2032	4.882	4.961	4.969	4937
13	2033	4.950	5.043	5.052	5015
14	2034	5.018	5.127	5.137	5094
15	2035	5.085	5.212	5.223	5174
16	2036	5.153	5.299	5.311	5254
17	2037	5.221	5.387	5.400	5336
18	2038	5.288	5.477	5.490	5418
19	2039	5.356	5.568	5.582	5502
20	2040	5.424	5.660	5.676	5587
21	2041	5.491	5.755	5.771	5672
22	2042	5.559	5.850	5.868	5759
23	2043	5.627	5.948	5.966	5847
24	2044	5.694	6.047	6.066	5936
25	2044	5.762	6.147	6.168	6026

Fuente: Elaboración propia

• Dotación

Dotación, es la cantidad de agua que una persona requiere para satisfacer sus necesidades domésticas durante el día. Canuto actualmente cuenta con un servicio de agua potable el cual no cubre toda la demanda requerida por la ciudad, y por lo cual se recurre a los valores que recomienda la NORMA CO 10.07-601.

• Determinación de caudales

Los caudales que servirán para el dimensionamiento de las diferentes unidades que forman parte del sistema de agua potable y requerido anualmente hasta el final del período de diseño, se determinan con base a factores máximo diario y máximo horario aplicados al consumo medio diario, los cuales han sido tomados de los valores recomendados en las normas CO 10.07-601. (NEC2011)

• Determinación de consumos

- Consumo medio diario (cmd)=((Dotación media futura x Población diseño))/86.400
- Consumo máximo diario (CMD) = (k máx. diario; k (1.3 - 1.5) oadoptado k=1.4
- Consumo máximo horario (CMH) = (k máx. horario); k (2 - 2.3), adoptado K=2

• Caudales de diseño:

- Caudal de Captación = (QMD)
- Caudal de Conducción = (QMD)
- Caudal de tratamiento = (QMD)
- Caudal de distribución = CMH

La red de distribución será calculada con el caudal máximo horario y verificado con el caudal máximo diario más incendios que para esta ciudad será un caudal de 10 l/s como dotación de agua contra incendios, para un número simultáneo de incendios igual a dos, valor adoptado según la norma CO 10.07-601 (tabla 4).

Tabla 4. Cálculo de caudales

Población futura =	6.026.00	habitantes	
CONSUMO (IEOSS 4.1.5.1.)			
Clima =	2.00	[1]-Frío [2]-Templado [3]-Cálido	
Dotación media futura =	150.00	l/hab/día	(IEOS tabla V.3)
Factor de fugas	1.00		
Qmed =	10.46	l/s	Consumo medio anual diario
Kmáx.día =	1.30	1.3 - 1.5	
Qmáx.día =	13.60	l/s	Consumo máximo diario
Kmáx.hora =	2.00	2.0 - 2.3	
Qmáx.hora =	20.92	l/s	Consumo máximo horario

DOTACIÓN CONTRA INCENDIOS (IEOS tabla V.4)			
Qinc =	10.00	l/s	Dotación por incendios
# Incendios simultaneos =	1.00		
EQUIPAMIENTO			
Equipamientos Varios=	-	l/s	AREA RECREATIVA
CAUDALES DE DISEÑO			
Captación de aguas sup.=	16.32	l/s	Qmax. Dia + 20%
Captación de aguas subt.=	14.28	l/s	Qmax. Dia + 5%
Conducción aguas super.=	14.96	l/s	Qmax. Dia + 10%
Conducción aguas subte..=	14.28	l/s	Qmax. Dia + 5%
Red de distribución =	30.92	l/s	Qmax. Hora + Qinc.
Planta de Tratamiento =	14.96	l/s	Qmax. Dia + 10%

• **Tratamiento**

Del análisis de tratabilidad realizado en la parroquia Canuto, se determina que presenta las siguientes características físicas y químicas:

Se observa que los valores de turbiedad y color sobrepasan los límites máximos permisibles estipulados en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108-2020, por lo tanto, para su remoción se deberá aplicar el tratamiento convencional, que consta de los procesos de coagulación - mezcla rápida, floculación - mezcla lenta, sedimentación, filtración y desinfección.

• **Planta de tratamiento con filtración rápida**

La planta de tratamiento que servirá al sistema de agua potable de la ciudad de Canuto se alimentará con aguas provenientes de 3 pozos y tendrá capacidad para trabajar con un caudal de 14.96 l/s. Todos los cálculos y diseños contemplados en este aparte estarán regidos por las recomendaciones dadas en el REGLAMENTO TÉCNICO IEOS y las normas técnicas ecuatorianas INEN 2655 - INEN 1108.

• **Propuesta de una planta potabilizadora modular de agua de 20 lps**

1. **Generalidades**

La planta de tratamiento de 20 lps será

fabricada en ACERO NAVAL norma ASTM A-131 y estará compuesta por 1 unidad de 20 litros por segundo; contando con un total de 4 módulos; los mismos que se encuentran dispuestos de la siguiente manera:

- 1 módulo como Desarenador (2 m de largo x 2 m ancho x 3 m de alto)
- 1 módulo de Floculación (3 m de largo x 3 m ancho x 3 m de alto)
- 1 módulo de Sedimentación (6 m de largo x 3 m ancho x 3 m de alto)
- 1 módulo de Filtración (cada filtro subdividido en dos secciones; 1 m de largo x 3 m ancho x 3 m de alto)

Esta planta será modular compacta, tipo elevada y de forma rectangular (figura 12), de fácil instalación y operación; dando un alto rendimiento para tratar 20 litros por segundo y que realizará en forma continua y simultánea las operaciones de: Regulación y control de caudal, Desarenador, Oxigenación dinámica hidráulica tipo Venturi, Coagulación y mezcla rápida (Canaleta Parshall), Atenuación – Distribución, Mezcla lenta mecánica, Floculación, Pre-sedimentación secundaria (equalizador), Sedimentación de alta tasa, Filtración de flujo descendente y Desinfección, con parámetros de diseño para tratar aguas con turbiedades hasta de 800 NTU, Color hasta 200 sólidos UCV, alto contenido de coliformes.



