

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA**

(Creada por Ley Nro. 25265)

**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**



**TESIS**

**CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS CLORADOS EN LA RED DE  
DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE ACOBAMBA,  
HUANCAMELICA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**TECNOLOGÍA AMBIENTAL Y/O SANITARIA**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. ANTEZANA GAVILAN, Reyna**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERA AMBIENTAL Y SANITARIO**

**HUANCAMELICA, PERÚ**

**2020**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley N° 25265)

Ciudad Universitaria Pahrupampa

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

SECRETARÍA DOCENTE



"Año de la universalización de la salud"

### ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

En la ciudad de Huancavelica, a los veinte y seis días del mes de octubre del año 2020, siendo las diez horas (10:00) se reunieron los miembros del Jurado Calificador, designados con la Resolución N°036-2020 con fecha 06 de octubre del 2020, conformado de la siguiente manera:

PRESIDENTE : Blgo. M.Sc. Víctor Guillermo Sánchez Araujo  
SECRETARIO : Ing. Mg. Wilfredo Sáez Huamán  
VOCAL : Ing. M.Sc. Esmila Yeime Chavarria Marquez

para llevar a cabo la sustentación de tesis por medio virtual de forma sincrónica, a través del aplicativo MEET la tesis titulada: CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS CLORADOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE ACOBAMBA, HUANCAMELICA, perteneciente a la Bachiller:

ANTEZANA GAVILAN Reyna

Terminada la sustentación y defensa de la tesis por medio virtual sincrónica, el presidente del Jurado Calificador comunica a la bachiller y público asistente que el Jurado Calificador abandonará la reunión virtual sincrónica por un momento con el propósito de deliberar el acto de sustentación de tesis. Después de .15... minutos de deliberación el Jurado Calificador se reincorpora a dicha reunión virtual, donde el Secretario da lectura el acta de sustentación, en el que se determina lo siguiente:

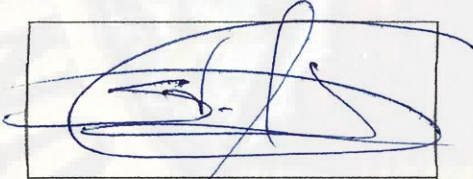
Bachiller: ANTEZANA GAVILAN Reyna

Aprobado por: MAYORIA

Desaprobado por: —

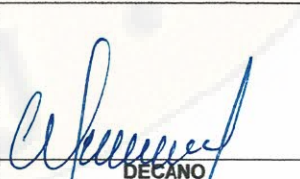
#### OBSERVACIONES:

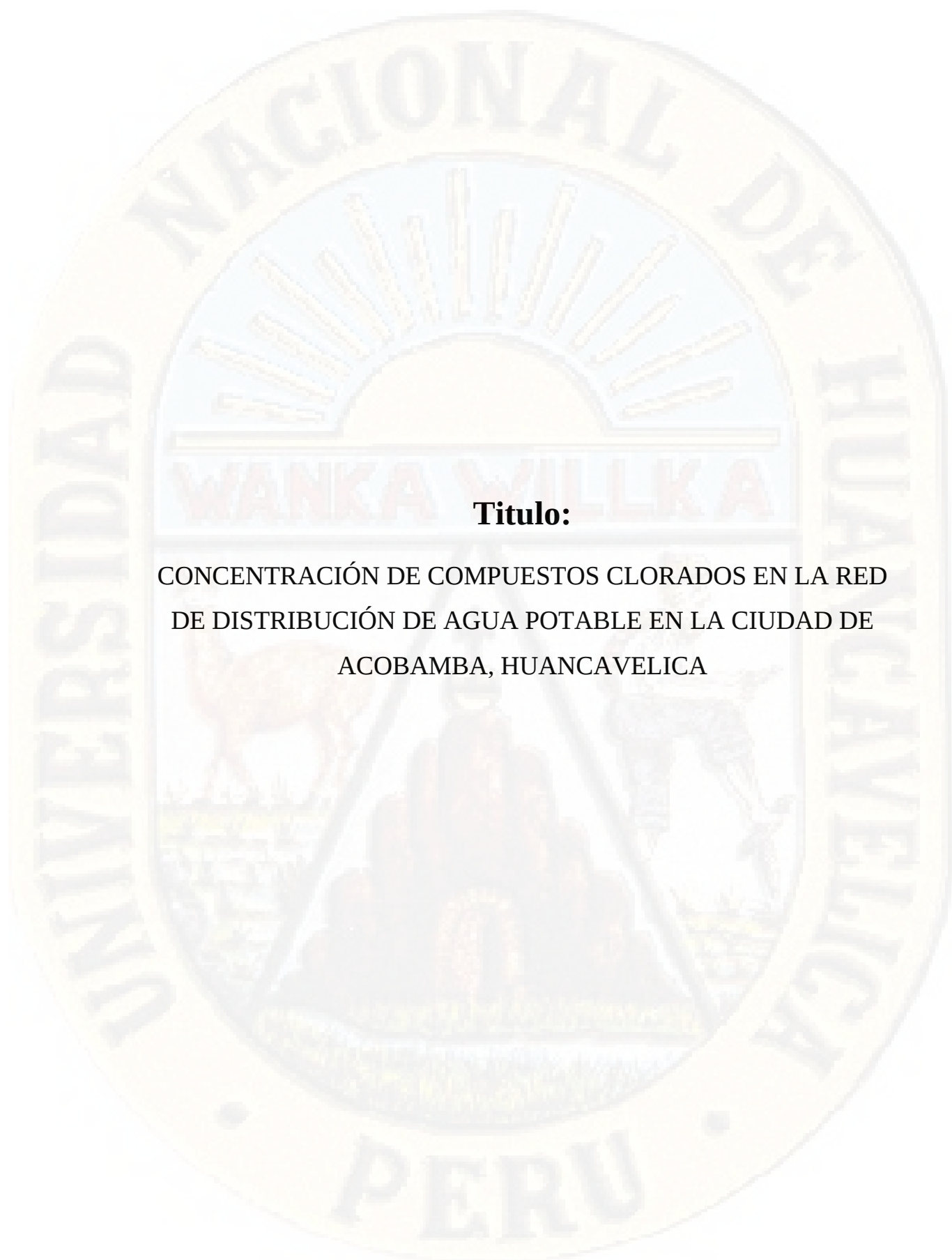
Siendo las .10:57. del mismo día, se da por concluida la reunión y en señal de conformidad firmamos al pie:

  
PRESIDENTE  
Blgo. M.Sc. Víctor G. Sánchez Araujo

  
SECRETARIO  
Ing. Mg. Wilfredo Sáez Huamán

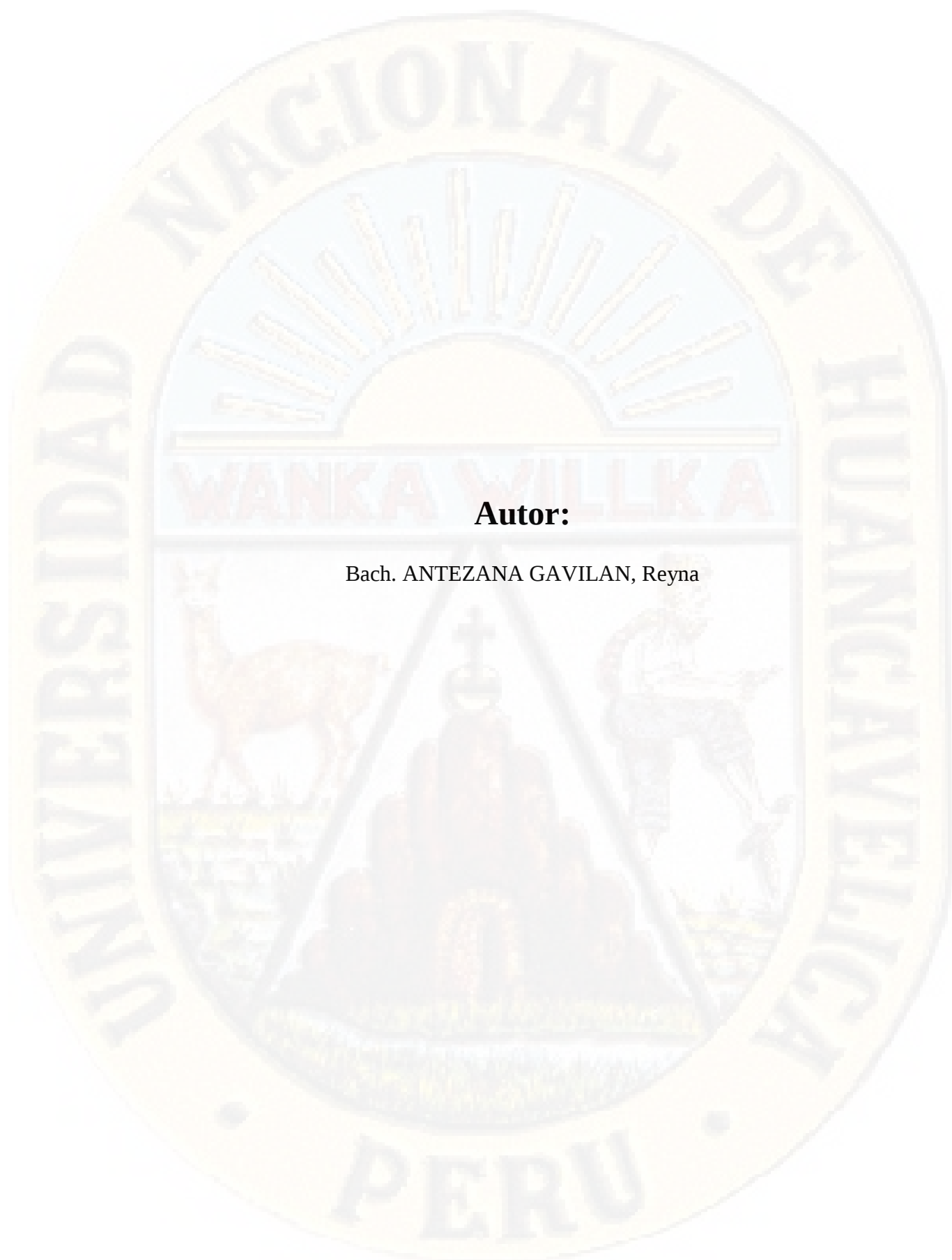
  
VOCAL  
Ing. M.Sc. Esmila Y. Chavarria Marquez

  
DECANO  
M.Sc. William H. Salas Contreras



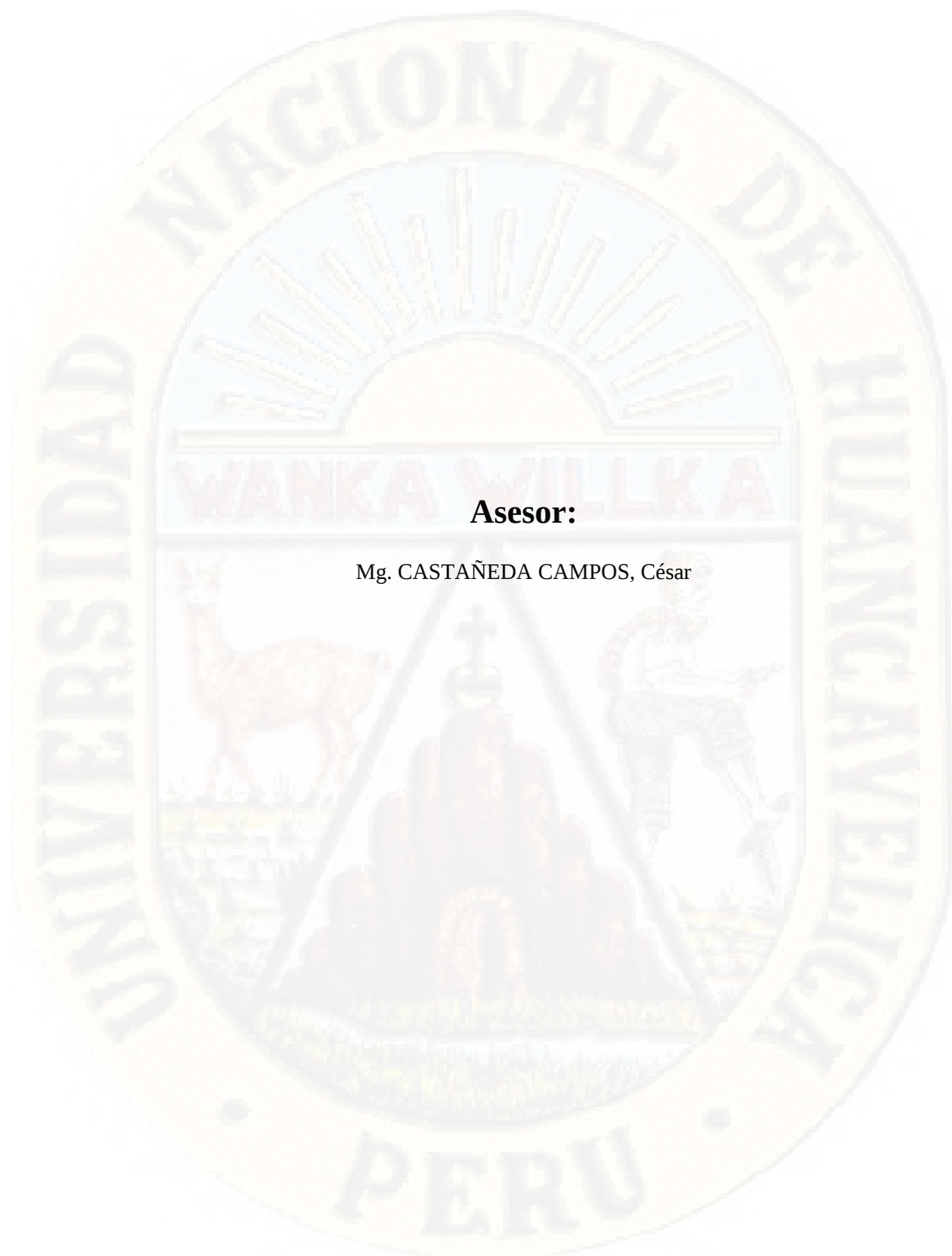
**Título:**

CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS CLORADOS EN LA RED  
DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE  
ACOBAMBA, HUANCAMELICA



**Autor:**

Bach. ANTEZANA GAVILAN, Reyna



**Asesor:**

Mg. CASTAÑEDA CAMPOS, César



## **Agradecimiento**

Principalmente a Dios por darme la vida y la oportunidad de alcanzar mis metas. A mis padres quienes han sido el apoyo fundamental en mi formación académica y profesional, por su sacrificio, motivación y dedicación para lograrlo. A mis hermanos por ser ejemplos y guías que me alientan a ser mejor persona profesionalmente. Y a toda mi familia por su linda compañía en todo momento.

