

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Eficiencia del Hipoclorador de doble recipiente en el
mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano en
la localidad de Alan García, Alonso de Alvarado, 2021**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero
Ambiental

Autor:

Edinson Fernández Cruzado
Eliazar Isaías Cruz Zurita

Asesor:

Mtra. Kátterin Jina Luz Pinedo Gómez

Tarapoto, julio del 2021

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Mtra. Káttérin Jina Luz Pinedo Gómez, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EFICIENCIA DEL HIPOCLORADOR DE DOBLE RECIPIENTE EN EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN LA LOCALIDAD DE ALAN GARCÍA, ALONSO DE ALVARADO,”** constituye la memoria que presenta los Bachilleres Edinson Fernández Cruzado y Eliazar Isaías Cruz Zurita para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Morales, a los 02 días del mes de setiembre del año 2021



Káttérin Jina Luz Pinedo Gómez

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a. 15..... día(s) del mes de..... julio..... del año 20. 21. siendo las..... 09:30. horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Ing. Jhon Patrick Rios Bartra..... el (la) secretario(a): Ing. Jessica Quipas Pezo..... y los demás miembros: Dr. Victor Hugo Muñoz Delgado.....

..... y el (la) asesor(a) Mtra. Katterin Jina Luz Pinedo Gómez..... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:..... Eficiencia del Hipoclorador de doble recipiente en el mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano en la localidad de Alan García, Alonso de Alvarado, 2021.....

..... del(los) bachiller(es): a) Edinson Fernández Cruzado.....
 b) Eliazar Isaias Cruz Zurita.....
 c).....

..... conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Ambiental.....
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller-(a): ... Edinson Fernández Cruzado.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	16	B	Bueno	Muy bueno

Bachiller -(b): Eliazar Isaias Cruz Zurita.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	16	B	Bueno	Muy bueno

Bachiller -(c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

_____ Presidente/a	 _____ Secretario/a	
_____ Asesor/a	_____ Miembro	_____ Miembro
_____ Bachiller (a)	_____ Bachiller (b)	_____ Bachiller (c)

Eficiencia del Hipoclorador de doble recipiente en el mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano en la localidad de Alan García, Alonso de Alvarado, 2021

Efficiency of the double container Hypochlorinator in improving the quality of water for human consumption in the town of Alan García, Alonso de Alvarado, 2021

Edinson Fernández Cruzado¹, Eliazar Isaías Cruz Zurita², Kátherin Jina Pinedo Gómez³

RESUMEN

Alan García es un centro poblado que pertenece al distrito de Alonso de Alvarado, Provincia de Lamas, Región San Martín, ubicado al Nor Oriente Peruano. El centro poblado cuenta con un sistema de abastecimiento de agua de tipo Gravedad sin Tratamiento, con un caudal de ingreso al reservorio de 1.2 L/s y abastece a una población de 65 habitantes, pero debido a que no cuenta con sistema de cloración, el agua no cumple con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado por Decreto Supremo N° 031-2010-SA. El objetivo de la investigación es aplicar un Hipoclorador de goteo de carga constante de doble recipiente para la potabilización del agua. En el proceso de la investigación se instaló y calibro la tecnología de cloración, para luego evaluar el nivel de eficiencia por quince días calendario, en base a los parámetros indicadores de calidad de agua estipulados en el Artículo 63° de la norma antes mencionada, teniendo en cuenta los procedimientos establecidos en la Resolución Directoral N° 160-2020-DIGESA/SA. Los resultados muestran que el nivel de concentración promedio de Cloro Residual es 1.65 en reservorio, 1.33 en la primera vivienda, 0.92 en la vivienda intermedia y 0.6 en la última vivienda, pH 7.52, Turbiedad 0.98 UNT, Color 1 UCV, Coliformes Termotolerantes y Coliformes fecales es 0. Culminando el estudio actualmente se cuenta con una tecnología adecuada para garantizar la calidad del agua y evitar enfermedades.

Palabras Claves: Hipoclorador, cloración, potabilización, parámetro

ABSTRACT

Alan García is a populated center that belongs to the Alonso de Alvarado district, Lamas Province, San Martín Region, located to the North East of Peru. The town center has a water supply system of the Gravity type without treatment, with an entrance flow to the reservoir of 1.2 L / s and supplies a population of 65 inhabitants, but because it does not have a chlorination system, the water does not comply with the physicochemical and microbiological parameters established in the Regulation of Water Quality for Human Consumption, approved by Supreme Decree N°. 031-2010-SA. The objective of the research is to apply a double container constant load drip hypochlorinator for the purification of water. In the process of the investigation, the chlorination technology was installed and calibrated, to then evaluate the level of efficiency for fifteen calendar days, based on the water quality indicator parameters stipulated in Article 63° of the aforementioned standard, having take into account the procedures established in Directorial

¹ Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Jr. Los Mártires N° 340. 22201, Tarapoto Perú, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8021-3764> Autor para correspondencia: edinson.fernandezcruzado@gmail.com

² Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Jr. Los Mártires N° 340. 22201, Tarapoto Perú, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6147-4021> E-mail: eliazar.cruz@upeu.edu.pe

³ Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Jr. Los Mártires N° 340. 22201, Tarapoto Perú, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4072-0515>, E-mail: j.pinedo04.95@gmail.com

Resolution No. 160-2020-DIGESA / SA. The results show that the average concentration level of Residual Chlorine is 1.65 in the reservoir, 1.33 in the first house, 0.92 in the intermediate house and 0.6 in the last house, pH 7.52, Turbidity 0.98 NTU, Color 1 UCV, Thermotolerant Coliforms and Coliforms fecal is 0. At the end of the study, we currently have adequate technology to guarantee water quality and prevent diseases.