Figura 12. Propuesta de diseño de la planta
Fuente: Elaboración propia

Para efecto de los cálculos hidráulicos se tomará una sola unidad de 20 l/s

La planta debe contar con 11 procesos de tratamiento, que se indican a continuación:

1. Regulación y Control de caudal
2. Desarenador
3. Oxigenación dinámica hidráulica tipo Venturi.
4. Coagulación mediante CANALETA PARSHALL
5. Atenuador – Distribuidor
6. Mezcla lenta mecánica
7. Floculador de flujo vertical
8. Pre sedimentador secundario - equalizador
9. Sedimentador de alta tasa (MÓDULOS DE ABS)
10. Filtro rápido ascendente, con estabilizador de nivel
11. Desinfección automática mediante cloro gas.
12. Panel de control.

• **Características estructurales de la planta**

De acuerdo con el lugar de emplazamiento de la planta su estructura cumplirá con las siguientes características: Desarenadores - floculadores - sedimentadores - filtros

MATERIAL: Acero naval ASTM A-131 de 4 - 6mm de espesor.

- Bases de las cubas de tubo Rectangular de 150 x 100 x 4 mm.
- Refuerzos laterales de la planta de tubo cuadrado de 100 x 100 x 4 mm.
- Las divisiones interiores del tanque, en las que están el laberinto vertical de

floculación, la cámara de disparo del agua al sedimentador, las paredes inclinadas del sedimentador, se usarán láminas de acero naval de 4mm de espesor.

- Pintura y fondo epóxico aprobada por la FDA de EEUU, interiormente.
- Exteriormente fondo epóxico y recubrimiento de uretano.
- Andarivel metálico de inspección, con plancha corrugada de aluminio de 3mm de espesor.
- Pasamano de tubo redondo de 1 1/2 pulgadas de 1.5mm de espesor
- Grada metálica con peldaños de lámina corrugada de hierro negro de 3 mm de espesor, con tubos laterales rectangulares de 150 x 50 x 2 mm de espesor y pasamano de tubo redondo de 1 1/2 pulgadas de 1.5mm de espesor, ancho de grada de 0,70 metros, y distancia de peldaño a peldaño de 0,30 metros, profundidad de peldaño de 0,17metros.
- Purgadores bridados de losodos de floculación, pre-sedimentador y sedimentación de 4”.
- Colector de lodos del sedimentador, boquete de 4”, colectores individuales de 8” y matriz de 12”.
- Colector de lodos del pre-sedimentador, boquetes de 4”, matriz de 6” y salida de 4”.
- Espiga de pez, matriz de 12” HD y brazos de 11/2 PVC.
- Distribuidor de 12”
- Saxofón de 8”.

MATERIAL: Acero inoxidable

- Canaleta Parshall, con sistema de medición de caudal incorporado de cloruro de

polivinilo, con sistema de medición de caudal incorporado.

- Colector de agua sedimentada hacia el filtro.
- Canal recolector de agua de retrolavado.

Regulación y control de caudal

Sistema de bloqueo y control de caudal de ingreso de agua cruda hacia la Planta de Tratamiento (figura 13), este sistema está conformado por:

- Válvula de bloqueo.
- Válvula de regulación de flujo tipo compuerta



Figura 13. Válvulas de regulación y control de caudal.

Definición de Coeficiente de Caudal

Cuando el flujo pasa a través de una válvula u otro dispositivo restrictivo pierde una energía. El **coeficiente de caudal** es un factor de diseño que relaciona la diferencia de altura (Δh) o presión (ΔP) entre la entrada y salida de la válvula con el caudal (Q).

$$Q = K \sqrt{\frac{\Delta P}{SG}} \quad (1)$$

$$Q = Kv \sqrt{\Delta P / SG} \quad (1)$$

Q: Caudal

ΔP : Diferencia de presión

Sg: Gravedad específica (1 para agua)

K: Coeficiente de caudal Kv o Cv

Cada válvula tiene su propio coeficiente de caudal. Éste depende de cómo la válvula ha sido diseñada para dejar pasar el flujo a través de ella. Por consiguiente, las mayores diferencias entre diferentes coeficientes de caudal provienen del tipo de válvula, y naturalmente de la posición de apertura de la válvula.

Puede ser importante conocer el coeficiente de caudal para poder seleccionar la válvula que se necesita en una específica aplicación. Si la válvula va a estar la mayor parte del tiempo abierta,

posiblemente interesará elegir una válvula con poca pérdida de carga para poder ahorrar energía. O si se trata de una válvula de control, el rango de coeficientes de caudal en las diferentes posiciones de apertura tendría de permitir cumplir las necesidades de regulación de la aplicación.

En igualdad de flujo, contra mayor es el coeficiente de caudal, las pérdidas de carga a través de la válvula son menores.

La industria de las válvulas ha estandarizado el coeficiente de caudal (K). Este se referencia para agua a una determinada temperatura, y unidades de caudal y diferencia de presión también específicas. Un mismo modelo de válvula tiene un coeficiente de caudal (K) distinto para cada diámetro.

Kv es el coeficiente de caudal en unidades métricas. Se define como el caudal en metros cúbicos por hora [m³/h] de agua a una temperatura de 16° Celsius con una caída de presión a través de la válvula de 1 bar.

Cv es el coeficiente de caudal (figura 14) en unidades imperiales. Se define como el caudal en galones US por minuto [gpm] de agua a la temperatura de 60° fahrenheit con una caída de presión a través de la válvula de 1 psi.