# Tabla de contenidos

|                                                               |           |
|---------------------------------------------------------------|-----------|
| Título:.....                                                  | 2         |
| Autor: .....                                                  | 3         |
| Asesor: .....                                                 | 4         |
| Tabla de contenidos.....                                      | 6         |
| Contenidos de tablas .....                                    | 7         |
| Contenidos de figuras.....                                    | 7         |
| Resumen.....                                                  | 8         |
| Abstract .....                                                | 10        |
| Introducción .....                                            | 11        |
| <b>CAPÍTULO I</b>                                             |           |
| <b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>                        | <b>1</b>  |
| 1.1.    Planteamiento del problema.....                       | 1         |
| 1.2.    Formulación del problema. ....                        | 2         |
| 1.2.1.    Problema general.....                               | 2         |
| 1.2.2.    Problemas específicos. ....                         | 2         |
| 1.3.    Objetivos de la investigación.....                    | 3         |
| 1.3.1.    Objetivo general. ....                              | 3         |
| 1.3.2.    Objetivos específicos.....                          | 3         |
| 1.4.    Justificación e importancia. ....                     | 3         |
| <b>CAPÍTULO II</b>                                            |           |
| <b>MARCO TEÓRICO.....</b>                                     | <b>5</b>  |
| 2.1.    Antecedentes de la investigación.....                 | 5         |
| 2.1.1.    Antecedentes internacionales. ....                  | 5         |
| 2.1.2.    Antecedentes nacionales.....                        | 10        |
| 2.1.3.    Antecedentes Locales. ....                          | 13        |
| 2.2.    Bases teóricas. ....                                  | 15        |
| 2.3.    Definición de términos. ....                          | 22        |
| 2.4.    Formulación de hipótesis.....                         | 25        |
| 2.4.1.    Hipótesis general. ....                             | 25        |
| 2.4.2.    Hipótesis específicas. ....                         | 25        |
| 2.5.    Identificación de variables.....                      | 26        |
| 2.6.    Definición operativa de variables e indicadores. .... | 21        |
| <b>CAPÍTULO III</b>                                           |           |
| <b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>                             | <b>29</b> |
| 3.1.    Tipo de investigación.....                            | 29        |
| 3.2.    Nivel de investigación. ....                          | 29        |
| 3.3.    Método de investigación.....                          | 29        |
| 3.4.    Diseño de investigación.....                          | 29        |
| 3.5.    Población, muestra y muestreo. ....                   | 30        |
| 3.5.1.    Población:.....                                     | 30        |
| 3.5.2.    Muestra:.....                                       | 30        |
| 3.5.3.    Muestreo:.....                                      | 30        |
| 3.6.    Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....  | 31        |
| 3.6.1.    Técnica de recolección de datos. ....               | 31        |
| 3.6.2.    Instrumentos para la obtención de datos.....        | 31        |

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| 3.6.3. Instrumentos para la obtención de datos de campo. .... | 32 |
| 3.7. Técnicas y procesamiento de análisis de datos. ....      | 36 |
| 3.7.1. Descripción de la prueba de hipótesis. ....            | 36 |
| <b>CAPÍTULO IV</b>                                            |    |
| <b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....                          | 37 |
| 4.1. Presentación de resultados. ....                         | 37 |
| 4.2. Análisis de resultados. ....                             | 40 |
| <b>CONCLUSIONES</b> .....                                     | 55 |
| Recomendaciones.....                                          | 56 |
| Referencia bibliográfica .....                                | 57 |
| Apéndice .....                                                | 59 |

## Contenidos de tablas

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1</b> Límite máximo permisible de cloro total y cloro residual libre. .... | 22 |
| <b>Tabla 2</b> Matriz de operacionalización de variables .....                      | 21 |
| <b>Tabla 3</b> Plan de muestreo para el análisis.....                               | 32 |
| <b>Tabla 4</b> Tabla de resultados obtenidos de cloro total .....                   | 37 |
| <b>Tabla 5</b> Tabla de resultados obtenidos de cloro residual libre.....           | 39 |
| <b>Tabla 6</b> Estadística descriptiva para cloro total .....                       | 42 |
| <b>Tabla 7</b> Tabla de Z para valores positivos .....                              | 43 |
| <b>Tabla 8</b> Datos estadísticos del cloro total (mg/L).....                       | 44 |
| <b>Tabla 9</b> Hipótesis estadística para cloro total (mg/L) .....                  | 45 |
| <b>Tabla 10</b> Prueba de hipótesis para cloro total (mg/L).....                    | 45 |
| <b>Tabla 11</b> Estadística descriptiva para cloro residual libre .....             | 49 |
| <b>Tabla 12</b> Tabla de Z para valores negativos .....                             | 50 |
| <b>Tabla 13</b> Estadística descriptiva del cloro residual libre (mg/L) .....       | 51 |
| <b>Tabla 14</b> Hipótesis estadística para cloro residual libre (mg/L) .....        | 52 |
| <b>Tabla 15</b> Prueba de hipótesis para cloro residual libre (mg/L).....           | 52 |

## Contenidos de figuras

|                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> Limpieza del grifo con alcohol 96°.....                                                    | 33 |
| <b>Figura 2</b> Instrumentos para cloro total y cloro residual libre .....                                 | 34 |
| <b>Figura 3</b> Verificación de monitoreo in situ .....                                                    | 34 |
| <b>Figura 4</b> Sobre de DPD para cloro residual libre .....                                               | 35 |
| <b>Figura 5</b> Análisis en el clorímetro tipo disco .....                                                 | 36 |
| <b>Figura 6</b> Variación del cloro total a lo largo del tiempo.....                                       | 38 |
| <b>Figura 7</b> Variación del cloro residual libre a lo largo del tiempo. ....                             | 39 |
| <b>Figura 8</b> Prueba de normalidad de kolmogorov - smirnov para cloro total.....                         | 40 |
| <b>Figura 9</b> Test de Levene para la homogeneidad de varianzas del cloro total .....                     | 41 |
| <b>Figura 10</b> Valores críticos para aceptar o rechazar la hipótesis nula del cloro total.....           | 44 |
| <b>Figura 11</b> Prueba de Normalidad de kolmogorov - smirnov para cloro residual libre. ....              | 47 |
| <b>Figura 12</b> Test de Levene para la homogeneidad de varianzas del cloro residual libre .....           | 48 |
| <b>Figura 13</b> Valores críticos para aceptar o rechazar la hipótesis nula del cloro residual libre. .... | 51 |

## Apéndice

|                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Apéndice 1</b> Matriz de consistencia. ....                                                                                                           | 60 |
| <b>Apéndice 2</b> Cronograma de actividades. ....                                                                                                        | 61 |
| <b>Apéndice 3</b> Croquis de la sectorización de la ciudad de Acobamba .....                                                                             | 62 |
| <b>Apéndice 4</b> Puntos de muestreo de agua del sector 1. ....                                                                                          | 63 |
| <b>Apéndice 5</b> Puntos de muestreo de agua del sector 2. ....                                                                                          | 64 |
| <b>Apéndice 6</b> Puntos de muestreo de agua del sector 3. ....                                                                                          | 65 |
| <b>Apéndice 7</b> Puntos de muestreo de agua del sector 4. ....                                                                                          | 66 |
| <b>Apéndice 8</b> Visita a la Unidad de Gestión de Servicios de Saneamiento (UGSS) de la municipalidad provincial de Acobamba para más información. .... | 66 |
| <b>Apéndice 9</b> Instrumento de medición (clorímetro tipo disco) para cloro residual libre.....                                                         | 67 |
| <b>Apéndice 10</b> Instrumento de medición (comparador de cloro) para cloro total.....                                                                   | 67 |
| <b>Apéndice 11</b> DPD 1 para cloro residual libre. ....                                                                                                 | 68 |
| <b>Apéndice 12</b> DPD 3 para cloro total. ....                                                                                                          | 68 |
| <b>Apéndice 13</b> Tesista tomando coordenadas de los cuatro sectores.....                                                                               | 69 |
| <b>Apéndice 14</b> Realizando visita a las viviendas participantes de los sectores seleccionados .....                                                   | 69 |
| <b>Apéndice 15</b> Tomando muestras de agua .....                                                                                                        | 70 |
| <b>Apéndice 16</b> Celdas de muestreo.....                                                                                                               | 70 |
| <b>Apéndice 17</b> Tesista realizando la lectura de muestras .....                                                                                       | 71 |
| <b>Apéndice 18</b> Registrando los resultados de las muestras.....                                                                                       | 71 |

## Resumen

En la tesis se tuvo el principal objetivo de evaluar la concentración de compuestos clorados en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, y compararlos con los límites máximos permisibles del DS. N° 031-2010-SA. La hipótesis que se plantea como posible respuesta es la concentración de compuestos clorados en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, no cumplen con los límites máximos permisibles del DS. N° 031-2010-SA. Se realizó el método de investigación inductivo - deductivo, a través del diseño de investigación no experimental – tipo transversal. Los instrumentos de recolección de datos fueron el comparador de cloro (cloro total) y clorímetro tipo disco (cloro residual libre), ficha de recojo de datos y el DS. N° 031-2010-SA. Para la técnica y procesamiento de análisis de datos se utilizó la prueba de Z a través del cálculo directo y la comprobación con el software Minitab 18, también Microsoft Excel 2016 para realizar las gráficas y otros cálculos. Los resultados obtenidos fueron que la concentración de los compuestos clorados se encuentra en niveles por debajo de los LMP establecidos en el DS. N° 031-2010-SA. Los cuales son  $\leq 5$  mg/L para cloro total y  $\geq 0.5$  mg/L para cloro residual libre. En conclusión, la concentración de los compuestos clorados en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba para el cloro total está dentro de los límites máximos permisibles, pero en cantidades mínimas, por lo tanto, el agua es apto para consumo humano, pero no garantiza una buena calidad de agua potable a la ciudad de Acobamba por la inadecuada cloración, por otro lado, el cloro residual libre no cumple con los límites máximos permisibles, por lo tanto, el agua no es apta para el consumo humano.

**Palabras clave:** compuestos clorados, cloro residual libre, cloro total, agua para consumo humano.

## Abstract

The thesis had the main objective of evaluating the concentration of chlorinated compounds in the drinking water distribution network of the city of Acobamba, and comparing them with the maximum permissible limits DS. N ° 031-2010-SA. The hypothesis that arises as a possible answer is the concentration of chlorinated compounds in the drinking water distribution network of the city of Acobamba, they do not comply with the maximum permissible DS limits. N ° 031-2010-SA. The inductive-deductive research method was carried out, through the non-experimental research design - cross-sectional type. The data collection instruments were the disk type chlorimeter (free residual chlorine) and the chlorine comparator (total chlorine), data collection sheet and the DS. N ° 031-2010-SA. For the data analysis technique and processing, the Z test was used through direct calculation and verification with the Minitab 18 software, also Microsoft Excel 2016 to perform the graphs and other calculations. The results obtained were that the concentration of the chlorinated compounds is at levels below the LMP established in the DS. N ° 031-2010-SA. Which  $\leq 5$  mg / L are for total chlorine and  $\geq 0.5$  mg / L for free residual chlorine. In conclusion, the concentration of chlorinated compounds in the drinking water distribution network of the city of Acobamba for total chlorine is within the maximum permissible limits, but in minimum quantities, on the other hand, the free residual chlorine does not comply with the maximum permissible limits, therefore, the water is not suitable for human consumption.

Keywords: chlorinated compounds, free residual chlorine, total chlorine, water for human consumption.

## **Introducción**

El propósito fundamental del estudio fue evaluar la concentración de compuestos clorados en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, y comparar con los límites máximos permisibles del DS. N° 031-2010-SA, en la ciudad de Acobamba, departamento de Huancavelica. Este trabajo presenta los siguientes capítulos. Capítulo I. Se detalla el planteamiento del problema, donde se presentan la problemática existente a investigar respecto al cloro total y cloro residual libre en la red de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Acobamba, del mismo modo se formula la interrogante de la investigación y los objetivos: Evaluar el cloro total y cloro residual libre en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, y compararlos con los límites máximos permisibles del DS. N° 031-2010-SA, justificando a nivel económico, social y ambiental de esa manera dándole mayor importancia al tema de la calidad del agua para consumo humano de la ciudad de Acobamba.

En el capítulo II. Se describe el marco teórico a partir de investigaciones a nivel internacional, nacional y local, que fueron utilizados como antecedentes para reforzar la investigación. Del mismo modo, con las bases teóricas y definición de términos tomadas como fundamento de la tesis todo ello para formular las hipótesis y finalmente formular y definir la variable de la concentración de compuestos clorados; En el capítulo III. Se establecen los materiales y métodos de la investigación detallando el tipo y nivel de investigación, método de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de procesamiento de análisis de datos empleándose en el desarrollo de la investigación. Finalmente, el capítulo IV. La discusión de resultados, el cual es parte más importante y de mayor interés en la tesis, presentando los resultados mediante tablas y figuras con su respectivo análisis de los resultados obtenidos. Las conclusiones de la tesis se presentan en función a los objetivos planteados, se realizan algunas recomendaciones para futuras investigaciones.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento del problema.**

En la actualidad la organización mundial de salud (OMS) recomienda realizar la cloración del agua como una medida sanitaria efectiva para lograr el abastecimiento de agua segura y prevenir enfermedades de transmisión hídrica (Quispe & Torres, 2018).

La importancia que ha cobrado la calidad del agua en el Perú ha generado que sean ideados procesos de tratamiento que garanticen su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas. Para garantizar la seguridad del agua potable, los sistemas de desinfección del agua se aplican generalmente en una etapa final del tratamiento del agua (Pérez & Ramos, 2018).

Los sistemas de abastecimiento de agua potable en el medio rural que funcionan a gravedad y no tienen tratamiento o el tratamiento son deficiente, generan enfermedades gastrointestinales en los usuarios por el consumo de agua no desinfectada. Todos los sistemas de abastecimiento de agua potable, deben de brindar agua de buena calidad apta para el consumo humano. El Ministerio de Salud establece mediante norma, el monitoreo del control de calidad del agua para que se garantice su potabilización (Quispe & Torres, 2018).

En la ciudad de Acobamba la Unidad de Gestión de Servicios de Saneamiento (UGSS), tiene una planta de tratamiento de agua potable (PTAP), planta NÚMERO 8, los informes municipales afirman que: La planta NUMERO 8 tiene una capacidad máxima de tratamiento de 160 L/seg abastece al 80% de la población con el servicio.

Últimamente la UGSS ha informado que la población se ha incrementado y que los reservorios con los que se cuenta ya no logran abastecer a toda la ciudad, el agua viene solo por dos horas en las mañanas (6:00 am – 8:00 am) para todo Acobamba.

Esto ha traído consigo que, vecinos de diversos sectores de la ciudad denuncian que el agua que llega a sus hogares no es agua para consumo humano y solo viene dos horas al día. Indican que al abrir los grifos el agua sale turbia, con tierra y a veces sin presencia de cloro. Además, otro grupo de pobladores de la parte baja de la ciudad se vienen quejando, preocupados por la falta de agua durante el día y la mala calidad de agua que reciben en sus hogares. Asimismo, Sofía Torres Parodi, usuaria de la ciudad de Acobamba domiciliado en la Av. San Martín S/N, afirma que: El agua sale con poco de tierra y con escasez de cloro, quizás no realizan limpieza en el reservorio o no están clorando adecuadamente el agua.

Por tal motivo, es necesario evaluar la concentración de los compuestos clorados de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, departamento de Huancavelica durante el mes de marzo del 2020 para compararlos con los límites máximos permisibles DS. N° 031-2010-SA.

## **1.2. Formulación del problema.**

### **1.2.1. Problema general.**

¿Cuál es la concentración de los compuestos clorados en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica?