Keywords: Hypochlorinator, chlorination, purification, parameter

I. INTRODUCCIÓN

El agua es eje de desarrollo económico y social (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2017), pese a ello en el mundo 2200 millones de personas carecen de acceso a los servicios de agua potable de manera segura, y 4200 millones no cuentan con servicios de saneamiento seguros (Banco Mundial, 2019; OMS, 2017a). Las enfermedades relacionadas con la contaminación del agua de consumo humano representan una carga significativa en la salud humana (OMS, 2011). Para garantizar el acceso a los servicios de saneamiento de manera segura para el año 2030, requerirá que los países inviertan 150 000 millones de dólares al año, esto supone cuadruplicar inversiones en abastecimiento de agua, esta inversión en algunos países esta fuera de alcance y amenaza a los avances de erradicar la pobreza (Banco Mundial, 2017). La desinfección del agua es esencial en el proceso de potabilización para eliminar microorganismos patógenos y evitar enfermedades de origen hídrico (Villanueva, Kogevinas, & Grimalt, 2001).

El agua potable junto con el saneamiento y la higiene es un servicio fundamental para garantizar la calidad de vida y la salud de las personas y todo país es responsable de garantizar este servicio (OMS, 2017a). En América Latina, un continente rico en recursos hídricos, 21 millones de personas no tienen acceso al servicio de agua potable y 46 millones carecen de instalaciones sanitarias (Banco de Desarrollo de América Latina [CAF], 2017).

En el Perú aún existe personas que carecen de este servicio, pese a los esfuerzos realizados desde el 2015, en los hogares del ámbito rural la cobertura del servicio de abastecimiento de agua es de 75.6% de los cuales solo el 3.8% consumen agua segura (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2020).

De las Organizaciones Comunales Monitoreados por la SUNASS, en el ámbito rural del País que son un total de 1107 organizaciones, el 82.54% tiene una fuente de agua subterránea y el 17.46% capta de una fuente superficial, y de 1026 organizaciones comunales 877 que equivale al 85.4% no realiza la cloración del agua (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS], 2019).

Los Sistemas de Abastecimiento de agua en el ámbito rural que no cuentan con tratamiento, generan enfermedades gastrointestinales en los consumidores por consumir agua no desinfectada, todos los sistemas de agua sin excepción deberían abastecer a la población con agua segura para consumo humano (Quispe Huisa, 2018).

En la Provincia de Lamas, departamento San Martín, relacionado a la cobertura del servicio de agua potable el 88.13% de la Población (59,766 hab) tienen acceso y el 11.87% (8,050 hab) no tienen acceso; en el distrito de Alonso de Alvarado el 80.05% de la Población (11,302 hab) cuentan con acceso al servicio y el 19.95% (2,817 hab) no acceden al servicio (MVCS, 2020a).

El distrito de Alonso de Alvarado cuenta con 33 Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento, reconocidas con Resolución de Alcaldía, de las cuales 09 realizan la cloración del agua y 24 no lo hacen, esto equivale al 27.2% y 72.8% respectivamente (MVCS, 2020a).

Por otro lado, la población de la Localidad de Alan García, perteneciente al distrito de Alonso de Alvarado, cuenta con un sistema de abastecimiento de agua de tipo Gravedad sin Tratamiento, el prestador del servicio (JASS – Alan García) garantiza la cantidad y continuidad del servicio, más no la calidad debido a que no cuenta con un sistema de desinfección del agua, lo que podría acarrear consecuencias negativas a la salud de las personas, es por ello que se ha evaluado la importancia de realizar la siguiente investigación con lo que se aportará a cerrar las brechas en agua y saneamiento a nivel Local y Provincial.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Análisis de calidad de agua

Para determinar las características Fisicoquímicas y Microbiológicas del agua se realizó el análisis inicial y la toma de muestra fue a la entrada al reservorio, valores son comparados con el Límite Máximo Permisible establecidos en la norma del sector salud en materia de calidad de agua para consumo humano.

2.2. Instalación del Sistema de Cloración

2.2.1. Instalación de la caseta de protección

Se construyó la caseta de protección de madera, de dos niveles para la instalación del tanque de solución madre de 600 Litros y el tanque dosificador de 40 Litros, y está ubicado al costado del reservorio, para evitar la manipulación innecesaria de personas extrañas se cubrirá con un techo de calamina.

2.2.2. Instalación del tanque de solución madre

Para la instalación del tanque de solución madre se siguió el siguiente procedimiento: Se colocó el tanque de solución madre de 600 Litros sobre la plataforma de madera construida para tal fin, se instaló el multiconector a la salida del tanque de 600 Litros, al multiconector se conectaron el tubo visor de nivel de agua, la válvula de limpia y en la parte lateral se instaló un Niple para facilitar las conexiones siguientes hacia el tanque dosificador. A continuación, se instaló accesorios de un diámetro de 1/2" de PVC en forma consecutiva para llevar el flujo de agua clorada hacia el recipiente dosificador como se describe a continuación: Niple PVC 1/2" x 1.5" con rosca (CR), Codo PVC 90°, Niple PVC 1/2" x 1.5" CR, Unión Universal de 1/2" CR, Niple PVC 1/2" x 1.5" CR, Válvula de paso PVC de 1/2", Niple PVC 1/2" (adaptado a la longitud requerida), Unión Universal de 1/2" CR, Niple PVC 1/2" x 1.5" CR, Codo PVC 1/2" x 90°, Niple PVC de 1/2" x 1.5" CR y finalmente la Válvula con Boya Flotadora de 1/2". Se acondicionó la varilla de la válvula de la boya flotadora dentro del recipiente dosificador.