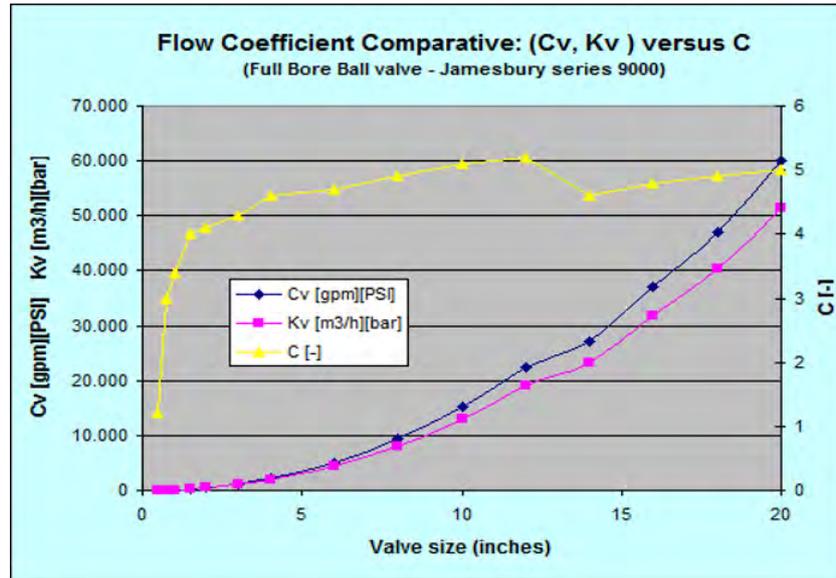


Figura 14. Referencias de Coeficientes de Caudal.
Fuente: INTAL

Tabla 5. Coeficiente de caudal

Tipo de válvula	Coeficiente de Caudal (válvula toda abierta)			Referencia
	C [-]	Cv [gpm] [psi]	Kv [m ³ /h] [bar]	
Válvula Anular	÷	÷	÷	-
Válvula de Bola	4.7	5100	4370	Jamesbury series 9000 full bore 6" dn
Válvula de Mariposa	÷	÷	÷	-
Válvula de Diafragma (Weir)	0.64	690	597	ITT Dia-Flo Plastic Lined 6" dn
Válvula de Diafragma (Straightway)	1.3	1400	1211	ITT Dia-Flo Plastic Lined 6" dn
Válvula de Compuerta	2.67	2484	2873	FNW valve class 150 6" dn
Válvula de Globo	÷	÷	÷	-
Válvula de Cono Fijo	0.86	3700	3200	Henry Platt 12" dn
Válvula de Aguja	÷	÷	÷	-
Válvula tipo "macho"	÷	÷	÷	-
Válvula tipo Pinch	÷	÷	÷	-
Válvula de retención Duck-Bill	1.0	4300	3700	EVR CPF/CPO 300mm dn
Válvula Esférica	÷	÷	÷	-
Válvula de retención Tilting disc	0.93	1160	1003	Val-matic 6" dn

(*) Agua (1000kg/m3) como densidad de referencia para calcular equivalencia entre C y Cv KV

• **Desarenador**

Sistema de evacuación de arenas y sólidos sedimentables de manera automática.

Desarenador de flujo ascendente con velocidad eculizada, con sistema recolector de lodos con pantallas colocadas a 60 grados y evacuación de lodos con aprovechamiento de carga hidráulica.

Este equipo dispone de módulos de las

siguientes características

- Módulos de sedimentación acelerada de ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno) de 0,7 mm de espesor, con celdas cuadradas de 5 x 5 cm de 53 cm de alto en color BLANCO.

Volumen del sedimentador

$$V_{\text{sedimentador}} = L \times A \times H = 2 \times 2 \times 3 = 12 \text{ m}^3$$

Tiempo de Permanencia en el pre sedimentador

$$t = \frac{vol}{Q}$$

$$t = \frac{12m^3}{0,020m^3/s}$$

$$t = 600 \text{ segundos} = 10 \text{ minutos}$$

$$10 \text{ minutos} < 10 \text{ minutos} > 20 \text{ minutos}$$

Para una eficaz sedimentación se considera una velocidad ascensional de 1,0 a 1,4 mm/s apoyado por seditubos de ABS cuya función es equalizar la velocidad ascensional garantizando así la precipitación efectiva de los flocs.

La velocidad ascensional depende de la sección de la cuba y para determinarla utilizaremos la siguiente formulación:

$$v = \frac{Q}{S}$$

En donde:

v = Velocidad (mm/s)

Q = Caudal (m³/s)

S = Sección (m²)

Aplicando la fórmula, tenemos:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{0,020}{2 \times 2} = 0.005m/s = 5 \text{ mm/s}$$

El rango de una buena velocidad ascensional en el sedimentador está comprendido entre un rango de 1 mm/sg a 1.4mm/sg.

$$1 \text{ mm/sg} < 5 \text{ mm/sg} > 10 \text{ mm/sg}$$

• **Oxigenador dinámico mediante energía hidráulica**

Equipo ubicado en la línea de ingreso de agua, el mismo que trabajará con una presión de trabajo mínimo de 10 PSI, el Oxigenador deberá insuflar aire del ambiente hacia el agua de manera forzada (figura 15).

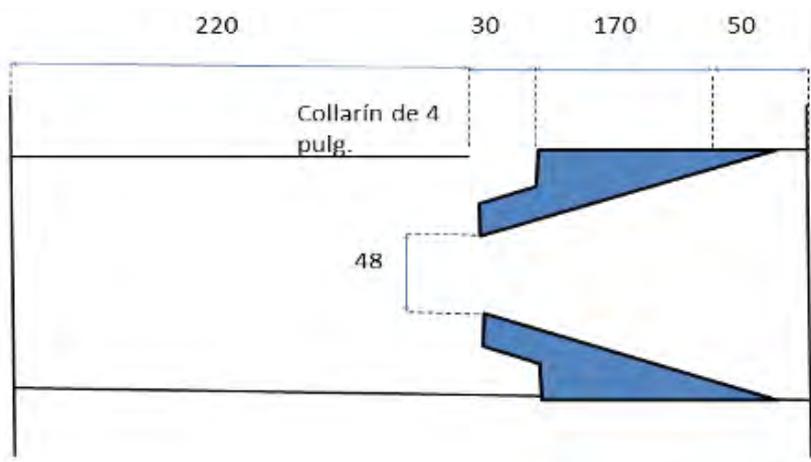


Figura 15. Esquema del oxigenador dinámico.

$$S = \pi r^2 = \pi(2,4)^2 = 18,08 \text{ cm}^2$$

$$Q_{\text{mín}} = S(0,7) = 18,08(0,7) = 12,65 \text{ L/s}$$

$$Q_{\text{máx}} = Q_{\text{mín}}(2,6) = 12,65(2,6) = 32,89 \text{ L/s}$$

• **Aireación**

Sistema de bandejas perforadas, diseñadas para lograr una adecuada distribución y contacto con el aire ambiental (figura 16).

Cinco bandejas fabricadas en acero inoxidable ubicadas en la parte superior del Floculador.

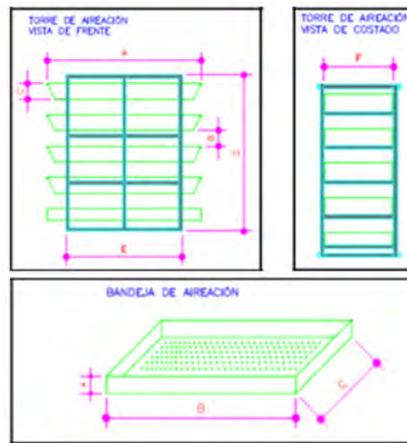


Figura 16. Bandejas del sistema de aireación

• **Mezcla rápida y coagulación tipo “canaleta Parshall”**

Se propone como estructura de aforo y medición de caudal, una Canaleta Parshall, como se detalla a continuación:

La canaleta Parshall cumple un doble propósito en las plantas de tratamiento de agua, de servir de medidor de caudales y en la turbulencia que se genera a la salida de esta, servir de punto de aplicación de coagulantes. Es uno de los

aforadores críticos más conocidos, introducida en 1920 por R. L. Parshall. En la figura 17 se muestra esquemáticamente la canaleta, la cual consta de una contracción lateral que forma la garganta (W), y de una caída brusca en el fondo, en la longitud correspondiente a la garganta, seguida por un ascenso gradual coincidente con la parte divergente. El aforo se hace con base en las alturas de agua en la sección convergente y en la garganta, leída por medio de piezómetros laterales.