### **1.2.2. Problemas específicos.**

- ¿Cuál es la concentración de cloro total en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica?
- ¿Cuál es la concentración de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica?

### **1.3. Objetivos de la investigación.**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Evaluar la concentración de los compuestos clorados en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica y comparar con los límites máximos permisibles del DS. N° 031-2010-SA.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- Determinar la concentración de cloro total en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica y comparar con los límites máximos permisibles del DS. N° 031-2010-SA.
- Determinar la concentración de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica y comparar con los límites máximos permisibles del DS. N° 031-2010-SA.

### **1.4. Justificación e importancia.**

El propósito primordial de la tesis es la evaluación de la concentración de los compuestos clorados del sistema de agua potable, permitirá reducir las enfermedades infecciosas (cólera, sarna) e intestinales; con lo cual se mejora la calidad de vida de los pobladores de la ciudad de Acobamba del departamento de Huancavelica, y como personas sanas serán más productivas en sus tareas domésticas y trabajos en el campo, así mismo se genera un ahorro económico por gastos en medicamentos debido a enfermedades estomacales por consumo de agua contaminada con patógenos por la inadecuada cloración.

Mediante el desarrollo de esta investigación se pretende mejorar la calidad de vida de los pobladores que consumen agua tratada, para que no se enfermen, y de esta manera se resuelve el problema de desnutrición de los niños haciendo que consuman agua de calidad y a su vez generar en la población una cultura de educación ambiental sobre el cuidado y protección del agua (Tomaylla, 2017)

**En lo Económico,** La tesis se justifica económicamente porque disminuirá el riesgo de mayores complicaciones en la salud causados por los microorganismos patógenos por tanto el ahorro, al evitar gastos en terapias complementarias. Así mismo se solucionarían problemas de salud ocupacionales, traduciéndose en un bajo costo económico y en la elevación de la calidad de vida de población que utilizan las aguas de los riachuelos.

**En lo Social,** el proyecto de investigación tiene relación con el aspecto social, porque se justifica que mediante el desarrollo de esta tesis se pretende lograr una evaluación de la calidad del agua para consumo humano para la ciudad de Acobamba, podemos sugerir las medidas de mitigación de los agentes contaminantes; los resultados serán implementados por las autoridades competentes, beneficiará a la sociedad, garantizando la seguridad de su salud de la población.

**En lo Ambiental,** se justifica porque, el ambiente o entorno en el que se desarrollan los seres vivos del planeta, constantemente sufre cambios y alteraciones de diversas causas o fuentes. El hombre con sus actividades industriales y comerciales, está causando la mayoría de estas alteraciones. Es por esto que es necesario emplear métodos para medir y evitar si son posibles estos impactos al ambiente de tal manera que no cause efectos secundarios en el hombre y también sobre la flora y fauna.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación.**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales.**

Según Rodríguez (2017) en su tesis VARIABILIDAD TEMPORAL DE CLORO RESIDUAL Y PRESENCIA DE FE, CU Y MN EN UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN CIUDAD DEL CARMEN, CAMPECHE; Con el objetivo de evaluar la calidad del agua potable en ciudad del Carmen, se realizaron análisis de las concentraciones de cloro residual, Fe, Cu y Mn durante la temporada de lluvias y secas, con la finalidad de conocer la variabilidad temporal de dichos elementos a lo largo de la red de distribución de agua potable; Se tomaron un total de 17 muestras directamente de tomas domiciliarias de colonias localizadas en el sector poniente de la ciudad; se trabajó únicamente en esta zona de la ciudad debido a que es la que presenta mayores deficiencias en el suministro de agua; Las concentraciones de cloro registraron mayor variación durante la temporada de secas, y aunque entre temporadas las variaciones de manera general no fueron significativas, en sitios puntuales se observó que los niveles de cloro residual rebasaron los límites permisibles (0.2-1.00 mg/l) establecidos por la norma oficial mexicana NOM-127-SSA-1-1994; En cuanto a la concentración de metales, en ninguno de los tres elementos estudiados se encontraron variabilidades significativas en las dos temporadas estudiadas; sin embargo, se confirmó la presencia de estos elementos en la red de distribución de agua potable de ciudad del Carmen, lo cual sugiere prestar mayor atención sobre los materiales que componen la infraestructura del recurso hídrico y de este modo evitar que los niveles de dichos metales superen los valores establecidos por la norma.

Puebla (2017) realizó un artículo sobre EVALUACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA, EL CLORO RESIDUAL EN LAS AGUAS DE CONSUMO HUMANO DE LA CIUDAD DE MOA EN EL PERIODO

FEBRERO - ABRIL DE 2016; La investigación tuvo el objetivo de evaluar los contenidos de cloro residual y materia orgánica en aguas de consumo en 21 muestras; Para ello se realizó una caracterización de la calidad del agua filtrada del tanque de almacenamiento para la distribución de la planta potabilizadora a los diferentes repartos, así como otras determinaciones de propiedades físicas y organolépticas que sirvieron de base para el estudio del cloro residual y materia orgánica en diferentes puntos representativos de la red de distribución y domiciliarios; La norma para el cloro para agua potable establece límites entre 0.3 y 0.6 ppm, obteniéndose menor a 0.3 ppm un 52.38 % de las muestras, un 42.85 % dentro de los límites establecidos y un 4.76 % superando el 0.6 ppm, conllevando a aumentar el riesgo de contraer enfermedades como: la gastroenteritis, la disenteria, la hepatitis, el tifus, el cólera y la guardias; Respecto al análisis de materia orgánica se observó que las aguas de consumo son hidrocarbonatadas magnésicas y de acuerdo a su pH son débilmente básicas, de acuerdo a la contaminación salina las aguas son normales y con respecto a la dureza se caracterizan, ligera y moderadamente duras.

Según Garcia (2016) en su tesis titulado MODELO DE DECAIMIENTO DE CLORO LIBRE EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE AZOGUES, ECUADOR; Este estudio tuvo como objetivo evaluar un modelo de decaimiento de cloro residual en una Red de Distribución de Agua Potable (RDAP) usando EPANET y la relación del cloro libre en la corrosión; Para la modelación del cloro libre fue necesario elaborar un modelo hidráulico perfectamente calibrado y validado, así como determinar la constante de reacción del cloro con el agua kb, mediante el test de botella; mientras la constante de reacción con la pared del tubo kw fue calculada a partir de mediciones de campo; Para estimar la corrosión de las tuberías de cobre se utilizaron cupones extraíbles contruidos con material de la misma tubería usada por la EMAPAL; Estos cupones fueron instalados en agua a diferentes concentraciones de cloro durante 30, 60, 90 y 180 días, luego de lo cual se determinó la tasa de corrosión por pérdida de peso; Las concentraciones de cloro residual simuladas por el modelo fueron muy cercanas a las concentraciones

reales medidas en diferentes puntos de la RDAP; Los resultados demostraron que se puede lograr un mayor nivel de precisión usando coeficientes kb y kw calculados experimentalmente en cada RDAP en estudio; Se determinó que el cloro influye en la corrosión de tuberías de cobre; La simulación permitió determinar las concentraciones de cloro que debe mantenerse en el tanque de distribución, para mantener la mínima concentración en la RDAP de la ciudad de Azogues; Los modelos predicen la calidad del agua, pudiéndose usar como una herramienta de gestión para optimizar la calidad del servicio proporcionada por las empresas operadoras.

Según Pérez (2016) en su artículo científico titulado CONTROL DE CALIDAD EN AGUAS PARA CONSUMO HUMANO EN LA REGIÓN OCCIDENTAL DE COSTA RICA; En esta investigación se evaluaron diferentes parámetros de calidad del agua para consumo humano, tales como conductividad eléctrica, densidad, pH, dureza total, dureza cálcica, alcalinidad total, cloruros, magnesio y calcio por absorción atómica, en muestras de agua potable de la región de Occidente del país, incluyendo Grecia, Naranjo, San Ramón, Poás, Zarcero, San Carlos y Esparza; El objetivo fue comparar los resultados obtenidos para los parámetros de calidad evaluados entre las muestras analizadas; El estudio arrojó resultados muy favorables, ya que las muestras cumplen con la regulación vigente en el país en cuanto a parámetros de calidad del agua; No obstante, cabe destacar que en los casos de la prueba de alcalinidad total de las muestras de las zonas de San Ramón y San Carlos, los resultados sobrepasan lo recomendado por los parámetros de calidad; Este no es un criterio contemplado en el reglamento vigente en el país, pero se espera que la irregularidad tenga una causa puntual y aleatoria, que no tenga repercusión en la salud humana de la población.

Según Campoverde (2015) en su tesis de maestría titulado ANÁLISIS DEL EFECTO TOXICOLÓGICO QUE PROVOCA EL CONSUMO HUMANO DE AGUA NO POTABLE, MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUAS TRATADAS DE LAS

PARROQUIAS RURALES DEL CANTÓN CUENCA; se ha planteado este proyecto, para evaluar los efectos toxicológicos y ambientales que el consumo de esta agua provoca en la población que la consume, mediante la determinación cuali-cuantitativa de cloro libre residual, para tener un sustento informativo y un indicador para vigilar la calidad de agua; Además, se recolectó los datos de la dirección provincial de salud del azuay, tomados del sistema integrado de vigilancia epidemiológica en su informe de enfermedades inmune prevenibles, con el objeto de relacionar, analizar y evaluar las enfermedades de mayor prevalencia en el Cantón Cuenca que se dan por el consumo de Agua Tratada no apta para Consumo Humano; Esta investigación está planteada ejecutarla en las parroquias rurales de nuestro cantón y sus comunidades; Además, se obtuvo datos de densidad poblacional de cada una de las parroquias, datos publicados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

Según Barbolla, De la Cruz, Piña, De la Fuente, & Garrido (2013) en su artículo de investigación titulado CALIDAD DEL AGUA EN TABASCO; El trabajo de investigación tuvo como objetivo conocer las características fisicoquímicas y calidad de las muestras de agua potable, procedentes de las diferentes Jurisdicciones Sanitarias Se realizó un estudio que contó con 268 registros de agua potable; Las variables bajo estudio fueron: el número o folio, jurisdicción, color, turbidez, pH, dureza total como  $\text{CaCO}_3$ , sulfatos, nitratos como nitrógenos, cloruros, cloro residual y sólidos disueltos totales: Se obtuvieron las medias estadísticas de los siguientes parámetros del agua potable: color 11.46 pt/Co, turbidez 5.40 UTM, pH 7.62, dureza total como  $\text{CaCO}_3$  de 223.05 mg/l, sulfatos 89.86 mg/l, nitratos como nitrógeno 0.39 mg/l, cloro libre residual 0.75 mg/l, cloruros 40.17 mg/l, y sólidos disueltos totales de 395.05 mg/l; La coloración del agua potable se encuentra dentro de los límites permisibles de calidad en un espectro de 0 a 20 pt/Co, no se cumplen con la turbidez que se encuentra en una escala de 0-5 UTM, cumple con los límites de cloro residual libre que establece un rango de 0,2-1,50 mg/l, cumple con los límites de cloruros que establece un rango de 0-250,00 mg/, cumple con los límites de dureza total que establece un rango de 0-500,00 mg/l, cumple con los

límites de nitratos como nitrógeno que establece un rango de 0-10,00 mg/l, cumple con los límites de sólidos disueltos totales que establece un rango 0-1000,00 mg/l, cumple con los límites de sulfato que establece un rango 0 – 400,00 mg/l; También se observó una correlación entre turbidez con sulfatos y dureza total y que existe una discordancia entre las variables físicas y químicas del agua potable de la muestra de las 268 localidades.

Según Guzmán, Nava, & Díaz (2012) realizó un artículo sobre LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y SU ASOCIACIÓN CON LA MORBIMORTALIDAD EN COLOMBIA, 2008-2012; objetivo: analizar la calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbilidad y mortalidad en Colombia, 2008-2012; Materiales y métodos; Se analizó la base de datos de la vigilancia de la calidad del agua mediante métodos de estadística descriptiva en lo referente a las principales características indicadoras de calidad (coliformes totales, Escherichia coli, turbiedad, color, pH, cloro residual libre e índice del riesgo de la calidad del agua); Los resultados se correlacionaron con la mortalidad infantil y la morbilidad por enfermedad diarreica aguda, enfermedades transmitidas por alimentos y hepatitis A; Se elaboró un mapa de riesgo para identificar los municipios con alto riesgo de contaminación del agua y mortalidad infantil; Resultados; Se encontró un alto porcentaje de municipios en los que el valor de potabilidad del agua no se ajustaba a lo establecido por la norma vigente; se identificaron los problemas relacionados con la presencia de E coli, de coliformes totales y la ausencia de cloro residual libre, los cuales fueron más agudos en la zona rural; La calidad del agua tuvo una mayor correlación con la mortalidad infantil, constatándose así su importancia para la salud de la población infantil; Conclusión, la calidad del agua demostró tener un impacto importante en la mortalidad infantil, por lo que se requiere la adopción de políticas que fortalezcan los sistemas de suministro de agua en el país; Es esencial fortalecer los programas de vigilancia en salud ambiental, para orientar las acciones de mejoramiento de la calidad del agua e influir positivamente en la salud.

### 2.1.2. Antecedentes nacionales.

Según Nuñez (2019) en su tesis titulado CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS CLORADOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL RESERVORIO N° 2 DE LA PLANTA EL MILAGRO EN LA CIUDAD DE CAJAMARCA – 2018; El cual tuvo como objetivo principal: Evaluar la concentración de los compuestos clorados en la red de distribución de agua potable del reservorio N° 2 de la planta el Milagro durante el mes de diciembre del 2018 mediante el DS N° 031-2010-SA y la OMS; La hipótesis fue: La concentración de compuestos clorados en la red de distribución de agua potable del reservorio N° 2 de la planta El Milagro, cumple con los LMP dispuestos por el DS N° 031-2010-SA y la OMS; Se realizó el método de investigación de campo, a través de la técnica de la investigación cuantitativa; Los instrumentos de medición fueron el colorímetro, libreta de campo y los parámetros dispuestos por la OMS y el DS N° 031-210-SA; La técnica de análisis de datos fue el análisis de varianza (ANOVA) y diagrama de cajas a través del software del Minitab 17, así mismo la hoja de cálculo (Excel) para la comparación de los resultados obtenidos; Como resultado, se obtuvo que la concentración de los compuestos clorados se encuentra en niveles por debajo de los LMP dispuestos por el DS N° 031-2010-SA; Los cuales son  $\geq 0,5$  mg/L para cloro libre residual,  $\leq 3$  mg/L para las cloraminas y  $\leq 5$  mg/L para el cloro total residual; Se concluye que, los compuestos clorados están dentro de los límites máximos permisibles, pero en cantidades mínimas, por lo tanto, el agua no es apta para el consumo humano.