2.2.3. Instalación del recipiente dosificador de cloro

El recipiente dosificador cumple la función de mantener la presión constante en la tubería de suministro de Hipoclorito de Calcio hacia el Reservorio, para la instalación se consideró los siguientes pasos: Perforación de un orificio en la parte lateral superior del recipiente, a una distancia de 12 cm aproximadamente por debajo de la tapa del recipiente, instalación de la boya flotadora dentro del recipiente, Perforación de un orificio en el otro extremo de 1/2" en la parte lateral inferior del recipiente, a una altura aproximada de 10 cm de la base, se empleó una empaquetadura de jebe de 1/2" en la salida del recipiente dosificador para evitar la fuga de agua, Para conducir y regular el caudal de ingreso desde el recipiente dosificador hacia el Reservorio se consideró la instalación de una red de tubería con los siguientes accesorios: en la parte externa conectar a un codo PVC de 1/2" x 90° CR, luego un Niple de 1/2" x 1.5" CR, unión universal de 1/2" CR, Niple PVC de 1/2" x 1.5" CR, válvula PVC de 1/2" (reguladora del goteo), Niple PVC de

½" x 1.5" CR, Tee PVC ½" CR, un Niple de ½" x 1.5"CR, válvula PVC de ½", Niple PVC de ½" x 1.5" CR, unión universal de ½" CR, Niple PVC de ½"x CR en la longitud requerida y llevar al interior del reservorio utilizando accesorios roscados y tubería PVC de ½", En la Tee se instaló un grifo de PVC, el cual sirve para medir el caudal de goteo y calibración del sistema de cloración. Para unir los accesorios roscados se empleó cinta teflón.

2.2.4. *Instalación del Grifo para abastecimiento de agua*

Para el abastecimiento de agua al tanque de solución madre y el recipiente donde se va a preparar la solución se instaló una red de tuberías y un grifo, conectadas a la línea de conducción antes del ingreso al reservorio. El sistema de cloración completo y en funcionamiento se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Hipoclorador de goteo de carga constante de doble recipiente instalado.

2.3. Calibración del Sistema de Cloración

2.3.1. *Medición del caudal de agua a clorar*

Para determinar el caudal (en L/s) se empleó el método volumétrico, y fue medido en la tubería de entrada al reservorio empleando un balde graduado de 20 Litros y se realizó 05 mediciones para determinar el tiempo promedio en segundos, Para lo cual se empleó la siguiente formula:

$$Q = v/t$$

donde Q es el caudal en litros/seg (L/s), v es el Volumen del balde en litros (L) y t es el Tiempo promedio de las mediciones realizadas en segundos.

2.3.2. *Calculo de la cantidad de Cloro*

Para determinar la cantidad de cloro necesario a diluir para desinfectar el agua a consumir por un determinado número de días se empleó la siguiente formula:

$$P = \frac{Q * T * C_2}{10 * \%Cl}$$

donde P es el Peso de hipoclorito de Calcio (gramos), Q es Caudal de ingreso al reservorio (L/s), T es el Tiempo de goteo en segundos, C_2 es la Concentración aplicada: 1.5 mg/L (Promedio) y $\%Cl$ es la concentración de cloro el cual varia en 65 a 70 (o el que se emplee).

2.3.3. *Cantidad mínima de agua para la disolución*

Es importante mantener los niveles de concentración de Hipoclorito de Calcio en el tanque de solución madre, el cual no debe superar los 5000 ppm (SABA, 2018). Para el cálculo del volumen de agua para la disolución se aplica la siguiente formula.

$$V_{min} = \frac{\%Cl * 10 * P}{C_{max}}$$

donde V_{min} es el Volumen de agua para disolución (mínimo), %Cl es la pureza del cloro, P es el peso de hipoclorito de calcio (gramos) y C_{max} es la concentración máxima el cual deberá ser como máximo 5gr/L = 5000 ppm.

2.3.4. Caudal de Goteo (Q_g) en mL/min

Para calcular el caudal de goteo de Hipoclorito de calcio hacia el reservorio se empleó la siguiente formula:

$$Q_g = \frac{Vd}{1.44 * T}$$

Donde Q_g es el caudal de goteo en mL/min, Vd es el volumen de disolución o solución madre (L) y T es el tiempo (días).

2.3.5. Desinfección del Reservorio Circular:

La desinfección del reservorio con Hipoclorito de calcio nos permite eliminar a todos los microorganismos patógenos adheridos en el interior del mismo, la concentración ideal para el proceso de desinfección es de 50 mg/L, para el cálculo de la cantidad de cloro a emplear en el proceso de desinfección se ha empleado la siguiente formula:

$$P = \frac{C * V}{(\% \text{ de cloro}) * 10}$$

donde P es el peso de Hipoclorito de Calcio en gramos, C es la concentración aplicada en mg/L, V es el volumen del reservorio en Litros, % es el porcentaje de cloro libre del compuesto clorado y 10 es el factor de conversión para que el resultado sea expresado en gramos del producto.

Para determinar el Volumen del reservorio se empleó la siguiente formula:

$$V = \pi * r^2 * H$$

donde V es el volumen del reservorio, π es el valor de pi, r^2 es el radio del reservorio elevado al cuadrado y H es la altura del reservorio.

Para el proceso de desinfección se consideró las siguientes pautas, se cerró la válvula de ingreso, la válvula de salida, y se abrió la válvula de desagüe o limpia, luego se procedió a abrir la tapa sanitaria, se verificó si está vacío, para luego realizar la limpieza con ayuda de los Operadores de la JASS mediante la utilización de escobillones de plástico. Los operadores en todo momento usaron los equipos de protección personal. Luego se cerró la válvula de salida y de desagüe, se abrió la válvula de ingreso y se dejará que el reservorio se llene, una vez lleno se agregó la solución clorada y se dejó reposar 4 horas, luego de ese tiempo se vació el reservorio.

2.4. Monitoreo de Parámetros de control Obligatorio

Para el monitoreo de los parámetros de control obligatorio se tuvo en cuenta los procedimientos establecidos en la Resolución Directoral N° 160-2015-DIGESA/SA, norma que aprueba el

“Protocolo de Procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano”. Los parámetros evaluados fueron de acuerdo al artículo 63° del DS N° 031-2010-SA, Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. La lectura de los parámetros de campo como Cloro Residual, pH y Turbiedad, se realizó en el Reservorio, Primera Vivienda después del reservorio, vivienda intermedia y última vivienda por quince (15) días consecutivos. La Medición del parámetro organoléptico como el Color y los parámetros microbiológicos (Coliformes Termotolerantes y Coliformes Totales) se realizó dos (02) mediciones en los cuatro (04) puntos críticos en los días 05 y 13 del tiempo de estudio.