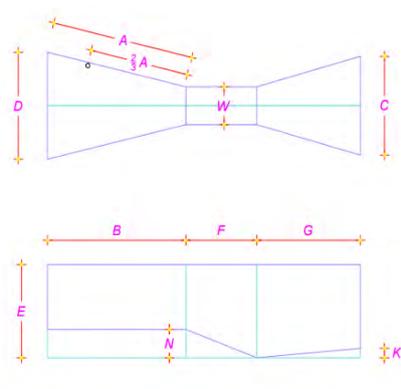


Figura 17. Canaleta Parshall.

Fuente: INTAL

La canaleta no debe trabajar ahogada (figura 18), o sea que la relación H_b/H_a no exceda los siguientes valores:

Tabla 6. Relación H_b/H_a

Ancho de garganta	Máxima sumergencia (H_b/H_a)
7,5 (3") a 22,9 (9")	0,6
30,5 (1') a 244 (8')	0,7
305 (10') a 1525 (50')	0,8

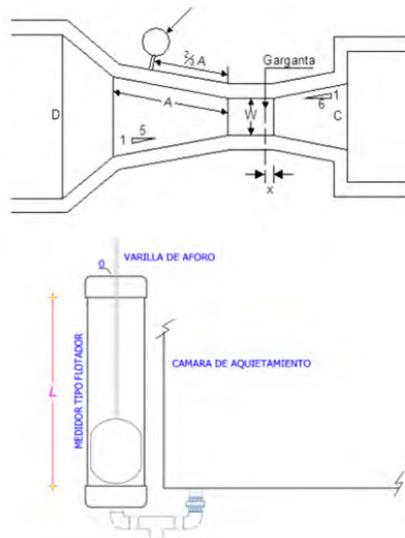


Figura 18. Caudalímetro hidráulico por flotación.
Fuente: INTAL

Tabla 7. Dimensiones del caudalímetro por flotación

Modelo de canaleta Parshall	Dimensión "L"
6"	300mm < 30 L/s

Determinación del ancho de garganta: ancho de garganta $W = 6'' = 0,152 \text{ m} < 0,3\text{m}$,
Para un $Q = 0,020\text{m}^3/\text{s} = 20 \text{ L/s}$ se tiene un CUMPLE.

Tabla 8. Dimensiones de la canaleta Parshall

6"	(medidas en cm)											L/s
	W	A	2/3 A	B	C	D	E	F	G	K	N	Caudales
	15,24	62,5	41,50	61	39,7	40	60	30,5	46	7,6	11,4	1,53 - 116
Exponente: n										1,58	-	
Coficiente: k										0,381	-	
Long. paredes sección convergente										A	0,625	m
Longitud sección convergente										B	0,610	m
Ancho de la salida										C	0,397	m
Ancho entrada sección convergente										D	0,400	m
Profundidad total										E	0,600	m
Longitud de la garganta										F	0,305	m
Longitud de la sección divergente										G'	0,460	m
Long. Paredes sección divergente										K'	0,760	m
Dif. de elevac entre salida y cresta										N	0,114	m

La canaleta Parshall (figura 19) debe disponer de los siguientes componentes:

- Regulador
- Cámara de aquietamiento
- Medidor de caudal mediante medidor - flotador de vasos comunicantes.

- Zona de inyección de químicos y coagulación
- Mecanismo de regulación de nivel de resalto hidráulico

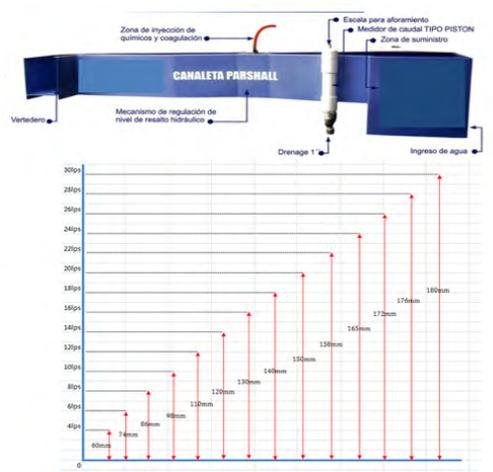


Figura 19. Canaleta Parshall.
Fuente: INTAL

Accesorios:

- Regulador
- Cámara de aquietamiento
- Medidor de caudal mediante medidor - flotador de vasos comunicantes.
- Zona de inyección de químicos y coagulación
- Mecanismo de regulación de nivel de resalto hidráulico
- Mezcla lenta mecánica
- La planta dispondrá de un sistema mecánico de mezcla lenta, mediante un motor reductor de 1 HP y velocidad variable controlada electrónicamente de 1 a 30 RPM con eje de acero inoxidable y dos turbinas de acero inoxidable de 8 paletas c/u (figura 20).
- Velocidad de agitación: 1 – 30 rpm
- Gradiente de velocidad: 101s-1
- Tiempo de mezcla: 60 segundos



Figura 20. Motor reductor.

• **Floculador de flujo vertical**

Floculador tipo vertical de 16 compartimentos de 40.5m³ de volumen y tiempo de retención de 25,00 minutos a 30,00 minutos.

$$V_{\text{floculador}} = L \times A \times H = 3 \times 3 \times 3 = 27 \text{ m}^3$$

Tiempo de permanencia en el floculador

$$t = \frac{\text{vol}}{Q}$$

$$t = \frac{27 \text{ m}^3}{0,020 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$t = 1350 \text{ segundos} = 22,5 \text{ minutos}$$

$$20 \text{ minutos} < 22,5 \text{ minutos} > 30 \text{ minutos}$$

Para la formación de los Flocs se dispone de una velocidad ascensional o desensional entre 30mm/s a 50mm/sg, por lo que se diseñan 16 compartimentos de 0,75m x 0,75m.