Según Quispe (2018) en su tesis titulado EVALUACIÓN Y PLANTEAMIENTO DE DISEÑO DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE CLORO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CENTRO POBLADO DE CAYACAYA – PUTINA; Cuyo objetivo fue: evaluar el sistema de dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable por ineficiencia en el proceso de cloración y plantear un diseño mejorado; La metodología empleada fue la siguiente: primero se recopiló la información básica; segundo se evaluó el

parámetro de cloro libre residual; tercero se hizo un diagnóstico técnico, físico y operacional del sistema de cloración; y cuarto se conceptualizó y planteó un diseño mejorado para el sistema de cloración; Del resultado de las 30 muestras tomadas por vivienda se tuvo que: en la vivienda más próxima al reservorio el 57% está dentro de los límites permisibles y el 43% se encuentra por debajo; en la vivienda intermedia de la red el 27% está dentro de los límites permisibles y el 73% se encuentra por debajo; y en la vivienda más alejada de la red el 3% está dentro de los límites permisibles y el 97% se encuentra por debajo; La infraestructura, organización y capacitación son deficientes para la operación; En tal razón se desarrolló la propuesta de un plano del diseño mejorado, en base a un cálculo hidráulico y adoptando criterios que permitan un mejor proceso de desinfección del agua potable actual; Finalmente se concluye que los beneficiarios del actual sistema de abastecimiento, utilizan agua no apta para consumo humano por estar fuera de los límites máximos permisibles establecidas por el Ministerio de Salud, debido también a que carecen de capacitación y sensibilización en los usuarios; También se ha planteado un diseño mejorado del sistema de cloración y un manual de operación, para que el servicio sea económico, eficiente, equitativo y ambientalmente sustentable.

Según Quispe & Torres (2018) en su tesis DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE DOSIFICACIÓN DE CLORO PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE LA COMUNIDAD PLANTA-PAIJAN-LA LIBERTA; El estudio ha sido realizado, donde el servicio es ineficiente en cuanto a su correcta cloración y en consecuencia no asegura la inocuidad y calidad del agua de consumo, corroborándose en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados por distintos laboratorios, proponiendo como solución, el diseño de un sistema automatizado de dosificación de cloro gas, que garantiza permanentemente la calidad del agua en la distribución del servicio en sus habitantes según lo indica el DS 031-2010-SA; Este sistema fue seleccionado en base a la evaluación de las alternativas de solución que mejor se adapte, el desarrollo del dimensionamiento del diseño y el análisis económico social, cuyo

calculo y elección confirma que la alternativa más confiable es la automatización del proceso de cloración; Siendo una opción optima que comprende el comportamiento de una red de distribución con agua clorada, llevando al tanque elevado un nivel de cloro muy aproximado a 1 ppm y asegurando la calidad del agua; El caudal de operación y la cantidad de cloro demandada son los parámetros que determinan la selección y dimensionamiento de los equipos para el sistema.

Según Tomaylla (2017) en su tesis titulado DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE CLORACIÓN POR GOTEO EN LA DESINFECCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO DE LA COMUNIDAD DE CAPIILLAPATA - LOS MOROCHUCOS -CANGALLO, AYACUCHO – 2016; La presente investigación se desarrolló en la comunidad de Capillapata del distrito de los Morochucos, provincia Cangallo del departamento de Ayacucho; El objetivo del presente trabajo fue diseñar, construir y evaluar las condiciones de operación de una nueva alternativa tecnológica de dosificación de cloro por goteo; En este sistema se estudiaron las diferentes condiciones de operación y se cuantificaron las diferentes variables como: altura de carga de agua, caudal experimental de goteo de los diferentes tipos de goteros comerciales empleando el método volumétrico, concentración de la solución del desinfectante, cloro residual (mg/L), temperatura (0C), pH y coliformes termotolerantes; Los resultados de la evaluación indican que a condiciones de la comunidad de Capillapta es aplicable el sistema de cloración por goteo con el gotero Jain Emitter con un caudal constante de goteo de  $2,7778 \times 10^{-4}$  L/s a lo largo del año a una altura de carga de agua de 73 cm, obteniendo la concentración promedio anual de solución de hipoclorito de calcio de 3124,529 mg/L a dosificar, que requiere un peso promedio de 3,348 kg de hipoclorito de calcio al 70 % sólido comercial, esto obtenido del balance de masa, alcanzando un cloro residual mínimo en la última vivienda  $\geq 0,51$  mg/L, un pH promedio de 7,12, una temperatura promedio de 11,06 0C y ausencia de coliformes termotolerantes (0 UFC/100 mL); Cumpliendo la normatividad (LMP) y garantizando la calidad del agua, mejorando la calidad de vida de los pobladores.

Según Murillo (2015) en su tesis titulado CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA RESPECTO AL CLORO RESIDUAL Y TURBIDEZ EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO SEDA JULIACA DE 2015; La Presente investigación tuvo como objetivo principal, determinar mediante control estadístico de calidad si el cloro residual y la turbidez del agua de la planta de tratamiento EPS SEDA JULIACA SA cumplen con las especificaciones establecidas por el Ministerio de Salud en el año 2015; La hipótesis que se estructuró fue El cloro residual y la turbidez del agua de la planta de tratamiento EPS SEDA JULIACA SA no cumplen con las especificaciones establecidas por el Ministerio de Salud, en el año 2015; Los métodos que se emplearon en el presente estudio fueron descriptivos aplicativo La Metodología que se usó en este trabajo de investigación fueron las cartas de control de Walter A Shewhart para variables cuantitativas; Para la validación del control estadístico de la calidad, se usó la capacidad del proceso; Como resultado se obtuvo que el proceso es capaz de cumplir con las normas del Ministerio de Salud Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano – DS N° 031-2010-SA; Las cuales son 0,5 - 5 mg/l para cloro residual y 0 – 5 UNT para turbiedad; Se concluye con el rechazo de la hipótesis general e hipótesis específico.

### **2.1.3. Antecedentes Locales.**

Pérez & Ramos (2018) en su tesis DOSIS DE CLORO Y CLORO RESIDUAL LIBRE EN EL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL SECTOR DE PUYHÚAN GRANDE DEL DISTRITO Y PROVINCIA DE HUANCAMELICA – 2018; Tuvo como objetivo evaluar la concentración de dosis de cloro presente en el reservorio suministrada por la JASS y el cloro residual libre presente en las redes de distribución domiciliarias, comparando con el DS N° 031-2010-SA en el sector de Puyhúan Grande de Huancavelica; Los materiales utilizados fueron equipo clorímetro, pipetas, celdas para tomas de muestras, etc, el método es inductivo deductivo, para la medición del cloro residual libre presente en las redes de distribución se recolectó datos de 132 viviendas al azar de una población total de

200 viviendas, con un nivel de confianza del 95%, de acuerdo a los resultados obtenidos no tienen en cuenta los factores indispensables en la preparación de la solución madre como el aforo constante del caudal, la cantidad adecuada de Hipoclorito de Calcio, el tiempo de retención y tiempo de contacto; Cabe mencionar que la redes de distribución domiciliaria utilizan métodos inadecuados no concordante con el reglamento de calidad de agua para consumo humano DS N° 031-2010-SA, el reglamento especifica que el 90% de viviendas vigiladas deben contener de 0.5 a 5 mg/L de cloro residual libre mientras que el 10% restante debe contener los 0.3 mg/L mínimo de cloro residual libre, los resultados obtenidos demuestran que la dosificación no es correcta para el volumen de ingreso de agua al reservorio, dado que el cloro libre residual en el reservorio es mínimo 0.4 mg/L y máximo 0.5 mg/L, y en las redes de distribución el mínimo es 0 mg/L y el máximo encontrado fue 0.39 mg/L, con ello se concluye que no se cumple con lo recomendado por el reglamento de calidad de agua de consumo humano.

Según Landeo (2018) en su tesis que lleva por título RELACIÓN DE LOS MÉTODOS POR GOTEÓ Y LA EFICIENCIA DEL CLORO RESIDUAL EN LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE CLORACIÓN EN ZONAS RURALES; Con el objetivo de determinar en qué grado favorece la relación de los métodos por goteo y la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales; Donde se instaló en el reservorio dos tipos de sistemas de cloración por goteo con las mismas condiciones de caudal máximo diario de 0.20 l/s, para luego ver la eficiencia de estos métodos con los resultados de cloro residual que cada uno de estos obtengan; Se instaló el sistema de cloración por goteo con flotador adaptado, luego se registró y midió el cloro residual en el inicio, en el medio y en el final de la red por 10 días, obteniendo como resultados que el 99% de los resultados de cloro residual en el inicio de la red estarán en el intervalo de (0.71 mg/l; 1.03 mg/l), en la mitad de la red estarán en el intervalo de (0.67 mg/l; 1.01 mg/l) y al final de la red estarán en el intervalo de (0.57 mg/l; 0.91 mg/l); Luego con la misma dosificación de cloro se instaló el sistema de cloración por goteo por embalse, luego se registró y midió el cloro residual en el inicio, en el medio y en el final de la red por 10 días, obteniendo como resultados que el 99% de los resultados

de cloro residual en el inicio de la red estarán en el intervalo de (0.64 mg/l; 0.92 mg/l), en la mitad de la red estarán en el intervalo de (0.58 mg/l; 0.92 mg/l) y al final de la red estarán en el intervalo de (0.48 mg/l; 0.82 mg/l); se compararon ambos resultados y se comprobó que si están en el rango ideal de cloro residual (0.50 mg/l; 1.00 mg/l); Finalmente se hizo un análisis de costo, donde se comprobó que el sistema de cloración por goteo con flotador adaptado es el más económico con una diferencia de S/. 111.5, con el sistema de cloración por goteo por embalse.

## **2.2. Bases teóricas.**

### **2.2.1. El agua.**

Según la real academia española, el agua (del latín aqua) es la sustancia formada por la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida, en pequeña cantidad incolora y verdosa o azulada en grandes masas. El agua es la sustancia más abundante sobre nuestro planeta, creando un medio ideal para los seres vivos que habitan en él. El agua es usada por el hombre para sus diversas actividades. Santafé (2009) afirma: Que el agua como recurso natural es extraída de los ecosistemas para la utilización del hombre, pero un mayor suministro de agua significa una mayor descarga de aguas residuales, trayendo consigo una alteración de los ecosistemas; es aquí donde hay que dar importancia al desarrollo sostenible, que es aquel que permite racionalizar el uso de los recursos con la conservación de los ecosistemas (Nuñez, 2019).

### **2.2.2. Importancia del agua.**

Se piensa que el agua siempre estará allí para nosotros cuando nosotros la queremos. Reascos y Yar (2010) afirman: “Sin agua, los seres vivos morirían. Es necesaria para la vida del hombre, los animales y las plantas. Es parte importante de la riqueza de un país” (Nuñez, 2019).

Es utilizada en:

- En la agricultura.
- La ganadería.

- Para generar energía eléctrica.
- Para lavar, limpiar en la industria y minería.
- Como elemento de refrigeración y/o elemento que transporta el calor en la industria.
- En forma de vapor para la industria.
- Como elemento que interviene en mezclas y disoluciones, en la industria.
- Para el transporte, (Ríos caudalosos para transporte fluvial, transporte de madera).
- Para el consumo humano.

### **2.2.3. Calidad del agua**

Mendoza (1996), afirma que el término de calidad de agua se refiere al conjunto de parámetros que indican que el agua puede ser usada para diferentes propósitos como: domestico, riego, recreación e industrias. La calidad del agua se define como el conjunto de características del agua que pueden afectar su adaptabilidad a un uso específico, la relación entre esta calidad del agua y las necesidades del usuario. También la calidad del agua se puede definir por sus contenidos de sólidos y gases, ya sea que estén presentes en suspensión o en solución. Zea (2010), señala que un agua potable e inocua debe ajustarse a las siguientes características de calidad de agua. Debe ser o estar (M. Quispe, 2018):

- Libre de organismos patógenos.
- Baja en concentración de compuestos muy tóxicos o que tengan efectos serios a largo plazo, tales como el plomo.
- Clara.
- No salina (salada).
- Libre de compuestos que provoquen un olor o sabor desagradable.
- No corrosiva, ni debe ocasionar incrustaciones en las tuberías o manchas en la ropa.

OPS/CEPIS (2004), señalan que el termino calidad de agua es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso; Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los

peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria. OPS/CEPIS (2004), nos indica que para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función al uso que se le va a dar; Bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial. OMS/OPS (2007), señala que el termino calidad del agua es relativo, referido a la composición del agua en la medida que esta es afectada por la concentración de sustancias producidas por procesos naturales y actividades humanas. Como tal, es un término neutral que no puede ser clasificado como bueno o malo sin hacer referencia al uso para el cual el agua es destinada (Nuñez, 2019). OMS/OPS (2007), nos dice que de acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua varían dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc (M. Quispe, 2018).

#### **2.2.4. Sistema de abastecimiento de agua**

Un sistema de abastecimiento de agua para consumo humano es el conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua mediante conexión domiciliaria (Ministerio de Salud, 2011).

#### **2.2.5. Componentes hidráulicos del sistema de abastecimiento**

Los principales componentes hidráulicos en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, de acuerdo al tipo de suministro, son los siguientes (Ministerio de Salud, 2011):

- Estructuras de captación para aguas superficiales o subterráneas
- Pozos
- Reservorios
- Cámaras de bombeos y rebombeo

- Cámara rompe presión
- Planta de tratamiento
- Líneas de aducción, conducción y red de distribución;
- Punto de suministro
- Otros.

La Autoridad de Salud del nivel nacional normará los requisitos sanitarios que deben reunir los componentes de los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano en concordancia con las normas de diseño del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, los que serán vigilados por la Autoridad de Salud del nivel regional, los mismos que deberá considerar sistemas de protección, condiciones sanitarias internas y externas de las instalaciones, sistema de desinfección y otros requisitos de índole sanitario (Ministerio de Salud, 2011).

#### **2.2.6. Agua potable**

Cánepa (2004) define: el agua potable es aquella que cumple con los requerimientos de las normas y reglamentos nacionales sobre calidad del agua para consumo humano. Atiende a los siguientes requisitos (Nuñez, 2019):

- Libre de microorganismos que causan enfermedades.
- Libre de compuestos nocivos a la salud.
- Aceptable para consumo, con bajo contenido de color, gusto y olor aceptables.
- Sin compuestos que causen corrosión o incrustaciones en las instalaciones sanitarias.

Según la Organización Mundial de la Salud (2009). El marco para la seguridad del agua de consumo humano es:

- Metas de protección de la salud basadas en una evaluación de los peligros para la salud (OMS, 2009).

- Evaluación del sistema de abastecimiento de agua para determinar si puede, en su conjunto (del origen del agua al punto de consumo, incluido el tratamiento)
- suministrar agua que cumpla con las metas de protección de la salud (OMS, 2009).

Monitoreo operativo de las medidas de control del sistema de abastecimiento de agua que tengan una importancia especial para garantizar su inocuidad (Organización Mundial de La Salud, 2011).

- Planes de gestión que documenten la evaluación del sistema y los planes de monitoreo, y que describan las medidas que deben adoptarse durante el funcionamiento normal y cuando se produzcan incidentes, incluidas las ampliaciones y mejoras, la documentación y la comunicación (OMS, 2009).
- Un sistema de vigilancia independiente que verifica el funcionamiento correcto de los componentes anteriores (Organización Mundial de La Salud, 2011).