El diseño de investigación es experimental debido a que se manipulan intencionalmente las variables independientes para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (Hernández et al., 2014), presenta un enfoque cuantitativo y alcance correlacional.

2.5. Técnica de análisis estadístico

Para el procesamiento de los resultados se empleó un análisis estadístico usando Anova de un factor, prueba T para muestras relacionadas y las pruebas Post Hoc de HSD Tukey y Scheffé en el Software SPSS.

III. RESULTADOS

3.1. Análisis Inicial del agua

Para las acciones de monitoreo se consideró el “Protocolo de Procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano” aprobado por la Resolución Directoral N° 160-2015-DIGESA/SA.

Las muestras obtenidas fueron analizadas en el laboratorio Loayza Murakami S.A.C, sede Trujillo, laboratorio de ensayo acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INACAL – DA con registro N° LE-148, los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultado del estudio de caracterización del agua en reservorio, de acuerdo con los parámetros establecidos en el Artículo 63° del DS N° 031-2010-SA

Parámetros	Unidad	LMP	Norma - Método	Resultado
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221-A,B,C, E-1; 23rd Ed. 2017	11
Coliformes Totales	NMP/100ml	0	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221-A,B,C; 23rd Ed. 2017	240
Color	UCV escala Pt/Co	15	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017	4
Turbiedad	UNT	5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130 A,B; 23rd Ed. 2017	0.83
pH	Valor de pH	6.5 – 8.5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ A,B, 23rd Ed. 2017	7.55
Cloro	mg/L	5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-Cl G, 23rd Ed. 2017	0.01

Fuente: Loayza Murakami S.A.C

3.2. Aplicación de la tecnología de cloración

Una vez aplicado la tecnología de cloración se realizó en monitoreo del agua tratada, las muestras obtenidas después de haber aplicado la tecnología de cloración fueron analizadas en el Laboratorio EQUAS S.A, laboratorio de ensayo acreditado por el INACAL – DA, con registro N° LE-030. Las muestras de parámetros fisicoquímicos como el pH fueron tomadas in situ, al igual que la Turbiedad y Cloro Residual en el post-análisis, en la Tabla 2 se muestra los resultados, observándose que los valores obtenidos en relación al parámetro de Turbiedad (UNT) están por debajo del LMP, en la Tabla 3 se muestra los resultados del monitoreo del parámetro de pH y los valores se encuentran dentro del rango establecido, en la Tabla 4 se presenta los resultados de Cloro Residual (mg/L) y los valores oscilan entre 0.5 ppm y 1.5 ppm en las viviendas y de 1.3 ppm hasta 2 ppm en reservorio.

En relación a los parámetros microbiológicos y organolépticos, la Tabla 5 y 6 muestra los resultados analíticos de Coliformes Termotolerantes, Coliformes Totales y Color de los ensayos 01 y 02, los cuales en comparación con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Reglamento de la Calidad de Agua para consumo humano se encuentran dentro del nivel de referencia.

Tabla 2. Resultados analíticos de la turbiedad en los 4 puntos de monitoreo

Día	Reservorio	Turbiedad (UNT)		
		Primer Viv.	Viv. Intermedia	Última Viv.
1	0.9	0.93	0.45	0.56
2	0.92	0.89	0.56	0.42
3	0.98	0.97	0.93	0.82
4	0.81	0.92	0.91	0.82
5	0.63	0.52	0.56	0.43
6	1.02	1.1	0.9	0.98
7	1.53	1.52	1.5	1.42
8	1.23	1.24	1.03	1.01
9	1.2	1.12	0.92	0.91
10	1.56	1.53	1.49	1.58
11	1.01	1.02	0.9	0.85
12	0.98	0.94	0.86	0.81
13	1.07	1.09	1.08	1.12
14	0.92	0.93	0.98	0.99
15	1.32	1.21	1.05	0.92

Fuente: Propia, 2021.

En la Figura 2 se muestran los valores de la Turbidez de los quince días de monitoreo en los cuatro puntos establecidos, también se realizó la medición del pH y la distribución de los valores se muestran en la Figura 3, en relación al Cloro Residual en la Figura 4 se muestra el grafico de líneas de los valores; en todos los casos los valores están dentro del Límite Máximo Permisible.

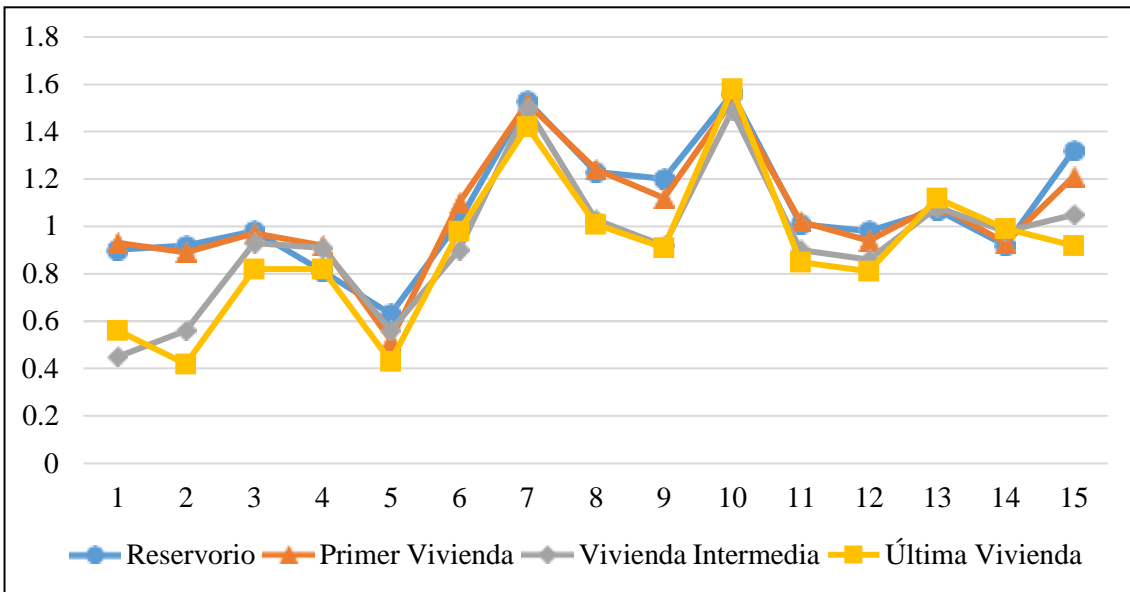


Figura 2. Resultados de la Turbidez en los 04 puntos de monitoreo
Fuente: Propia, 2021.