Velocidad en cada ducto de flujo vertical (75 x 75 cm):

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{0,020}{(0,75 \times 0,75)} = 0,0355 \text{ m/s} \\ = 35,58 \text{ mm/s}$$

$$30 \text{ mm/s} < 35,58 \text{ mm/s} > 50 \text{ mm/s}$$

• **Cámara de pre-sedimentación secundaria (ecualizador)**

Presedimentador secundario para ecualizar la velocidad de ingreso de agua al sedimentador.

- Purgas de evacuación de lodos de 4"
- Tubería colectora de 4", matriz de 6", de tubería de vapor de agua sin costura de cedula 20

$$V_{\text{pre sedimentador}} = L \times A \times H \\ = 0,38 \times 3 \times 3 = 3,42 \text{ m}^3$$

Tiempo de permanencia en el presedimentador

$$t = \frac{vol}{Q}$$

$$t = \frac{3,42 \text{ m}^3}{0,020 \text{ m}^3/\text{s}} = 171 \text{ s} = 2,85 \text{ min}$$

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{0,020}{(0,38 \times 3)} = 17,57 \text{ mm/s}$$

• **Sedimentación de alta tasa**

Sedimentador de flujo ascendente con velocidad ecualizada de 1,2 mm/s, con sistema recolector de lodos con pantallas colocadas a 60 grados, y evacuación de lodos con aprovechamiento de carga hidráulica (figura 21).

El sedimentador debe disponer de módulos de las siguientes características:

- Módulos de sedimentación acelerada de ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno) de 0,7 mm de espesor, con celdas cuadradas de 5 x 5 cm de 53 cm de alto en color blanco.

El ABS es un terpolímero que contiene varios monómeros: Acrilonitrilo, Butadieno y Estireno. Cada uno de estos tres componentes confiere al compuesto final determinadas características:

- Acrilonitrilo: Ofrece estabilidad térmica y aumenta la resistencia química
- Butadieno: Ofrece tenacidad en base de la temperatura
- Estireno: Ofrece brillo y mejora la estampabilidad.



Figura 21. Sedimentación de alta tasa

Otros componentes

- Purgas de evacuación de lodos del sedimentador de 4"
- Tubería colectora de 4", matriz de 10" de tubería de vapor de agua sin costura de cedula 20

$$V_{\text{sedimentador}} = L \times A \times H = 6 \times 3 \times 3 \\ = 54 \text{ m}^3$$

Tiempo de permanencia en el sedimentador

$$t = \frac{vol}{Q}$$

$$t = \frac{54 \text{ m}^3}{0,020 \text{ m}^3/\text{s}} = 2700 \text{ s} = 45 \text{ min}$$

25 minutos < 45 minutos > 50 minutos

Para una eficaz sedimentación se considera una velocidad ascensional de 1.0 a 1.4 mm/s apoyado por seditubos de ABS cuya función es ecualizar la velocidad ascensional garantizando así la precipitación efectiva de los flocs.

La velocidad ascensional depende de la sección de la cuba y para determinarla utilizaremos la siguiente formulación:

$$v = \frac{Q}{S} = \frac{0,020}{6 \times 3} = 0,001 \text{ m/s} \\ = 1,11 \text{ mm/s}$$

El rango de una buena velocidad ascensional en el sedimentador está comprendido entre un rango de 1 mm/s a 1,4mm/s.

$$1,0 \text{ mm/s} < 1,11 \text{ mm/s} > 1,4 \text{ mm/s}$$

- **Cálculo hidráulico de las canales de recolección de agua sedimentada**

A continuación, se realiza el chequeo hidráulico de las canaletas de recolección de aguas sedimentadas. Se busca garantizar que las canaletas recolectoras tengan la sección adecuada que permita transportar el caudal recolectado a flujo libre.

$$Hm = (73 * q/b) (2/3)$$

Número de canales = 2 unidades

Caudal por canales = 9,5 L/s

Longitud de canales = 6,5 m

Caudal por metro de vertedero = 1,47 L/sm, no producen arrastre de flóculos

Ancho de la canaleta = 40,00 cm

hm = 30 cm Altura del agua dentro de la Canaleta

Borde libre= 5,00 cm

Altura total de la canaleta = 35,00 cm

- **Chequeo de caudal y altura en vertederos (2 canaletas)**

Número de vertederos (Nv) = 480

Cálculo de Caudal por cada vertedero (Qv)

$$Qv = \frac{Qt}{\# \text{ vertederos}}$$

Qt = caudal total de producción de agua

$$Qv = \frac{20 \text{ L/s}}{480} = 0,04 \text{ L/s}$$

- **Cálculo de la altura del agua en el vertedero**

$$H = \left(\frac{Qv \text{ L/s}}{f1} \right) f2$$

H = altura

Qv = caudal en vertedero (L/s)

F1 = factor desbordamiento (1,4)

F2 = factor de desnivel (2/5)

$$H = \left(\frac{0,04 \text{ L/s}}{1,4} \right) 2/5 = 0,03m$$

El vertedero tiene una altura de 0,05m y la altura del espejo de agua va a ser de 0,03m por lo que no queda ahogado (figura 22).

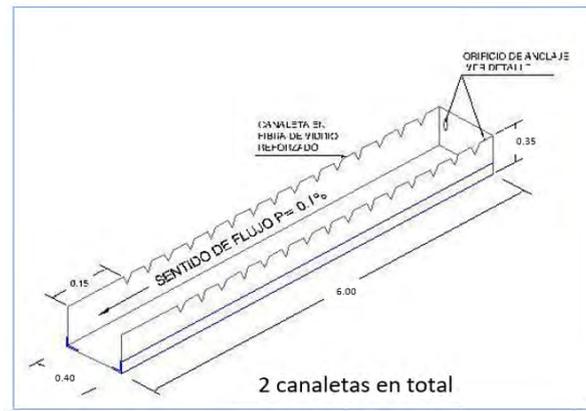


Figura 22. Diseño de las canaletas

- **Filtración**

Filtro rápido de flujo descendente de las siguientes características:

- 1 filtro
- Ingreso de agua al filtro, fabricado con canaleta de acero inoxidable
- 2 mantos filtrantes de las siguientes granulometrías:
 - Lecho inferior de soporte: H = 0,50m Sílice: 1,4 2,00mm (tamaño)
 - Lecho superior: H = 0,50m Sílice: 0,85 1,4 mm (tamaño)

- Colector interior con tubería de 1 1/2" de PVC con ranuras de 0,6mm de ancho.
- Matriz
- Estabilización de nivel de agua en el filtro de mecanismo hidráulico para lograr así que el agua se precipite desde la "flauta aireadora" de entrada nunca caiga en la arena directamente sino en el agua que está a nivel de 0,10 m arriba del sílice.
- Purgador para vaciado de filtro.