#### **2.2.7. Desinfección**

Para Moreno y López (1991). La desinfección del agua es un proceso que consiste en la reducción de los microorganismos patógenos para el humano hasta alcanzar un nivel que no represente un peligro para la salud. Esto significa que la adición al agua de cloro elemental o sus derivados constituye uno de los procesos químicos más utilizados en los procesos de desinfección del agua, este proceso es conocido como cloración; otros agentes desinfectantes usados son el ozono, el permanganato de potasio, el bromo y el yodo. (Moreno y López 1991). La desinfección con cloro del agua tiene dos funciones: la primera es destruir o desactivar a la mayoría de los microorganismos que producen enfermedades; la segunda en especial en el agua de consumo es mejorar su calidad al reaccionar con el amonio, hierro, manganeso, sulfuros y algunas sustancias orgánicas (Nuñez, 2019).

La cloración puede causar efectos adversos al reaccionar el cloro con los fenoles y otros compuestos orgánicos presentes en el agua. Esto significa la producción de cloraminas y organoclorados que le dan al agua sabor y olor característicos. Más aún, los organoclorados son considerados carcinogenogénicos (Nuñez, 2019).

#### **2.2.8. Cloro Total**

Según La Comisión Nacional del Agua (2007) el cloro se usó por primera vez con fines sanitarios en 1851 en Londres para desodorizar lodos. En agua, como método continuo de desinfección se empleó hasta 1908 en Bubbley Creck, Chicago (Nuñez, 2019).

La CNA (2007) menciona que, actualmente el cloro se aplica tanto en potabilización como depuración e incluye funciones adicionales a la desinfección, como son el control de sabor y olor, la prevención del crecimiento de algas en la infraestructura hidráulica, el mantenimiento de filtros, la remoción de hierro y manganeso, la destrucción del ácido sulfhídrico, la remoción de color por ciertos colorantes orgánicos y el mantenimiento de sistemas de distribución de agua (para controlar el limo). Hoy en día, se dispone de nuevos y eficientes sistemas para el manejo, control y análisis de la cloración y por ello es el método de desinfección más utilizado a nivel mundial 87% de los procesos. Lo anterior también contribuye a su bajo costo, confiabilidad, eficiencia, pero, sobre todo, el efecto residual que guarda después de ser aplicado y que le permite continuar desinfectando aún después de que el agua haya salido de la planta de tratamiento; característica, que ningún otro método común de desinfección posee (Nuñez, 2019).

#### **2.2.9. Determinación de cloro libre residual en campo, con DPD**

En ausencia del ion yodo, el cloro libre reacciona instantáneamente con la DPD (N, N dietil p-fenilen diamina) produciendo un complejo de color rosa, la

intensidad de éste es proporcional a la cantidad de cloro libre presente en la muestra” (Nuñez, 2019).

#### **2.2.10. Cloro residual libre**

Según la Organización Mundial de la Salud (Organizacion Mundial de la Salud, 2009). El cloro libre residual en el agua de consumo humano se encuentra como una combinación de hipoclorito y ácido hipocloroso, en una proporción que varía en función del pH total (Nuñez, 2019).

Cuando se añade Cloro al suministro de agua, parte de este se adhiere a elementos químicos tales como el hierro y el calcio, así como también a bacterias que pueden estar presentes en el agua. Cuando esto sucede, el cloro adherido forma sustancias como cloruro de hierro y cloruro de calcio y destruye las bacterias. La cantidad de Cloro que no se adhiere o no se aglutina se denomina Cloro Libre Residual (sobrante (Nuñez, 2019).

La OMS (2004) señala: No se ha observado ningún efecto adverso en humanos expuestos a concentraciones de cloro libre en agua potable. No obstante, establece un valor guía máximo de cloro de 5 mg/L, y afirma explícitamente que se trata de un valor conservador (Nuñez, 2019).

Según el Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano (2011) Señala: Antes de la distribución del agua para consumo humano, se realizará la desinfección con un desinfectante eficaz para eliminar todo microorganismo y dejar un residual a fin de proteger el agua de posible contaminación microbiológica en la distribución; en caso de usar cloro o solución clorada como desinfectante, todas las muestras tomadas en 29 cualquier punto de la red de distribución, no deberán contener menos de 0.5 mg/L de cloro libre residual, y ninguna debe estar por debajo de 0.3 mg/L (Ministerio de Salud, 2011).

### 2.2.11. Normatividad utilizada.

Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA.

**Tabla 1**

*Límite máximo permisible de cloro total y cloro residual libre.*

#### LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

| Parámetros Inorgánicos | Unidad de medida                   | Límite máximo permisible                       |
|------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1. Antimonio           | mg Sb L <sup>-1</sup>              | 0,020                                          |
| 2. Arsénico (nota 1)   | mg As L <sup>-1</sup>              | 0,010                                          |
| 3. Bario               | mg Ba L <sup>-1</sup>              | 0,700                                          |
| 4. Boro                | mg B L <sup>-1</sup>               | 1,500                                          |
| 5. Cadmio              | mg Cd L <sup>-1</sup>              | 0,003                                          |
| 6. Cianuro             | mg CN <sup>-</sup> L <sup>-1</sup> | 0,070                                          |
| 7. Cloro (nota 2)      | mg L <sup>-1</sup>                 | 5                                              |
| 8. Clorito             | mg L <sup>-1</sup>                 | 0,7                                            |
| 9. Clorato             | mg L <sup>-1</sup>                 | 0,7                                            |
| 10. Cromo total        | mg Cr L <sup>-1</sup>              | 0,050                                          |
| 11. Flúor              | mg F <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>  | 1,000                                          |
| 12. Mercurio           | mg Hg L <sup>-1</sup>              | 0,001                                          |
| 13. Niquel             | mg Ni L <sup>-1</sup>              | 0,020                                          |
| 14. Nitratos           | mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup> | 50,00                                          |
| 15. Nitritos           | mg NO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup> | 3,00 Exposición corta<br>0,20 Exposición larga |
| 16. Plomo              | mg Pb L <sup>-1</sup>              | 0,010                                          |
| 17. Selenio            | mg Se L <sup>-1</sup>              | 0,010                                          |
| 18. Molibdeno          | mg Mo L <sup>-1</sup>              | 0,07                                           |
| 19. Uranio             | mg U L <sup>-1</sup>               | 0,015                                          |

**Nota 2:** Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL<sup>-1</sup>.

### 2.3. Definición de términos.

- ✓ **Agua cruda:** Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento (Ministerio de Salud, 2011).
- ✓ **Agua tratada:** Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano (Ministerio de Salud, 2011).

- ✓ **Agua de consumo humano:** Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal (Ministerio de Salud, 2011).
- ✓ **Consumidor:** Persona que hace uso del agua suministrada por el proveedor para su consumo (Ministerio de Salud, 2011).
- ✓ **Cloro residual libre:** Cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua de consumo humano para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento (Ministerio de Salud, 2011).
- ✓ **Fiscalización sanitaria:** Atribución de la Autoridad de Salud para verificar, sancionar y establecer medidas de seguridad cuando el proveedor incumpla las disposiciones del Reglamento y las normas sanitarias de calidad del agua que la Autoridad de Salud emita (Ministerio de Salud, 2011).
- ✓ **Gestión de la calidad de agua de consumo humano:** Conjunto de acciones técnico administrativas u operativas que tienen la finalidad de lograr que la calidad del agua para consumo de la población cumpla con los límites máximos permisibles establecidos en el reglamento (Ministerio de Salud, 2011).
- ✓ **Inocuidad:** Que no hace daño a la salud humana (Ministerio de Salud, 2011).
- ✓ **Límite máximo permisible:** Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua (Ministerio de Salud, 2011).
- ✓ **Monitoreo:** Seguimiento y verificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos u otros señalados en el Reglamento, y de factores de riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua (Ministerio de Salud, 2011).
- ✓ **Organización comunal:** Son juntas administradoras de servicios de saneamiento, asociación, comité u otra forma de organización, elegidas voluntariamente por la comunidad constituidas con el propósito de administrar, operar y mantener los servicios de saneamiento (Ministerio de Salud, 2011).

- ✓ **Parámetros microbiológicos:** Son los microorganismos indicadores de contaminación y/o microorganismos patógenos para el ser humano analizados en el agua de consumo humano (Ministerio de Salud, 2011).
- ✓ **Parámetros organolépticos:** Son los parámetros físicos, químicos y/o microbiológicos cuya presencia en el agua para consumo humano pueden ser percibidos por el consumidor a través de su percepción sensorial (Ministerio de Salud, 2011).
- ✓ **Parámetros inorgánicos:** Son los compuestos formados por distintos elementos pero que no poseen enlaces carbono-hidrógeno analizados en el agua de consumo humano (Ministerio de Salud, 2011).
- ✓ **Parámetros de control obligatorio (PCO):** Son los parámetros que todo proveedor de agua debe realizar obligatoriamente al agua para consumo humano (Ministerio de Salud, 2011).
- ✓ **Programa de adecuación sanitaria (PAS):** Es un instrumento técnico – legal aprobado por la Autoridad de Salud, que busca formalizar y facilitar la adecuación sanitaria a los proveedores de agua de consumo humano al Reglamento y a las normas sanitarias de calidad del agua que emita la autoridad competente, en donde se establecen objetivos, metas, indicadores, actividades, inversiones y otras obligaciones, que serán realizadas de acuerdo a un cronograma (Ministerio de Salud, 2011).
- ✓ **Proveedor del servicio de agua para el consumo humano:** Toda persona natural o jurídica bajo cualquier modalidad empresarial, junta administradora, organización vecinal, comunal u otra organización que provea agua para consumo humano. Así como proveedores del servicio en condiciones especiales (Ministerio de Salud, 2011).
- ✓ **Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano:** Conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua (Ministerio de Salud, 2011).

- ✓ **Sistema de tratamiento de agua:** Conjunto de componentes hidráulicos; de unidades de procesos físicos, químicos y biológicos; y de equipos electromecánicos y métodos de control que tiene la finalidad de producir agua apta para el consumo humano (Ministerio de Salud, 2011).
- ✓ **Supervisión:** Acción de evaluación periódica y sistemática para verificar el cumplimiento del presente reglamento y de aquellas normas sanitarias de calidad del agua que emita la Autoridad de Salud, así como los procesos administrativos y técnicos de competencia del proveedor de agua de consumo humano, a fin de aplicar correctivos administrativos o técnicos que permitan el cumplimiento normativo (Ministerio de Salud, 2011).
- ✓ **Surtidor:** Punto de abastecimiento autorizado de agua para consumo humano que provee a camiones cisterna y otros sistemas de abastecimiento en condiciones especiales (Ministerio de Salud, 2011).

## **2.4. Formulación de hipótesis.**

### **2.4.1. Hipótesis general.**

La concentración de los compuestos clorados en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica no cumplen con los límites máximos permisibles del DS. N° 031-2010-SA.

### **2.4.2. Hipótesis específicas.**

- La concentración de cloro total en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica no cumplen con los límites máximos permisibles del DS N° 031-2010-SA.
- La concentración de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica no cumplen con los límites máximos permisibles del DS N° 031-2010-SA.

## 2.5. Identificación de variables.

La presente investigación es **univariable**, pues lo que se pretende únicamente es evaluar la concentración de compuestos clorados en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, debido a ello no existe más variables para relacionar.

### **Concentración de compuestos clorados.**

- Dosis de cloro total  $\leq 5$  mg/L
- Dosis de cloro residual libre  $\geq 0.5$  mg/L.

## 2.6. Definición operativa de variables e indicadores.

**Tabla 2**

*Matriz de operacionalización de variables*

| Variable                             | Definición conceptual                                                                                                                                                                                                                                                        | Definición operacional                                                                                               | Indicador                                     | Unid. | Instrumento             |
|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------|-------------------------|
| Concentración de compuestos clorados | Los compuestos clorados son compuestos químicos orgánicos, es decir, compuesto por un esqueleto de átomos de carbono, en el cual, algunos de los átomos de hidrógeno unidos al carbono, han sido reemplazados por átomos de cloro, unidos por enlaces covalentes al carbono. | Los compuestos clorados nos ayudara a comprobar si su concentración en el agua se encuentra dentro del rango del LMP | Dosis de cloro total $\leq 5$ mg/L            | mg/L  | - Comparador de cloro   |
|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                      | Dosis de cloro residual libre $\geq 0.5$ mg/L |       | - Clorímetro tipo disco |

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Tipo de investigación.

Se utilizó el tipo de **investigación aplicada**, porque según Hernández, Fernández, & Bautista (2014) los aportes de este tipo de investigación están dirigidos a la solución de problemas de algún fenómeno o aspecto de la realidad perteneciente al dominio de estudio de una disciplina científica; se caracteriza por que busca la aplicación de conocimientos existentes (límites máximos permisibles DS. N° 031-2010-SA).

#### 3.2. Nivel de investigación.

La investigación es de un **nivel descriptivo** porque describe fenómenos en una circunstancia temporal y geográfica determinada. Su finalidad es describir y desde el punto de vista estadístico su propósito es estimar parámetros (Carrasco, 2006).

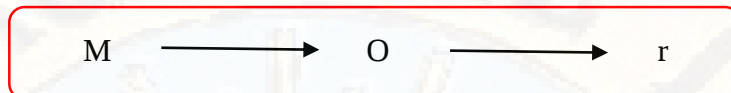
#### 3.3. Método de investigación.

Se usó el **método inductivo - deductivo**. Porque la inducción permite conocer la realidad del problema general a partir de hechos particulares y concretos; y se realiza la deducción a partir de la teoría científica para la obtención de los resultados (Carrasco, 2006).

#### 3.4. Diseño de investigación.

El presente trabajo de investigación ha utilizado un diseño de investigación **no experimental, transversal**. No experimental, porque no se manipulan las variables de estudio y no poseen grupo de control. solo se observan y estudian los hechos de la realidad después de su ocurrencia, Transversal, porque se obtuvieron los datos en un momento específico del tiempo (Carrasco, 2006).

Para el desarrollo adecuado del trabajo se utilizó el siguiente esquema de diseño de investigación.



M: Muestra de la investigación.

O: Observación de la variable.

r: resultado

### **3.5. Población, muestra y muestreo.**

#### **3.5.1. Población:**

El total de agua potable (160 L/s) que circula a través de la red de distribución, la cual está conectada al reservorio, a la Planta de Tratamiento de Agua Potable y a la captación existente de la ciudad de Acobamba.

#### **3.5.2. Muestra:**

Se tomaron un total de 60 muestras de 10 ml del agua potable de los grifos de la zona urbana de la ciudad de Acobamba, es decir por cada sector (sector 01, sector 02, sector 03 y sector 04) se tomaron quince (15) muestras durante el mes de marzo del 2020.

#### **3.5.3. Muestreo:**

El muestreo del agua para las pruebas fue no probabilístico y por conveniencia, debido a que la elección de los puntos de muestreo no depende de la probabilidad (formula), sino por la conveniencia del investigador Hernández (2014), las muestras del agua potable. Se pretende que las muestras sean estadísticamente representativas de la población.

Los puntos de muestreo de agua potable fueron identificados según lo señalado en el apéndice 03.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

#### **3.6.1. Técnica de recolección de datos.**

La técnica utilizada fue la **observación**, para la recolección de los datos de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba.

#### **3.6.2. Instrumentos para la obtención de datos.**

Para la presente tesis se utilizará como instrumento de recolección de datos el equipo de medición de los parámetros estudiados: el cloro total y cloro residual libre, los instrumentos serán los siguientes:

- ❖ 01 Comparador de cloro.
- ❖ 01 Clorímetro tipo disco.
- ❖ Ficha de recolección de datos.