Tabla 3. Resultados analíticos del pH en los 4 puntos de monitoreo

Día	pH			
	Reservorio	Primer Viv.	Viv. Intermedia	Última Viv.
1	7.55	7.42	7.56	7.42
2	7.23	7.25	7.52	7.5
3	7.89	7.58	7.45	7.48
4	7.56	7.53	7.58	7.81
5	7.52	7.45	7.51	7.23
6	7.46	7.01	7.03	7.08
7	7.12	7.1	7.02	6.9
8	7.83	7.82	7.59	7.29
9	8.01	8.03	7.59	7.45
10	7.59	8.03	7.86	7.02
11	7.51	7.04	7.6	7.35
12	7.42	7.58	7.52	7.89
13	7.81	7.5	7.65	7.45
14	7.86	7.49	7.58	7.42
15	8.05	7.59	7.45	7.58

Fuente: Propia, 2021.

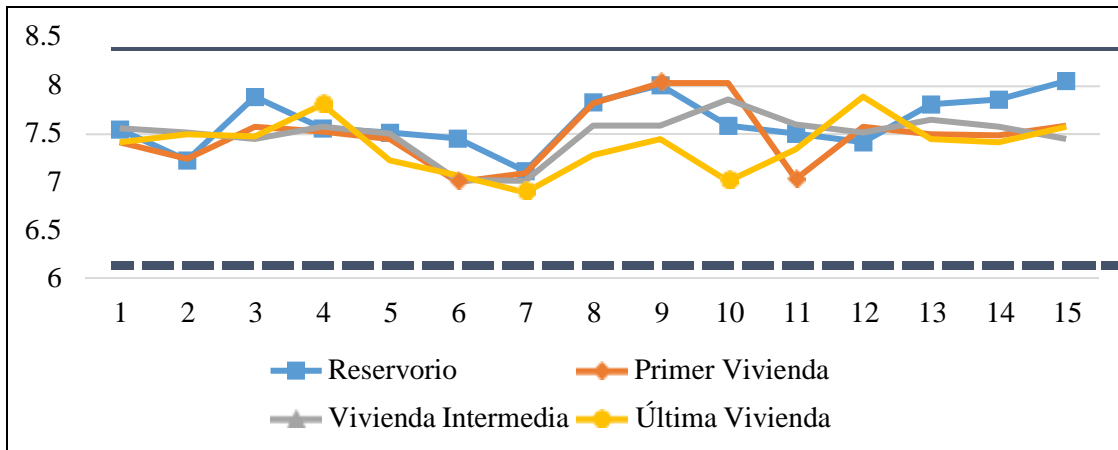


Figura 3. Resultados del pH en los 04 puntos de monitoreo

Fuente: Propia, 2021

Tabla 4. Resultados analíticos del Cloro Residual en los 4 puntos de monitoreo

Día	Cloro Residual (mg/L)			
	Reservorio	Primer Viv.	Viv. Intermedia	Última Viv.
1	1.8	1.2	0.8	0.6
2	1.5	1.3	0.7	0.5
3	2	1.5	0.8	0.7
4	1.9	1.2	0.9	0.5
5	1.8	1.5	1.2	0.8
6	1.5	1.4	1.2	0.8
7	1.5	1.3	0.9	0.7
8	1.4	1.2	0.9	0.5
9	1.6	1.4	0.8	0.6
10	1.3	1	0.7	0.5
11	1.7	1.5	1.02	0.5
12	1.9	1.5	1.1	0.7
13	1.7	1.4	1.03	0.6
14	1.5	1.3	0.9	0.5
15	1.6	1.2	0.8	0.5

Fuente: Propia, 2021.

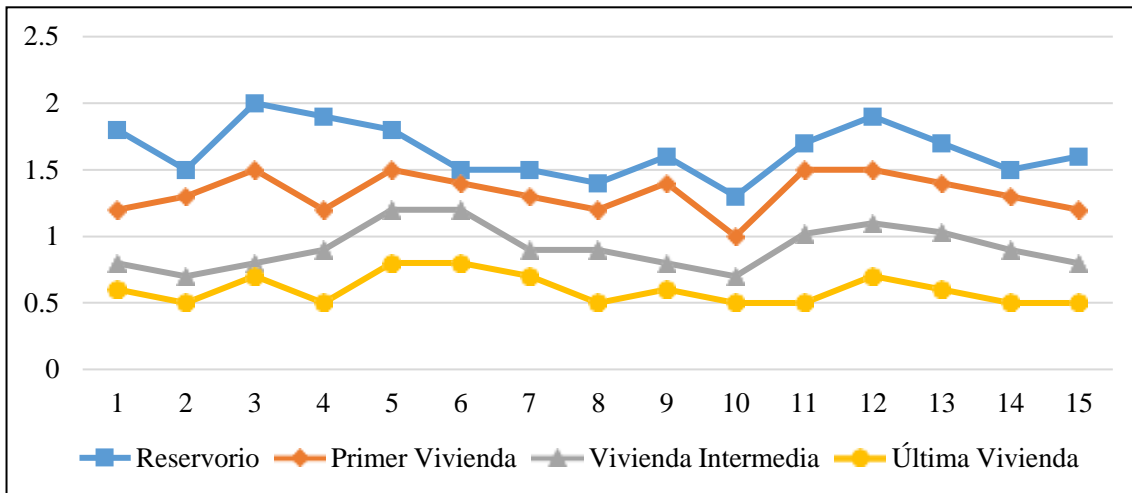


Figura 4. Resultados del Cloro Residual en los 04 puntos de monitoreo
Fuente: Propia, 2021

Tabla 5. Resultados analíticos de los parámetros microbiológicos y organoléptico en el ensayo N° 01.