Figura 23. Filtración

El filtro consta de 2 compartimientos iguales e independientes (figura 23).

Cada filtro es de las siguientes dimensiones

Largo: 3,00m

Ancho: 3,00m

Alto: 3,00m

• **Cálculo de la Rata de filtración**

Para verificar que la rata de filtración sea la correcta, aplicaremos la siguiente fórmula:

$$r = \frac{Q(m^3/s)}{S(m^2)}$$

r = rata de filtración

Q = Caudal total de producción (m³/s) dividido para dos

S = Sección (m²) = 9m²

$$r = \frac{0,020}{9} = 0,00222 m^3/s m^2 = 2,2 L/sm^2$$

• **Cálculo del número de secciones del filtro:**

$$NF = cte. \times \sqrt{Qm^3/día}$$

$$NF = 0,04 \times \sqrt{1728}$$

$$NF = 1,66 \approx 2$$

La planta necesita que cada filtro sea dividido en dos secciones

Mantos filtrantes: 0,50m Alto 1,4 ≈ 2,2 mm

0,50m Alto 0,8 ≈ 1,4 mm

NORMA: La rata de filtración ideal para filtros atmosféricos con sistemas de regeneración mecánica (retrolavado) debe ser ≤ 2,2 litros/s/m², por lo cual el diseño propuesto cumple ~ 1,4 mm.

Retro-lavado mecánico

Tiempo de retro-lavado = 2 - 3 minutos en cada filtro

Cantidad de agua requerida = 2% de la capacidad de la Planta

Número de retro lavados por día MÁXIMO 2

Sistema de retro lavado que contiene:

- Tubería de alta presión
- Válvulas de control

Volumen de agua requerida para cada retro lavado

Tiempo de retro lavado = 2 minutos

Volumen de agua requerido en dos minutos: 20 L/s x 60 x 2

Volumen de agua requerido = 2400 L

Desinfección para la planta de tratamiento:

La desinfección deberá ser mediante el sistema de cloro gas para lo cual se debe disponer de:

- 2 cilindros de 68 Kg nuevos
- 1 sistema de inyección y dosificación de cloro gas con switch over
- 1 balanzas electrónicas
- 1 bombas de 1HP (figura 24)

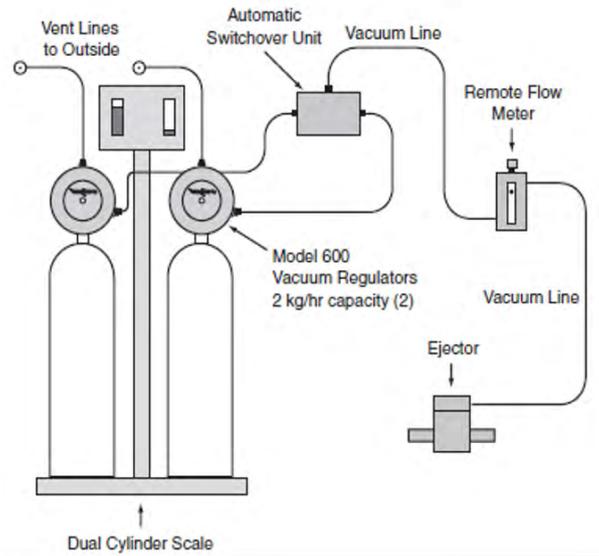


Figura 24. Sistema de desinfección.

Fuente: INTAL

- Dosificación de productos químicos** dice que la preparación (concentración) y dosis óptimas, son las que se detallan a continuación:
 - La dosificación de estos productos está sujeta al ensayo de jarras, sin embargo, la experiencia

Tabla 9. Dosificación de productos químicos.

Productos químicos	Usos	Preparación de la solución	Dosificación de la solución
Poli cloruro de aluminio	Coagulante	100 kg de pac solido en 500 litros de agua	0,025 ml en 1 Lt de agua (25 ppm)
Regulador de PH (hidróxido de sodio)	Nivelador de pH	50 kg de regulador de pH sólido en 500 litros de agua	0,015 ml en 1 Lt de agua (15 ppm)
Hipoclorito de calcio	Desinfectante	Briquetas de aplicación directa	0,0030 ml en 1 Lt de agua (3 ppm)

Capacidad de dosificación requerida:

Para Coagulante:

0,025 ppm x 20 L de agua cruda x 60 s x 60 min x 1 L= 1,8 L
 1 L de agua 1 s 1 min 1 h 1000 ml hora

Para nivelador de Ph:

0,015 ppm x 20 L de agua cruda x 60 s x 60 min x 1 L= 1,08 L
 1 L de agua 1 s 1 min 1 h 1000 ml hora

Para Desinfectante:

0,003 ppm x 20 L de agua cruda x 60 s x 60 min x 1 L=0,21 L
 1 L de agua 1 segundo 1 min 1 hora 1000 ml hora

Equipos

Tablero de mando y protección para realizar las siguientes operaciones:

- Actuación de bomba de retro lavado
- Verificación de cisterna (Llena – Vacía)
- Verificación de agua en tubería de ingresos

Sensores para:

- Falta de agua (presostato)
- Nivel lleno en cisterna (Radares)
- Sistema automático de encendido y apagado de la planta mediante sensores de nivel

Solución para los problemas de Presión

Para los problemas de presión presentados

se propone la construcción e instalación de un Booster que ayudará a evitar costos exagerados en construcciones de infraestructura que cumpla los requisitos necesarios para poder solventar el déficit de presión existente en la red. Para lo cual se necesita un equipo de bombeo que supere 30 l/s

y la sumatoria de las pérdidas de carga.

Una vez realizada la modelación con el equipo de bombeo se puede constatar que daría solución al déficit de presión que existe en la red de distribución (figura 25, figura 26).