Para medir el cloro total se usó un comparador de cloro que tienen una especificidad de identificación de concentración en agua, el cual es de fácil manejo, transporte y uso.

para cloro residual libre con un clorímetro tipo disco que tienen una especificidad de identificación de concentración en agua, el cual es de fácil manejo, transporte y uso.

Otro instrumento de recolección de datos fueron las fichas de recolección de datos de cloro total y cloro residual libre, parámetros dispuestos en el DS. N° 031-210-SA que deben estar presente en el agua para ser apta para consumo humano.

### 3.6.3. Obtención de datos de campo.

**Investigación de Campo.** Se identificó y georreferenció mediante un GPS los puntos para la toma de muestras de agua de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba. La toma de muestra se realizó a través de las conexiones domiciliarias enlazadas directamente a la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba.

**Tabla 3**  
*Plan de muestreo para el análisis*

| Sectores                  | Ubicación georreferenciada                                   | Horas de la toma de muestras | Total, de muestras por sector |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| Sector 01                 | <b>Jr. Bolognesi</b><br>0546603.21 m E<br>8580588.48 m S     | 07:00 a.m.                   | 15                            |
| Sector 02                 | <b>Av. Leoncio Prado</b><br>0546804.94 m E<br>8580324.09 m S | 07:00 a.m.                   | 15                            |
| Sector 03                 | <b>Av. Dos de Mayo</b><br>0546624.10 m E<br>8580105.29 m S   | 07:00 a.m.                   | 15                            |
| Sector 04                 | <b>Av. Manco Cápac</b><br>0546910.93 m E<br>8580031.05 m S   | 07:00 a.m.                   | 15                            |
| <b>Total, de muestras</b> |                                                              |                              | <b>60</b>                     |

**Fuente:** elaboración propia

#### **Protocolo de toma de muestras.**

- **Acciones previas.** De las conexiones domiciliarias, se limpió previamente el interior del grifo, sobre todo de los óxidos, ya que estos pueden alterar los resultados de la prueba, se desinfecto el grifo interna y externamente con algodón o hisopo embebido en alcohol 96° y se dejó correr el agua antes de la toma de muestras de uno a tres minutos.

**Figura 1**

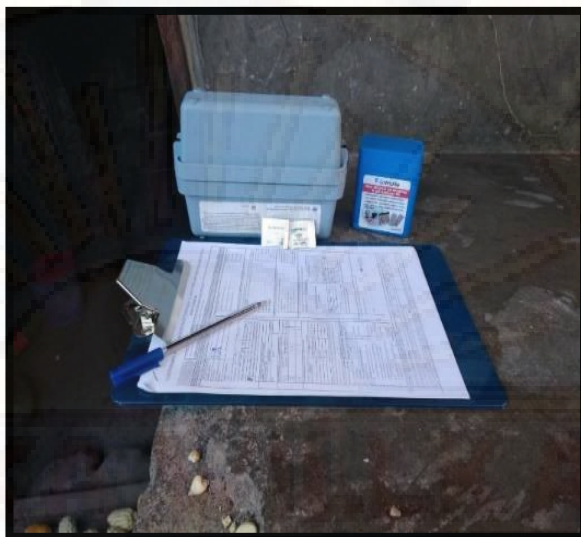
*Limpieza del grifo con alcohol 96°*



- **Medición de parámetros de campo.** Utilizando unos guantes para la toma de muestras y de acuerdo al Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Reglamento de agua para consumo humano, se evaluaron los parámetros de cloro total y cloro residual libre. **Cloro total;** midiendo la presencia de cloro total en el agua potable es indicativo de un aspecto fundamental: que una suficiente cantidad de cloro fue añadida inicialmente al agua para inactivar los microorganismos patógenos. **Cloro residual libre;** medido como parámetro indicativo y de mayor frecuencia de otro aspecto fundamental: que el agua se encuentra protegida de posibles recontaminaciones microbiológicas durante su almacenamiento en las tuberías de la red de distribución de agua potable y posterior transferencia.

**Figura 2**

*Instrumentos para cloro total y cloro residual libre*



- **Verificación del monitoreo.** Fue realizada in situ (en el mismo lugar), ya que cloro es muy volátil, por lo que se realizó inmediatamente después que la muestra fue colecta, para evitar perdida de cloro, evitando exceso de luz y agitación.

**Figura 3**

*Verificación de monitoreo in situ*



- **Toma de muestras.** Se enjuagó los tubos del comparador de cloro 03 veces con la misma agua analizada. Se llenó el tubo con el agua analizada hasta 10 ml, se calibro el equipo de determinación de cloro, se agregó un sobre DPD, en el tubo y se agito hasta obtener una mezcla y desarrollo del color. En presencia de cloro cambio a un color rosa (la coloración varia de tenue a intensa dependiendo de la concentración de cloro).

**Figura 4**

*Sobre de DPD para cloro residual libre*



- **Análisis de la muestra.** Se colocó el tubo para su análisis en el clorímetro comparando la coloración de la muestra con la de los estándares de calidad de agua con el apoyo del clorímetro tipo disco y comparador de cloro. Se procedió a realizar la lectura por comparación de color orientado el kit hacia una fuente de luz clara. Se anotó el resultado tomando en cuenta la escala numérica establecida. Los resultados de la medición, fueron registrados en el formato adjunto.

**Figura 5**

*Análisis en el clorímetro tipo disco*



### **3.7. Técnicas y procesamiento de análisis de datos.**

#### **3.7.1. Descripción de la prueba de hipótesis.**

##### **Análisis de la dosis de cloro total.**

Para el análisis de los datos de la dosis de cloro total y cloro residual libre se utilizó el análisis de la estadística descriptiva para obtener los mínimos, máximos, media de concentración del cloro, los resultados que se obtengan, se clasificarán de acuerdo a los límites máximos permisibles establecidos en el Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano el D.S. N° 031-2010-SA (Nuñez, 2019).

##### **Análisis de procesamiento de datos cloro residual libre**

Para procesar los datos de las muestras de dosis cloro total y cloro residual libre se utilizó la prueba Z, con nivel de significación de 5 % de probabilidad, debido a que se utiliza para número de muestras grandes ( $n \geq 30$ ) y desviación estándar de la población conocida, cuya fórmula de cálculo es la siguiente (R. Pérez & Ramos, 2018):

$$Z_{calculado} = \frac{x - \mu}{S / \sqrt{n}}$$

## CAPÍTULO IV

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Presentación de resultados.

En la presente tesis se observan los siguientes resultados, se describe la concentración de los compuestos clorados (cloro total y cloro residual libre) por sectores y días de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba.

✚ En la tabla 4, se presentan los siguientes resultados de **cloro total**, que fueron obtenidos por cada uno de los sectores de monitoreo, quiere decir, un monitoreo por día, fue realizado a partir del día 02 hasta el día 30 del mes de marzo del 2020, en los 15 días de evaluación de monitoreo, se obtuvo un total de 60 datos de cloro total. Mejor estudio proceso

**Tabla 4**

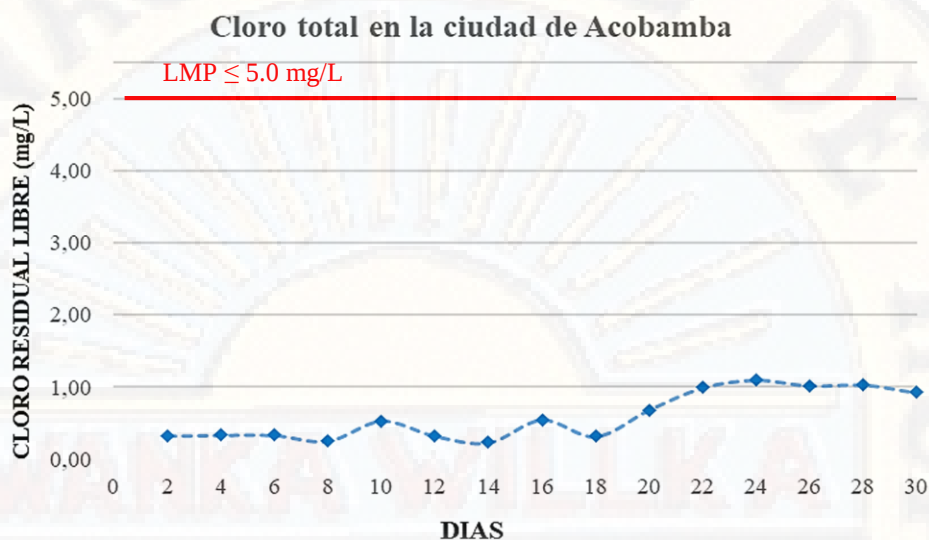
*Tabla de resultados obtenidos de cloro total*

| Sector<br>/ día              | Resultados obtenidos de cloro total en mg/L del mes de marzo |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                              | 02                                                           | 04   | 06   | 08   | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26   | 28   | 30   |
| <b>Sector 01</b>             | 0.41                                                         | 0.37 | 0.27 | 0.03 | 0.56 | 0.36 | 0.42 | 0.49 | 0.25 | 0.70 | 1.21 | 1.21 | 1.04 | 0.98 | 0.89 |
| <b>Sector 02</b>             | 0.27                                                         | 0.61 | 0.34 | 0.42 | 0.70 | 0.26 | 0.26 | 0.56 | 0.24 | 0.94 | 1.15 | 1.17 | 1.06 | 1.05 | 0.96 |
| <b>Sector 03</b>             | 0.19                                                         | 0.24 | 0.32 | 0.34 | 0.65 | 0.35 | 0.15 | 0.55 | 0.42 | 0.78 | 0.30 | 0.75 | 0.95 | 1.06 | 0.79 |
| <b>Sector 04</b>             | 0.43                                                         | 0.09 | 0.40 | 0.22 | 0.22 | 0.32 | 0.00 | 0.60 | 0.35 | 0.32 | 1.31 | 1.28 | 1.03 | 1.05 | 1.06 |
| <b>Ciudad de Acob prom..</b> | 0,33                                                         | 0,34 | 0,33 | 0,25 | 0,53 | 0,32 | 0,23 | 0,55 | 0,32 | 0,69 | 0,99 | 1,10 | 1,02 | 1,04 | 0,93 |

**Fuente:** Elaboración propia

**Figura 6**

*Variación del cloro total a lo largo del tiempo.*



**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 6, podemos observar la variación de cloro total por días, para ello, se promedió los datos de los 4 sectores trabajados en la ciudad de Acobamba, por lo tanto, estos se encuentran dentro del rango permitido por los Límites Máximos Permisibles (LMP) de D.S. N°031-2010-SA, pero en mínimas cantidades, desde 0.00 mg/L llegando a un valor máximo de 1.31 mg/L en el día 24; sin embargo, para comprobar dicha suposición es necesario realizar una prueba de hipótesis.

- ✚ En la tabla 5, se presentan los siguientes resultados de **cloro residual libre**, para ello, se realizó por cada sector de monitoreo, obteniendo muestreos inter diarios a partir del día 02 hasta 30 del mes de marzo del 2020, al día se tomaron 04 muestras de este parametro, durante los 15 días de evaluación, por lo tanto, se obtuvo un total de 60 datos de cloro residual libre.

**Tabla 5**

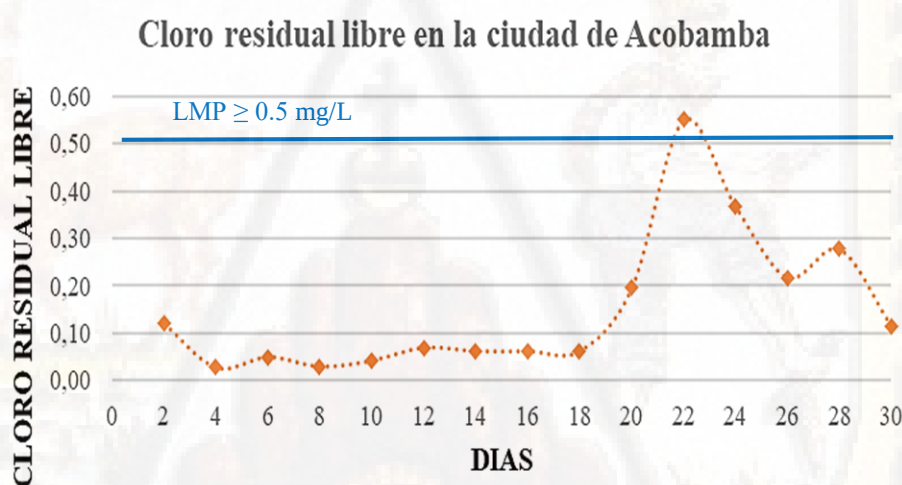
*Tabla de resultados obtenidos de cloro residual libre*

| Sector / día          | Resultados obtenidos de cloro residual libre en mg/L del mes de marzo |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                       | 02                                                                    | 04   | 06   | 08   | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   | 20   | 22   | 24   | 26   | 28   | 30   |
| Sector 01             | 0.07                                                                  | 0.05 | 0.02 | 0.01 | 0.05 | 0.03 | 0.12 | 0.09 | 0.06 | 0.14 | 0.92 | 0.69 | 0.09 | 0.20 | 0.08 |
| Sector 02             | 0.03                                                                  | 0.06 | 0.16 | 0.08 | 0.05 | 0.10 | 0.10 | 0.06 | 0.07 | 0.50 | 0.86 | 0.50 | 0.41 | 0.20 | 0.12 |
| Sector 03             | 0.01                                                                  | 0.00 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.05 | 0.02 | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.31 | 0.36 | 0.16 |
| Sector 04             | 0.37                                                                  | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.03 | 0.13 | 0.01 | 0.05 | 0.10 | 0.10 | 0.37 | 0.22 | 0.06 | 0.35 | 0.10 |
| Ciudad de Acob. prom. | 0,12                                                                  | 0,03 | 0,05 | 0,03 | 0,04 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,20 | 0,55 | 0,37 | 0,22 | 0,28 | 0,12 |

Fuente: Elaboración propia

**Figura 7**

*Variación del cloro residual libre a lo largo del tiempo.*



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 7, se muestra lo resultados de la variación del cloro residual libre de la ciudad de Acobamba, para ello, se promedió de los 04 sectores para una figura más fácil de opinar, se observa que solo el día 22 llega a un valor de 0.55 mg/L, en el cual, se encuentra dentro del rango permitido por los Límites Máximos Permisibles (LMP) de D.S. N°031-2010-SA, sin embargo, los demás resultados se encuentran por debajo del rango de los límites máximos permisibles, entonces, para comprobar tal suposición es necesario realizar una prueba de estadística.