Parámetro	Unidades	Método de Ensayo	LMP	Reservorio	Primera Vivienda	Vivienda Intermedia	Última Vivienda
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100 ml)	APHA 9221 E	0	0	0	0	0
Coliformes Totales	(NMP/100 ml)	APHA 9221 B	0	0	0	0	0
Color	(UCV escala Pt/Co)	APHA 2120 C	15	1	1	1	1

Fuente: Environmental Quality Analytical Services S.A

(*) DS N° 031-2010-SA: Reglamento de la calidad de agua para consumo humano.

Tabla 6. Resultados analíticos de los parámetros microbiológicos y organoléptico en el ensayo N° 02.

Parámetro	Unidades	Método de Ensayo	LMP	Reservorio	Primera Vivienda	Vivienda Intermedia	Última Vivienda
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100 ml)	APHA 9221 E	0	0	0	0	0
Coliformes Totales	(NMP/100 ml)	APHA 9221 B	0	0	0	0	0
Color	(UCV escala Pt/Co)	APHA 2120 C	15	1	1	1	1

Fuente: Environmental Quality Analytical Services S.A

(*) DS N° 031-2010-SA: Reglamento de la calidad de agua para consumo humano.

La Figura 5 muestra la disminución a cero en cuanto a Coliformes Termotolerantes en los dos ensayos realizados, al igual que en los Coliformes Totales, como se muestra en la Figura 6. En la Figura 7, se presenta la variación del Color en los 04 puntos críticos de la red en el ensayo 01 y 02, observándose en todos los casos que los valores están dentro de los Límites Máximos Permisibles.

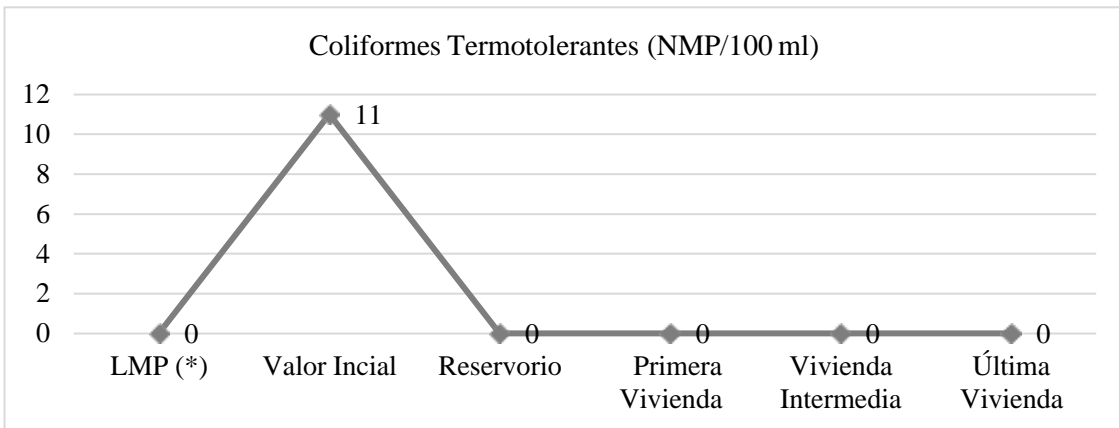


Figura 5. Resultados de Coliformes Termotolerantes en los 04 puntos de monitoreo en el ensayo 01 y 02

Fuente: Propia, 2021

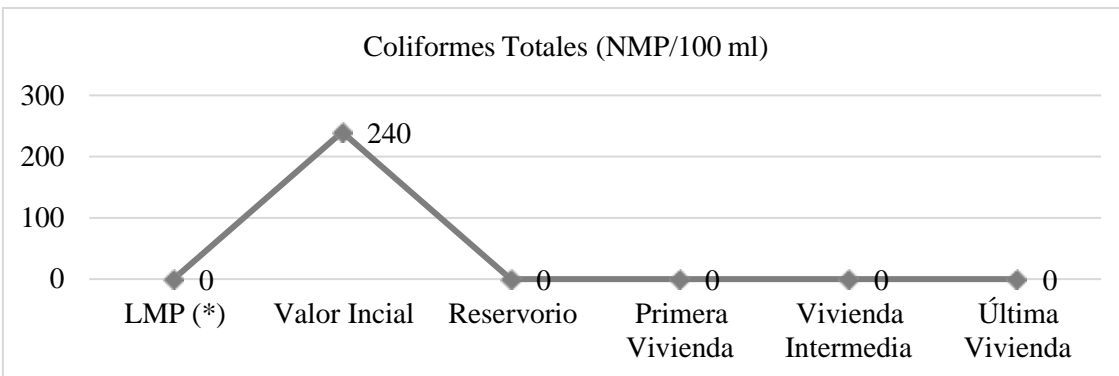


Figura 6. Resultados de Coliformes Totales en los 04 puntos de monitoreo en el ensayo 01 y 02