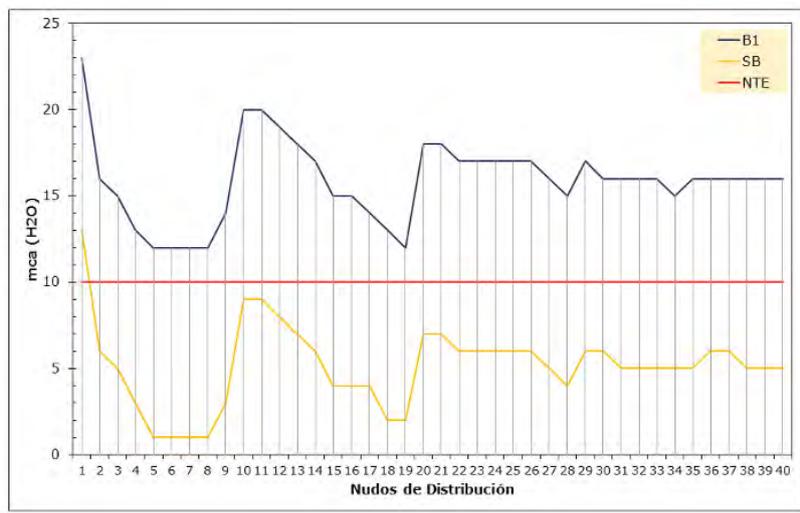


Figura 25. Presiones.

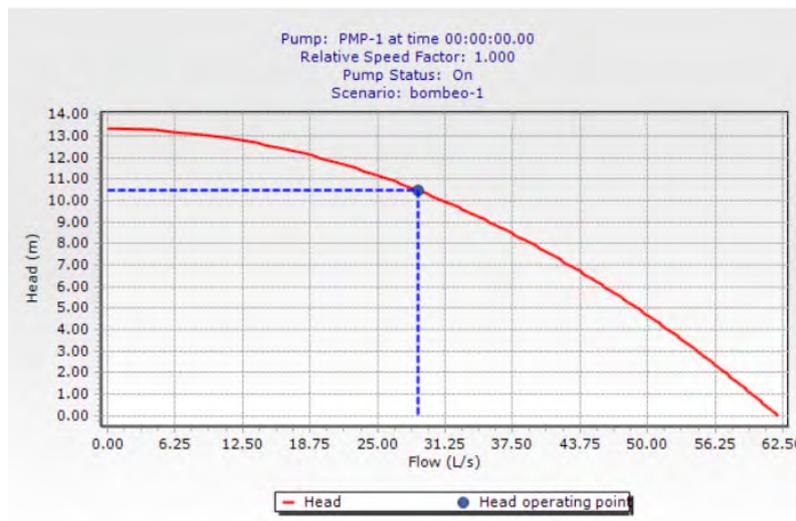


Figura 26. Curva de Bomba

IV. DISCUSIÓN

La distribución del agua potable descrita en esta propuesta se basa en la implementación de diversas acciones que permiten la optimización y sostenibilidad de los procesos de distribución a través de la toma de decisiones, considerando acciones de mejora centradas en la sostenibilidad y el desempeño integral de las redes de abastecimiento y saneamiento. A pesar de que esta

propuesta constituye un avance prometedor para mejorar el servicio de agua potable en Canuto, se debe mejorar el modelo mediante mediciones de flujo y presión con sensores que permitan monitorear la presión del flujo de forma continua y en intervalos constantes, así como analizar escenarios de sectorización hidráulica e identificar fugas en las tuberías.

Y es que la gestión de los recursos hídricos y la

desigualdad en el acceso al agua han convertido la escasez de agua en un problema de creciente interés en toda Latinoamérica (Rodríguez et al., 2022). En cifras, el porcentaje de población que experimenta servicio de agua intermitente oscila entre el 0% en Chile y casi el 100% en Perú; la mayoría de los países en desarrollo tienen graves limitaciones de recursos que restringen la capacidad operativa continua de sus suministros de agua, lo que resulta en una mala calidad del agua suministrada a los usuarios (Lee & Schwab, 2005).

Ecuador no es ajeno a la realidad latinoamericana en este tema y aunque cuenta con un respaldo legal sólido que en el artículo 12 de la Constitución de República estipula que “El derecho humano al agua es fundamental e inalienable”, así como la Ley Orgánica de usos y aprovechamientos de los recursos hídricos (2014), la cual tiene como objetivo “garantizar el derecho humano al agua, y regular la gestión de los recursos hídricos, sus usos y explotación”, entre otras normativas. Sin embargo, en la práctica es necesario que se mejore la distribución y calidad del agua potable en la mayoría de los municipios y parroquias; hasta que se cubran las necesidades de la población y contemplando bajos presupuestos (Bonilla et al., 2023).

V. CONCLUSIONES

La producción actual de agua potable no satisface la demanda actual que necesita la ciudad de Canuto pues la planta potabilizadora prácticamente ha cumplido su vida útil y actualmente está fuera de servicio. Las alternativas del diseño cumplen a cabalidad con la optimización del sistema de conducción principal el cual garantiza el abastecimiento del agua y de buena calidad, los parámetros que fueron evaluados son corregidos, mediante la implementación de la nueva planta de tratamiento de agua potable. La instalación del Booster genera mayor presión lo cual supero los problemas por presión, que se presentaba en lugares más alejados de la planta de tratamiento, cabe destacar, que estas condiciones operativas en los escenarios de este modelo hidráulico son eficientes siempre que se lleve un plan de buen manejo de la planta.

VI. REFERENCIAS

- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2017). *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*, 23rd edition. In R. Baird, A. Eaton, & E. Rice (Eds.), *Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater*, 23rd edition (23rd ed.). https://www.academia.edu/38769108/Standard_Methods_For_the_Examination_of_Water_and_Wastewater_23rd_edition
- Baque Mite, R., Simba Ochoa, L., Gonzalez Osorio, B., Suatunce, P., Diaz Ocampo, E., & Cadme Arevalo, L. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador / Quality of water intended for human consumption in a canton of Ecuador. *Ciencia Unemi*, 9(20), 109. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol9iss20.2016pp109-117p>
- Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., Segura-Araya, G., Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología En Marcha*, 30(4), 15. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Bonilla, C., Brentan, B., Montalvo, I., Ayala-Cabrera, D., & Izquierdo, J. (2023). Digitalization of water distribution systems in small cities, a tool for verification and hydraulic analysis: A case study of Pamplona, Colombia. *Water*, 15(21), 3824. doi:10.3390/w15213824
- Brossard Peña, E., Gafas González, C., Edelsa Hernández Meléndrez, D., & Figueredo Villa, K. (2019). *Enfermedades de transmisión hídricas en el cantón Penipe, Ecuador*. <https://orcid.org/0000-0001-5361-5285>
- Cabrera Molina, E., Hernández Garciadiego, L., Gómez Ruíz, H., & Cañizares Macías, M. del P. (2003). Determinación de nitratos y nitritos en agua: Comparación de costos entre un método de flujo continuo y un método estándar. *Revista de La Sociedad*