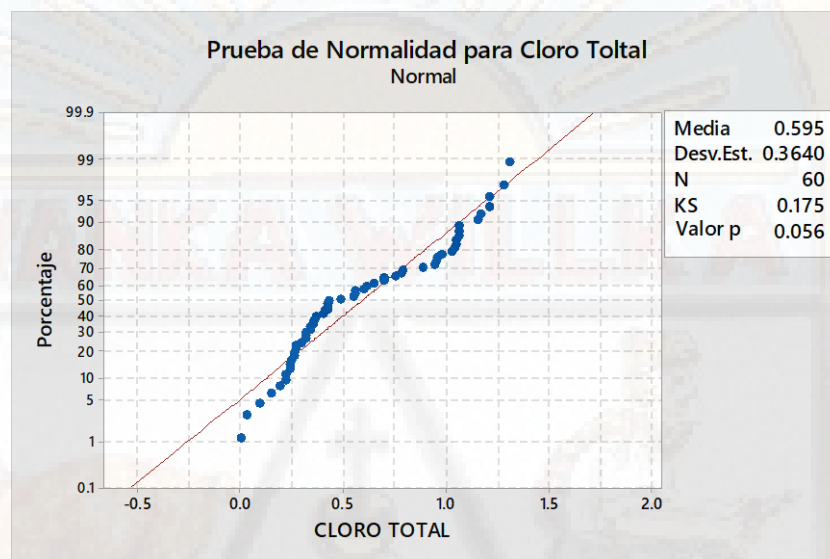
## 4.2. Análisis de resultados.

### 4.2.1. Análisis estadístico respecto al cloro total.

#### a) Prueba de Normalidad.

**Figura 8**

*Prueba de normalidad de kolmogorov - smirnov para cloro total*



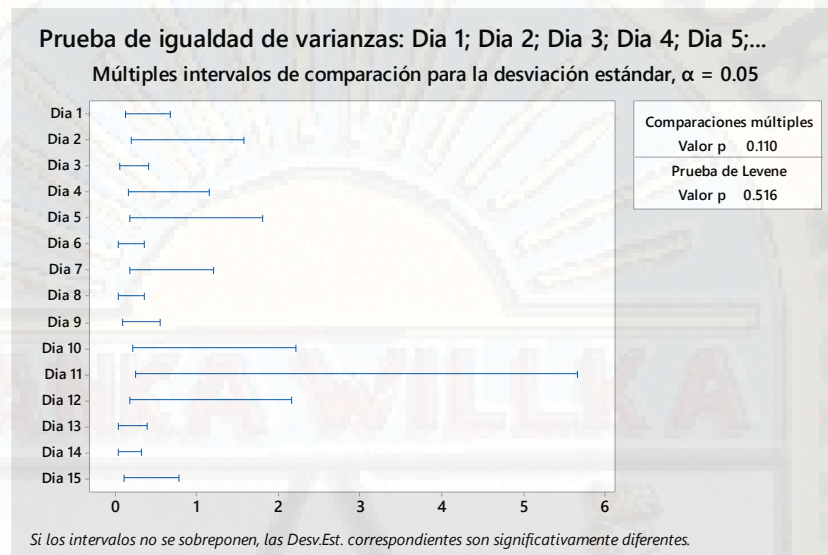
**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 8, se presentan los resultados de la prueba de normalidad del cloro total, sin embargo, se realizó con el estadístico de kolmogorov - smirnov para los datos de cloro total, porque esta prueba se utiliza para datos mayores de 25 ( $n \geq 25$ ), dado que el Valor p ( $0.056 > \alpha (0.05)$ ), se indica que los resultados de cloro total presentan normalidad por lo tanto es necesario utilizar las pruebas paramétricas.

## b) Prueba de Homogeneidad de Varianza.

**Figura 9**

*Test de Levene para la homogeneidad de varianzas del cloro total*



**Fuente:** Elaboración propia

Se realizó el test de homogeneidad de varianzas con el estadístico de Levene porque se ha encontrado que este estadístico de prueba para igualdad de varianzas es robusto bajo condiciones de poca normalidad, en cual resultado que los datos de cloro total presentan homogeneidad de varianzas. Debido a que el valor p 0.516 es mayor que 0.05.

## c) Formulación de hipótesis estadística.

**Hipótesis nula ( $H_0$ ):** El cloro total será menor o igual a 5.0 mg/L en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba.

**Hipótesis alterna ( $H_1$ ):** El cloro total será mayor a 5.0 mg/L en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba.

#### d) Análisis de datos.

El estadístico de análisis de datos para cloro total fue la prueba Z, con nivel de significancia de 5%, esto es debido a que se utiliza para número de muestras grandes ( $n \geq 30$ ) y desviación estándar de la población conocida, cuya fórmula de cálculo es la siguiente:  $Z_{calculado} = \frac{x - \mu}{S / \sqrt{n}}$

Dónde: **x**: es la media muestral, **μ**: media poblacional, **S**: desviación estándar de la población, **n**: número de muestras.

$$Z_{calculado} = \frac{x - \mu}{S / \sqrt{n}}$$

**Tabla 6**

*Estadística descriptiva para cloro total*

| <b>Estadística descriptiva</b> |        |
|--------------------------------|--------|
| Media (x)                      | 0,60   |
| Desviación estándar (S)        | 0,3610 |
| Numero de datos (n)            | 60,00  |
| Nivel de significancia (5%)    | 0,05   |
| LMP cloro total (μ)            | ≤ 5.0  |

$$Z_{calculado} = \frac{0.60 - 5.0}{0.3610 / \sqrt{60}}$$

$$Z_{calculado} = -94.411$$

Utilizando la tabla de valores de probabilidad acumulada para la Distribución Normal Estándar de Z, para un nivel de significancia de  $\beta = 1 - 0.05 = 0.95$

**Tabla 7**

*Tabla de Z para valores positivos*

| z   | 0      | 0.01   | 0.02   | 0.03   | 0.04   | 0.05   | 0.06   | 0.07   |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.0 | 0.5000 | 0.5040 | 0.5080 | 0.5120 | 0.5160 | 0.5199 | 0.5239 | 0.5279 |
| 0.1 | 0.5398 | 0.5438 | 0.5478 | 0.5517 | 0.5557 | 0.5596 | 0.5636 | 0.5675 |
| 0.2 | 0.5793 | 0.5832 | 0.5871 | 0.5910 | 0.5948 | 0.5987 | 0.6026 | 0.6064 |
| 0.3 | 0.6179 | 0.6217 | 0.6255 | 0.6293 | 0.6331 | 0.6368 | 0.6406 | 0.6443 |
| 0.4 | 0.6554 | 0.6591 | 0.6628 | 0.6664 | 0.6700 | 0.6736 | 0.6772 | 0.6808 |
| 0.5 | 0.6915 | 0.6950 | 0.6985 | 0.7019 | 0.7054 | 0.7088 | 0.7123 | 0.7157 |
| 0.6 | 0.7257 | 0.7291 | 0.7324 | 0.7357 | 0.7389 | 0.7422 | 0.7454 | 0.7486 |
| 0.7 | 0.7580 | 0.7611 | 0.7642 | 0.7673 | 0.7704 | 0.7734 | 0.7764 | 0.7794 |
| 0.8 | 0.7881 | 0.7910 | 0.7939 | 0.7967 | 0.7995 | 0.8023 | 0.8051 | 0.8078 |
| 0.9 | 0.8159 | 0.8186 | 0.8212 | 0.8238 | 0.8264 | 0.8289 | 0.8315 | 0.8340 |
| 1   | 0.8413 | 0.8438 | 0.8461 | 0.8485 | 0.8508 | 0.8531 | 0.8554 | 0.8577 |
| 1.1 | 0.8643 | 0.8665 | 0.8686 | 0.8708 | 0.8729 | 0.8749 | 0.8770 | 0.8790 |
| 1.2 | 0.8849 | 0.8869 | 0.8888 | 0.8907 | 0.8925 | 0.8944 | 0.8962 | 0.8980 |
| 1.3 | 0.9032 | 0.9049 | 0.9066 | 0.9082 | 0.9099 | 0.9115 | 0.9131 | 0.9147 |
| 1.4 | 0.9192 | 0.9207 | 0.9222 | 0.9236 | 0.9251 | 0.9265 | 0.9279 | 0.9292 |
| 1.5 | 0.9332 | 0.9345 | 0.9357 | 0.9370 | 0.9382 | 0.9394 | 0.9406 | 0.9418 |
| 1.6 | 0.9452 | 0.9463 | 0.9474 | 0.9484 | 0.9495 | 0.9505 | 0.9515 | 0.9525 |
| 1.7 | 0.9554 | 0.9564 | 0.9573 | 0.9582 | 0.9591 | 0.9599 | 0.9608 | 0.9616 |
| 1.8 | 0.9641 | 0.9649 | 0.9656 | 0.9664 | 0.9671 | 0.9678 | 0.9686 | 0.9693 |

En función del nivel de significancia (0.05) la  $Z_{\text{tabulada}}$  para la columna correspondiente es “1.6” y para la fila sale interpolando los valores entre 0.04 y 0.05.

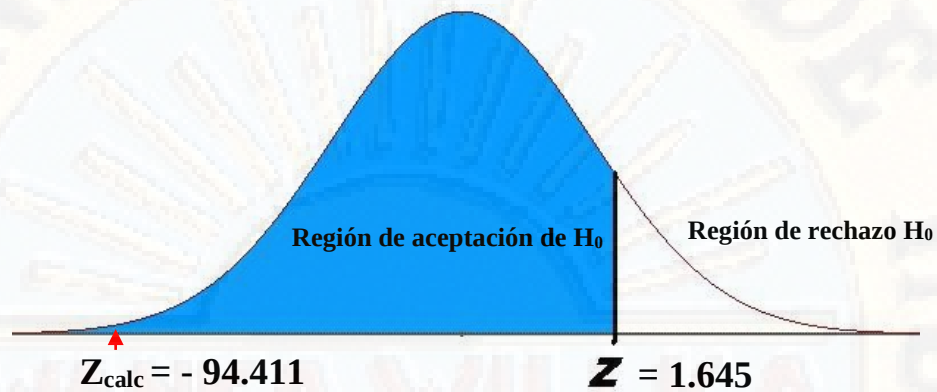
$$Z_{\text{tabulado}} = 1.6 + 0.045$$

$$Z_{\text{tabulado}} = 1.645$$

e) Grafica de prueba de hipótesis.

**Figura 10**

Valores críticos para aceptar o rechazar la hipótesis nula del cloro total.



En la figura 10 se muestra la prueba de hipótesis Z, sin embargo, esta es una prueba de una cola debido a que la  $Z_{\text{calculado}}$  cae en la región de aceptación de la hipótesis nula ( $H_0$ ), por lo cual se rechaza la hipótesis alterna ( $H_1$ ); El cloro total será menor o igual a 5.0 mg/L en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica; cumple con los límites máximos permisibles D.S. N° 031-2010-SA del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, pero la calidad de agua potable no garantiza al 100% por la inadecuada cloración que realizan.

f) Comprobación de análisis de datos mediante Minitab.

**Tabla 8**

Datos estadísticos del cloro total (mg/L)

| N  | Media | Desv. Est. | Error estándar de la media | Límite superior de 95% para $\mu$ |
|----|-------|------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 60 | 0.597 | 0.3610     | 0.0466                     | 0.5203                            |

$\mu$ : media de Cloro total (mg/L), desviación estándar conocida = 0.361, LMP ( $\leq 5$  mg/L).

**Tabla 9***Hipótesis estadística para cloro total (mg/L)*

|                               |                           |
|-------------------------------|---------------------------|
| <b>Hipótesis nula</b>         | $H_0: \mu \leq 5.0$       |
| <b>Hipótesis alterna</b>      | $H_1: \mu > 5.0$          |
| <b>Nivel de significancia</b> | $\beta = 1 - 0.05 = 0.95$ |

**Tabla 10***Prueba de hipótesis para cloro total (mg/L)*

|                |                |
|----------------|----------------|
| <b>Valor Z</b> | <b>Valor p</b> |
| - 94.48        | 1.000          |

Como se puede observar en la tabla la 10 el valor de “p” es mayor que el nivel de significancia, por lo tanto, existe suficiente probabilidad estadística para aceptar la hipótesis nula, de esta manera podemos inferir que el agua que ingresa a los hogares se encuentra dentro de los LMP ( $\leq 5.0$  mg/L).

#### **a) Discusión de resultados respecto al cloro total.**

Según los resultados obtenidos del cloro total en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba se realizó el siguiente análisis:

- Según Nuñez (2019) en su investigación de cloro total residual para la ciudad de Cajamarca, está dentro de los LMP dispuestos por el DS. N° 031-2010-SA; el cual es  $\leq 5$  mg/L; pero en cantidades pequeñas, por lo tanto, el investigador concluye que el agua es apta para el consumo humano, pero no beneficia una calidad del agua a la ciudad de Cajamarca, cabe mencionar que el cloro total solo evalúa que no exista gran cantidad de cloro total en el agua. Los resultados del cloro total en la presente tesis también están dentro de los LMP (DS. N° 031-2010-SA); pero con valores mínimas; por lo tanto, también podemos concluir que el agua es apta para consumo humano, pero este no favorece para una buena calidad de agua potable, debido a que no se añade suficiente cantidad de cloro inicialmente al agua.

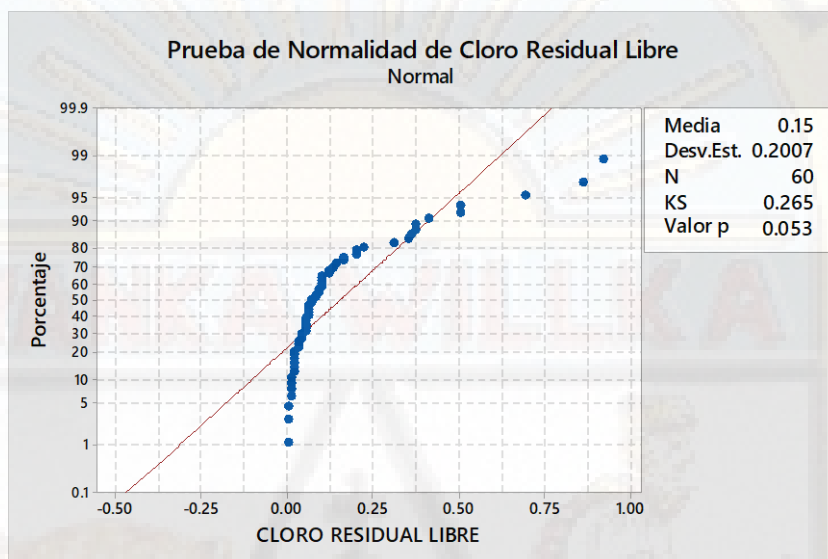
- En la investigación de Quispe (2018) se tomaron 30 muestras por viniendo encontrándose: en la vivienda más próxima al reservorio el 57% está dentro de los límites permisibles y el 43% se encuentra por debajo; en la vivienda intermedia de la red el 27% está dentro de los límites permisibles y el 73% se encuentra por debajo; y en la vivienda más alejada de la red el 3% está dentro de los límites permisibles y el 97% se encuentra por debajo; En la presente tesis se analizaron los resultados por sectores de toda la ciudad de Acobamba porque el objetivo fue determinar la concentración del cloro total en la red de distribución; se recomienda para futuras investigaciones analizar los resultados por puntos (inicio de la red, intermedio de la red y más aleja de la red).
- Según Pérez & Ramos (2018) el cloro total en el reservorio varía entre un mínimo de 0.4 mg/L y un máximo 0.5 mg/L, por lo cual demuestran que la dosificación no es correcta para el volumen de ingreso de agua al reservorio; sin embargo en la presente tesis el cloro total varía entre un mínimo de 0.0 mg/L y un máximo 1.31 mg/L; por lo cual también podemos mencionar que en el reservorio de la ciudad de Acobamba no realizan una cloración adecuada.
- Las concentraciones en toda la red de distribución se observan que las 60 muestras realizadas ninguna supera el límite máximo permisible para cloro total de menor o igual a 5 mg/L, pero los valores se encuentran en mínimas cantidades, lo cual, indica que el agua es apta para consumo humano, ya que, los niveles de concentración están dentro de los parámetros dispuestos por el DS. N° 031-2010-SA, por lo tanto, la calidad de agua potable no garantiza al 100% por la inadecuada cloración que realizan en la planta N°8 (reservorio) de la ciudad de Acobamba.
- La OMS indica que no se ha observado ningún efecto adverso en humanos expuestos a concentraciones de cloro total en agua potable. Sin embargo, establece un valor guía máximo de cloro de 5 mg/L, y afirma explícitamente que se trata de un valor conservador.