Fuente: Propia, 2021

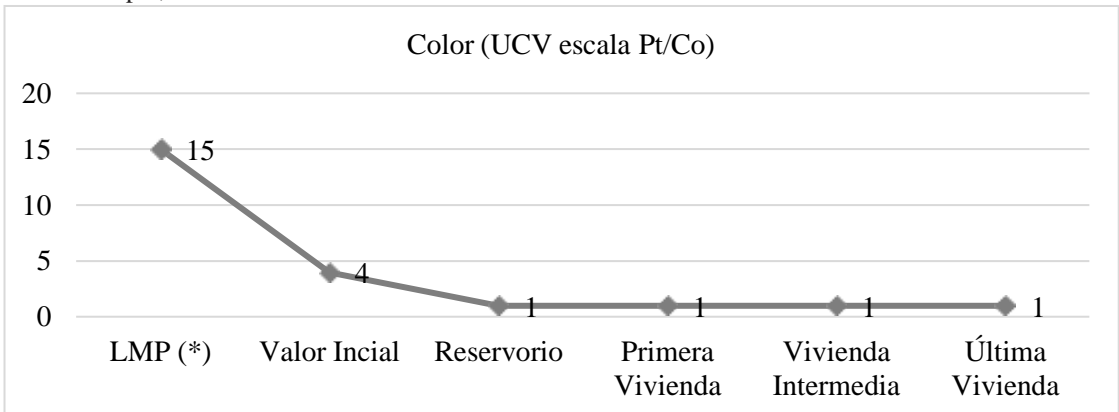


Figura 7. Variación del color en los 04 puntos de monitoreo en el ensayo 01 y 02

Fuente: Propia, 2021

3.3. Eficiencia del Hipoclorador de goteo de carga constante de doble recipiente

En función a los parámetros de control obligatorio se evalúa el nivel de eficiencia de la tecnología de cloración, los resultados analíticos del laboratorio Environmental Quality Analytical Services S.A se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Características del agua antes y después de tratamiento en Reservoirio

Parámetros	Unidades	LMP (*)	Valor Inicial	Valor de la Mediana	% Remoción
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	0	11	0	100.00
Coliformes Totales	NMP/100ml	0	240	0	100.00
Color	UCV escala Pt/Co	15	4	1	75.00
Turbiedad	UNT	5	0.83	0.98	-
pH	Valor de pH	6.5 – 8.5	7.55	7.52	-
Cloro	mg/L	5	0.01	1.2	-

Fuente: Environmental Quality Analytical Services S.A

(*) DS N° 031-2010-SA: Reglamento de la calidad de agua para consumo humano.

Tabla 8. Estadísticos de grupo para el parámetro de Coliformes Termotolerantes y Coliformes Totales

Tratamiento		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Coliformes Termotolerantes	Sin Desinfección	11,00 ^a	4	0.000	0.000
	Con Desinfección	,00 ^a	4	0.000	0.000
Coliformes Totales	Sin Desinfección	240,00 ^a	4	0.000	0.000
	Con Desinfección	,00 ^a	4	0.000	0.000

Fuente: Propia, 2021.

a. No se procede a realizar la prueba T para muestra relacionadas y las pruebas Post Hoc de HSD Tukey y Scheffé debido a que la desviación típica de ambos grupos es cero.

IV. DISCUSIÓN

La Tabla 1 muestra el resultado del estudio de caracterización del agua en reservorio, de acuerdo a los parámetros establecidos en el Artículo 63° del DS N° 031-2010-SA, esto para verificar la calidad del agua que está ingresando al reservorio, los parámetros son Coliformes Termotolerantes, Coliformes Totales, Color, Turbiedad, pH y Cloro Residual.

Se ha determinado que los resultados del análisis de calidad de agua después de haber aplicado la tecnología de cloración en cuanto a los parámetros fisicoquímicos como el pH y Turbiedad en los 04 puntos de monitoreo, están por debajo del Nivel de referencia establecido en el Reglamento de la Calidad de Agua para consumo humano.

El Valor promedio de la Turbiedad del agua para consumo humano suministrada a la Localidad de Alan García es de 1.07 UNT en Reservorio, 1.06 UNT en la Primera Vivienda, 0.94 UNT en la Vivienda Intermedia y 0.91 UNT en la Última Vivienda de la red, el LMP según el DS N° 031-2010-SA es de 5 UNT. Con el fin de garantizar la calidad del agua y realizar una óptima cloración la Turbiedad del agua deberá ser menor de 5 unidades nefelométrica de turbiedad (MINSa, 2010), pues la Turbiedad elevada puede proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección, estimular la proliferación de bacterias y generar una demanda significativa de cloro, además de dar lugar a la formación de Trihalometanos como el Bromoformo, bromodichlorometano, cloroformo y dibromoclorometano (OMS, 2011).

El valor de pH según el Reglamento de la Calidad de Agua para consumo Humano es de 6.5 a 8.5; el agua que se suministra a la población de Alan García es presenta un valor promedio de

7.63 en Reservoirio, 7.49 en la primera vivienda, 7.5 en la Vivienda Intermedia y 7.39 en la Última Vivienda, se evidencia que en todos los casos los valores de pH están dentro del rango establecido en el Reglamento. El pH no afecta directamente a los consumidores, pero se debe prestar importancia debido a que su alcalinidad o acides interfiere en la eficiencia del desinfectante (OMS, 2006, 2011), pues cuanto más alcalina sea el agua se requerirán mayores dosis y mayor tiempo de contacto (MINSa, 1990), y si presenta valores menor a 7 será probablemente corrosiva y afectara la red de tuberías (OMS, 2011).

En relación a los parámetros microbiológicos, después de haber aplicado el tratamiento mediante desinfección, los valores indican una presencia de Cero (0) Coliformes Termotolerantes y Cero (0) Coliformes Totales para ambos ensayos realizados, cumpliendo de esta manera el LMP establecido en el Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano. La desinfección del agua tiene una importancia indiscutible en la seguridad del abastecimiento del agua para consumo humano, la eliminación de microorganismos patógenos es fundamental para reducir el riesgo general de enfermedades (OMS, 2011).

En cuanto al parámetro organoléptico como el Color, el valor en los 04 puntos críticos de la red para ambos ensayos es de 1 UCV escala Pt/Co, estando por debajo del LMP establecido en la norma del Sector Salud, el cual establece un valor de 15 UCV. El agua para consumo humano no debe tener ningún tipo de color visible, generalmente el color se debe a ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, presencia de hierro y otros metales; un nivel de color alto podría generar subproductos en los procesos de desinfección (OMS, 2011).