- Química de México*, 47(1), 88–92. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932003000100014&lng=es&nrm=i-so&tlng=es
- Cadena-Iñiguez, P., Rendón-Medel, R., Aguilar-Ávila, J., Salinas-Cruz, E., Cruz-Morales, F. del R. de la, Sangerman-Jarquín, D. M., Cadena-Iñiguez, P., Rendón-Medel, R., Aguilar-Ávila, J., Salinas-Cruz, E., Cruz-Morales, F. del R. de la, & Sangerman-Jarquín, D. M. (2017). Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación: un acercamiento en las ciencias sociales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(7), 1603–1617. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000701603&lang=es
- Gómez-Gutiérrez, A., Miralles, M. J., Corbella, I., García, S., Navarro, S., & Llebaria, X. (2016). La calidad sanitaria del agua de consumo. In *Gaceta Sanitaria* (Vol. 30, pp. 63–68). Ediciones Doyma, S.L. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2016.04.012>
- Gonzalez, H. (2016). *Metodología de la Investigación* (CUARTA). Ecoe Ediciones, 2009.
- Haz Álvarez, M., Santo Domingo de Los Tsáchilas Quevedo, vía, Ríos, L., Santo Domingo de los Tsáchilas Quevedo, vía, para correspondencia, A., & González Osorio, B. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 9(20), 109–117. <https://www.re-dalyc.org/articulo.oa?id=582663826015>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Pilar Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta). https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
- IANAS. (2018). *Calidad del Agua en las Américas*. <https://www.ianas.org/index.php/books/ianas-publications>
- INEN. (2020). *Norma Técnica Ecuatoriana 2655*. <https://doi.org/10.06-401>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). *NTE INEN 1108 : Agua potable. Requisitos*.
- Lee, E., & Schwab, K. (2005). Deficiencies in drinking water distribution systems in developing countries. *Journal of Water and Health*, 3(2), 109–127. doi:10.2166/wh.2005.0012
- Lucas, L., & Carreño, A. (2018). *Calidad de agua de consumo humano en las comunidades balsa en medio, Julián y Severino de la microcuenca Carrizal, Ecuador | Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/15785>
- Negrón Martínez, S. (2014). El Hierro y el Manganeso en el Agua. *Universidad Politécnica de Puerto Rico*. <http://prcrepository.org:8080/xmlui/handle/20.500.12475/727>
- OMS. (2007). *Lucha contra las enfermedades transmitidas por el agua en los hogares*. https://www.who.int/household_water/advocacy/combating_disease_es.pdf
- OMS. (2018). Guías para la calidad del agua potable. *WHO, Volumen-1*, 408 pág. https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf?ua=1
- ONU. (2020). *Agua limpia y saneamiento*. <https://doi.org/10.18356/64118cb4-es>
- Ospina Zuñiga, O., García Cobas, G., Gordillo Rivera, J., & Tovar Hernández, K. (2016). Evaluación de la turbiedad y la conductividad ocurrida en temporada seca y de lluvia en el río Combeima (Ibagué, Colombia). *Ingeniería Solidaria*, 12(19), 19–36. <https://doi.org/10.16925/in.v12i19.1191>
- Pullés Marlen, R. (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 45(1), 25–36.
- Reyes de la Cruz, C., Rodríguez Ocaña, L., & Mandujano Contreras, J. C. (2018). *Cambio climático y su impacto en el territorio* (C. Bastar Dorantes

- (ed.); Primera). Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. https://www.researchgate.net/profile/Juan-Mandujano/publication/332211840_Cambio_climatico_y_su_impacto_en_el_territorio/links/5ca663a64585157bd322ddfb/Cambio-climatico-y-su-impacto-en-el-territorio.pdf#page=13
- Rodríguez Miranda, J. P., García-Ubaque, C. A., & García-Ubaque, J. C. (2016). Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia Waterborne diseases and basic sanitation in Colombia. *Rev. Salud Pública*, 18(5), 738–745. <https://doi.org/10.15446/rsap.v18n5.54869>
- Rodríguez Zamora, J. (2009, December). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. *Revista Pensamiento Actual*, 125–134. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5897932>
- Rodríguez, C., García, B., Pinto, C., Sánchez, R., Serrano, J., & Leiva, E. (2022). Water context in Latin America and the Caribbean: Distribution, regulations and prospects for water reuse and reclamation. *Water*, 14(21), 3589. doi:10.3390/w14213589
- SENAGUA. (2014). *Código ecuatoriano de la construcción de parte IX obras sanitarias normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. <https://doi.org/10.07>
- Severiche, C. A., & González, H. (2012). Evaluación analítica para la determinación de sulfatos en aguas por método turbidimétrico modificado. *Ingenierías USBMed*, 3(2), 6–11. <https://doi.org/10.21500/20275846.269>
- Solís-Castro, Y., Zúñiga-Zúñiga, L. A., & Mora-Alvarado, D. (2018). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 31(1), 35. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>
- Torres, M., & Salazar, F. (2019). Métodos de recolección de datos para una investigación. <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/2817>
- Tzatchkov, V., & Alcocer, V. (2004). Decaimiento del cloro por reacción con el agua en redes de distribución | Tzatchkov | Tecnología y ciencias del agua. *Instituto Mexicano de Tecnología Del Agua*, XIX, 41–51. <http://www.revistatyca.org.mx/ojs/index.php/tyca/article/view/1007/703>
- Valles-Aragón, M. C., Ojeda-Barrios, D. L., Guerrero-Prieto, V. M., Prieto-Amparan, J. A., Sánchez-Chávez, E., Valles-Aragón, M. C., Ojeda-Barrios, D. L., Guerrero-Prieto, V. M., Prieto-Amparan, J. A., & Sánchez-Chávez, E. (2017). CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO EN UNA ZONA NOGALERA DEL ESTADO DE CHIHUAHUA. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(1), 85–97. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.01.08>
- Yáñez Flores, S. G., & Gabriela, S. (2018). *Evaluación de la contaminación del agua mediante parámetros físico químicos en las desembocaduras de los principales afluentes y efluente del Lago San Pablo, provincia de Imbabura* (año 2017). Quito: UCE.
- Yessenia, I. Z., Patricio, A. N., Verónica, P. E., & Elí, V. S. (2019). *Diseño hidráulico de captación de agua en la planta potabilizadora de la parroquia Canuto, Cantón Chone*.