Los datos de cloro residual obtenidos durante los 15 días de monitoreo se encuentran dentro del rango establecido en la norma de Salud. Las muestras que se tomen en cualquier punto de la red no deberá ser menor a 0.5 mg/L de cloro residual libre (MINSa, 2010). En el presente estudio, la concentración media de cloro residual en el Reservoirio es de 1.6 mg/L, 1.3 mg/L en la Primera Vivienda, 0.9 en la Vivienda Intermedia y 0.6 mg/L en la Última Vivienda. El Cloro es un desinfectante que reacciona con el agua y forma ácido hipocloroso e hipocloritos el cual tiene un alto poder biocida (OMS, 2006, 2011).

Como referente a la investigación se tiene el aporte de (Muñoz, 2019), que en el 2019 estudió la eficiencia de un sistema de cloración por goteo para el mejoramiento de la calidad del agua para consumo humano en el caserío de Cauchamayo – Celendín, como resultado de esta investigación obtuvo concentraciones ideales de cloro residual en la red con valores de 0.76 mg/L a 0.97 mg/L en la primera vivienda y 0.5 mg/L en la Vivienda Intermedia y Última Vivienda.

V. CONCLUSIONES

Se ha determinado la concentración de los parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y organolépticos estipulados en el Artículo 63° del DS N° 031-2010-SA, y en todos los casos los valores de los Coliformes Termotolerantes, Coliformes Totales, Color y Turbiedad están por debajo del LMP, el pH está dentro del rango establecido y el Cloro Residual está en las concentraciones ideales.

Los resultados obtenidos evidencian la eficiencia del Sistema de Cloración de tipo doble recipiente, alcanzando una eficiencia de 100% en la remoción de parámetros microbiológicos como Coliformes Termotolerantes y Coliformes Totales, garantizando de esta manera la salubridad pública a través del consumo de agua segura.

Con el sistema de Cloración de tipo doble recipiente calibrado de manera adecuada a 60 ml/min se pudo garantizar la concentración ideal de cloro residual en la red y considerando los valores favorables

de los parámetros del pH y la Turbiedad se ha alcanzado una eficiente desinfección del agua y eliminación de Coliformes Termotolerantes y Coliformes Totales.

El Sistema de Cloración es sencillo operar, los costos que se generan a partir de esta acción son relativamente bajos, el mayor gasto está relacionado a la adquisición de insumos químicos como el Hipoclorito de Calcio al 70% y reactivos DPD.

VI. AGRADECIMIENTOS

A la Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por permitir la publicación de la presente investigación.

Mi especial agradecimiento también al Sr. Antolín Guerrero Cordova, Alcalde del Distrito de Alonso de Alvarado, y al Gerente Municipal Sr Edin Fuentes Huatangari, por brindarnos la facilidad para desarrollar la investigación en su jurisdicción

VII. REFERENCIAS

- Banco Mundial. (2017). El saneamiento inadecuado y la falta de acceso a agua limpia afectan a millones de personas en el mundo. Retrieved from <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2017/08/28/millions-around-the-world-held-back-by-poor-sanitation-and-lack-of-access-to-clean-water>
- Banco Mundial. (2019). Agua: Panorama General. Retrieved from <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>
- CAF. (2017). Agua y saneamiento en la nueva ruralidad de América Latina. Retrieved from <https://www.caf.com/es/actualidad/noticias/2017/02/agua-y-saneamiento-en-la-nueva-ruralidad-de-america-latina/>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (S. A. D. C. V. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, Ed.). Retrieved from <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- MINSA. (1990). *Desinfección del Agua*. Retrieved from <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/4616.pdf>
- MINSA. (2010). *Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano*. Retrieved from <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/244805-031-2010-sa>
- Muñoz Mendoza, R. (2019). *Eficiencia del sistema de cloración por goteo para el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano del caserío Cauchamayo - Celendín* (Universidad Nacional de Cajamarca). Retrieved from <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/3564?show=full>
- MVCS. (2020a). DATASS - Modelo para la toma de desiciones en saneamiento. Retrieved from <https://datass.vivienda.gob.pe/>
- MVCS. (2020b). *Guia para el cumplimiento de la meta 05 - Aseguramiento de la calidad y sostenibilidad de la prestación del servicio de agua para consumo humano*. Retrieved from https://www.mef.gob.pe/contenidos/archivos-descarga/Guia_Meta_5_RD004_2020EF5001.pdf
- OMS. (2006). Guías para la calidad del agua potable. *Presidential Studies Quarterly*, 3(3), 590–607. [https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(00\)00006-6](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(00)00006-6)
- OMS. (2011). *Guías para la calidad del agua de consumo humano*. Retrieved from

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>

- OMS. (2017a). *2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro*. Retrieved from <https://www.who.int/es/news-room/detail/12-07-2017-2-1-billion-people-lack-safe-drinking-water-at-home-more-than-twice-as-many-lack-safe-sanitation>
- OMS. (2017b). *Abastecimiento de agua*. Retrieved from <https://www.bancomundial.org/es/topic/watersupply>
- Quispe Huisa, M. F. (2018). *Evaluación y planteamiento de diseño del sistema de dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable del Centro Poblado de Cayacaya - Putina* (Universidad Nacional de Altiplano). Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7879>
- SABA. (2018). Instalación del Hipoclorador de goteo de carga constante de doble recipiente. *Revista Ingenieros y Arquitectos*. Retrieved from https://doc.rero.ch/record/323194/files/10-08_ins_hipoclorador_goteo_carga_constante_doble_recipiente.pdf
- SUNASS. (2019). Indicadores de Organizaciones Comunales Monitoreados por SUNASS (Base de Datos 2018 - 2019). Retrieved from <http://aplicaciones.sunass.gob.pe:8080/webrural/indicadoresMonitoreo.html>
- Villanueva, C. M., Kogevinas, M., & Grimalt, J. O. (2001). Cloración del agua potable y efectos sobre la salud: revisión de estudios epidemiológicos. *Medicina Clínica*, *117*(1), 27–35. [https://doi.org/10.1016/S0025-7753\(01\)72000-3](https://doi.org/10.1016/S0025-7753(01)72000-3)