#### 4.2.2. Análisis estadístico respecto al cloro residual libre.

##### a) Prueba de Normalidad.

**Figura 11**

*Prueba de Normalidad de kolmogorov - smirnov para cloro residual libre.*



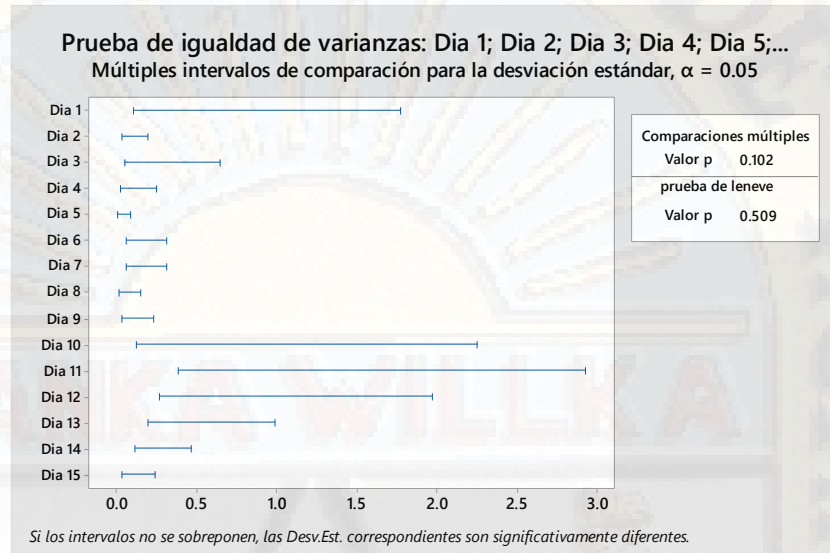
**Fuente:** Elaboración propia

La prueba de normalidad del cloro residual libre se realizó con el estadístico de kolmogorov - smirnov para los datos de concentración de cloro residual libre, los resultados se presentan en la figura 11. Dado que el Valor p ( $0.053 > \alpha$  ( $0.05$ )), se indica que los resultados de cloro residual libre presentan normalidad por lo tanto es necesario utilizar las pruebas paramétricas.

## b) Prueba de Homogeneidad de varianzas.

**Figura 12**

*Test de Levene para la homogeneidad de varianzas del cloro residual libre*



**Fuente:** Elaboración propia

En la figura 12 como se muestra, se realizó el test de homogeneidad de varianzas con el estadístico de Levene porque se ha encontrado que este estadístico de prueba para igualdad de variancias es robusto bajo condiciones de poca normalidad, en cual resulto que los datos de cloro residual libre presentan homogeneidad de varianzas. Debido a que el valor p 0.509 es mayor que 0.05.

## c) Formulación de hipótesis estadística.

**Hipótesis nula ( $H_0$ ):** El cloro residual libre será mayor o igual a 0.5 mg/L en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba.

**Hipótesis alterna ( $H_1$ ):** El cloro residual libre será menor a 0.5 mg/L en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba.

#### d) Análisis de datos.

Para procesar los datos de la concentración de cloro residual libre se utilizó la prueba Z debido a que se utiliza para número de muestras grandes ( $n \geq 30$ ) y desviación estándar de la población conocida, cuya fórmula de cálculo es la siguiente:  $Z_{calculado} = \frac{x - \mu}{S / \sqrt{n}}$

Dónde: x: es la media muestral,  $\mu$ : media poblacional, S: desviación estándar de la población, n: número de muestras.

$$Z_{calculado} = \frac{x - \mu}{S / \sqrt{n}}$$

**Tabla 11**

*Estadística descriptiva para cloro residual libre*

| <b>Estadística descriptiva</b>     |            |
|------------------------------------|------------|
| Media ( $\bar{x}$ )                | 0,15       |
| Desviación estándar (S)            | 0,2007     |
| Numero de datos (n)                | 60,00      |
| Nivel de significancia (5%)        | 0,05       |
| LMP cloro libre residual ( $\mu$ ) | $\geq 0.5$ |

$$Z_{calculado} = \frac{0.15 - 0.5}{0.2007 / \sqrt{60}}$$

$$Z_{calculado} = -13.508$$

Utilizando la tabla de valores de probabilidad acumulada para la Distribución Normal Estándar de Z, para un nivel de significancia de 0.05.

**Tabla 12**

*Tabla de Z para valores negativos*

| z    | 0      | 0.01   | 0.02   | 0.03   | 0.04   | 0.05   | 0.06   | 0.07   |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| -3   | 0.0013 | 0.0010 | 0.0007 | 0.0005 | 0.0003 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0001 |
| -2.9 | 0.0019 | 0.0018 | 0.0018 | 0.0017 | 0.0016 | 0.0016 | 0.0015 | 0.0015 |
| -2.8 | 0.0026 | 0.0025 | 0.0024 | 0.0023 | 0.0023 | 0.0022 | 0.0021 | 0.0021 |
| -2.7 | 0.0035 | 0.0034 | 0.0033 | 0.0032 | 0.0031 | 0.0030 | 0.0029 | 0.0028 |
| -2.6 | 0.0047 | 0.0045 | 0.0044 | 0.0043 | 0.0041 | 0.0040 | 0.0039 | 0.0038 |
| -2.5 | 0.0062 | 0.0060 | 0.0059 | 0.0057 | 0.0055 | 0.0054 | 0.0052 | 0.0051 |
| -2.4 | 0.0082 | 0.0080 | 0.0078 | 0.0075 | 0.0073 | 0.0071 | 0.0069 | 0.0068 |
| -2.3 | 0.0107 | 0.0104 | 0.0102 | 0.0099 | 0.0096 | 0.0094 | 0.0091 | 0.0089 |
| -2.2 | 0.0139 | 0.0136 | 0.0132 | 0.0129 | 0.0125 | 0.0122 | 0.0119 | 0.0116 |
| -2.1 | 0.0179 | 0.0174 | 0.0170 | 0.0166 | 0.0162 | 0.0158 | 0.0154 | 0.0150 |
| -2   | 0.0228 | 0.0222 | 0.0217 | 0.0212 | 0.0207 | 0.0202 | 0.0197 | 0.0192 |
| -1.9 | 0.0287 | 0.0281 | 0.0274 | 0.0268 | 0.0262 | 0.0256 | 0.0250 | 0.0244 |
| -1.8 | 0.0359 | 0.0351 | 0.0344 | 0.0336 | 0.0329 | 0.0322 | 0.0314 | 0.0307 |
| -1.7 | 0.0446 | 0.0436 | 0.0427 | 0.0418 | 0.0409 | 0.0401 | 0.0392 | 0.0384 |
| -1.6 | 0.0540 | 0.0537 | 0.0526 | 0.0516 | 0.0505 | 0.0495 | 0.0485 | 0.0475 |
| -1.5 | 0.0668 | 0.0655 | 0.0643 | 0.0630 | 0.0618 | 0.0606 | 0.0594 | 0.0582 |
| -1.4 | 0.0808 | 0.0793 | 0.0778 | 0.0764 | 0.0749 | 0.0735 | 0.0721 | 0.0708 |

En función del nivel de significancia (0.05) la  $Z_{\text{tabulada}}$  para la columna correspondiente es “-1.6” y para la fila sale interpolando los valores entre 0.04 y 0.05.

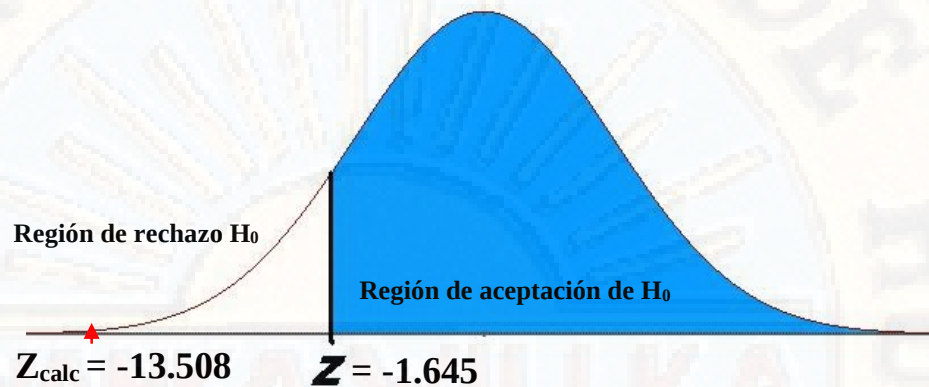
$$Z_{\text{tabulado}} = -1.6 - 0.045$$

$$Z_{\text{tabulado}} = -1.645$$

**e) Grafica de prueba de hipótesis.**

**Figura 13**

*Valores críticos para aceptar o rechazar la hipótesis nula del cloro residual libre.*



En la figura 13 se observa que el procesamiento de prueba de hipótesis Z, es una prueba de una cola, de modo que,  $Z_{\text{calculado}}$  cae en la región de rechazo de la hipótesis nula ( $H_0$ ), con lo cual se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ); El cloro residual libre será menor a 0.5 mg/L en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica; por lo tanto, no cumple con los límites máximos permisibles D.S. N° 031-2010-SA, quiere decir, que esta no es apta para consumo humano.

**f) Comprobación de análisis de datos mediante Minitab.**

**Tabla 13**

*Estadística descriptiva del cloro residual libre (mg/L)*

| N  | Media | Desv. Est. | Error estándar de la media | Límite superior de 95% para $\mu$ |
|----|-------|------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 60 | 0.15  | 0.2007     | 0.0259                     | 0.1926                            |

$\mu$ : media de Cloro Residual Libre (mg/L), desviación estándar conocida = 0.2007, LMP ( $\geq 0.5$  mg/L).

**Tabla 14**

*Hipótesis estadística para cloro residual libre (mg/L)*

|                               |                     |
|-------------------------------|---------------------|
| <b>Hipótesis nula</b>         | $H_0: \mu \geq 0.5$ |
| <b>Hipótesis alterna</b>      | $H_1: \mu < 0.5$    |
| <b>Nivel de significancia</b> | $\alpha = 0.05$     |

**Tabla 15**

*Prueba de hipótesis para cloro residual libre (mg/L)*

|                |                |
|----------------|----------------|
| <b>Valor Z</b> | <b>Valor p</b> |
| - 13.51        | 1.000          |

Como se puede observar en la tabla la tabla 15, el valor de “p” es menor que el nivel de significancia, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, indicando que las concentraciones encontradas están por debajo de los LMP ( $\geq 0.5$  mg/L).

**g) Discusión de resultados respecto al cloro residual libre.**

En base a las concentraciones obtenidas de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba se realizó el siguiente análisis:

- Según la investigación de Rodríguez (2017) observó que los niveles de cloro residual rebasaron los límites permisibles (0.2 - 1.00 mg/L) establecidos por la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA-1-1994; de la misma forma que se observó en la presente tesis que los niveles de cloro residual que no cumple con los límites máximos permisibles ( $\geq 0.5$  mg/L) establecidos por el DS. N° 031-2010-SA. Por la inadecuada cloración que realizan, Sin embargo, en la investigación de Barbolla et al. (2013) para la ciudad de Tabasco-México; cumple con los límites de cloro residual libre; debido a que realizan una cloración adecuada.
- Según la tesis de Puebla (2017) en la norma para el cloro residual de República de Cuba, los límites están entre 0.3 y 0.6 mg/L; obteniendo resultados en su investigación menores a 0.3 mg/L un 52.38%, dentro de los límites establecidos un 42.85% y superando el 0.6 mg/L un 4.76%,

conlleando a aumentar el riesgo de contraer enfermedades como la: gastroenteritis, la desinteria, la hepatitis, el tifus, el cólera y la guardias; de igual forma en la actual tesis el 93.33% de los datos no supera los LMP ( $\geq 0.5$  mg/L), solo el 6.67% están dentro de los LMP; por lo tanto, la población de Acobamba se encuentra con mucho mayor riesgo de contraer las enfermedades mencionadas.

- Según Pérez & Ramos (2018) el cloro libre residual en las redes de distribución varía entre un mínimo de 0.0 mg/L y un máximo 0.39 mg/L, con ello se concluye que no se cumple con lo recomendado por el reglamento de calidad de agua de consumo humano; sin embargo en la presente tesis el cloro residual libre varía entre un mínimo de 0.0 mg/L y un máximo 0.92 mg/L; por lo cual también podemos mencionar que en el agua no cumple con lo recomendado por el reglamento de calidad de agua de consumo humano DS. N° 031-2010-SA.
- Las concentraciones en toda la red de distribución se encuentran por debajo de lo que establece la ley, lo que significa que la cloración es deficiente, o que el cloro residual libre por diversos factores ha ido reaccionando dentro de la red de distribución. Según el DS. N° 031-2010-SA, el cloro residual libre  $\geq 0.5$  mg/L, en el punto más alejado de la red
- Si los niveles de cloro se encuentran por debajo de 0.4 mg/L, es necesario añadir más cloro en un punto intermedio de la red de tuberías”.
- Como se observa en la tabla 4 en su mayoría no cumple con lo establecido en la normativa vigente, no garantizando así que el agua sea apta para el consumo humano.

#### **4.2.3. Contrastación general de hipótesis de los dos indicadores.**

Según los valores encontrados de la concentración de compuestos clorados (cloro total y cloro residual libre) en la red de distribución de agua potable del de la ciudad de Acobamba, no cumplen con los parámetros establecidos en el

DS. N° 031-2010-SA. El Cloro total cumple con los parámetros establecidos  $\leq 5$  mg/L, en cloro residual libre en su mayoría están por debajo de 0.5 mg/L, incumpliendo con lo establecido en la normativa vigente, por lo tanto, el proceso de desinfección es deficiente no garantizando así la calidad de agua, siendo esta no apta para el consumo humano.

## CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos de la concentración de compuestos clorados, según la prueba Z se concluye:

- De las sesenta (60) muestras determinadas la concentración de cloro total en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba se observa que, cumplen con los límites máximos permisibles, el cloro total es menor o igual a 5.0 mg/L, por lo que, los niveles de concentración están dentro de los parámetros dispuestos por el DS. N° 031-2010-SA, pero este no favorece una buena calidad de agua al 100% por no cumplir con una correcta cloración de agua.
- En el análisis del cloro residual libre de las sesenta (60) muestras, sus máximos valores encontrados fueron de 0.92 y 0.86 en el día 22; y 0.69 y 0.50 en el día 24 son los únicos valores que cumplen con los LMP, por lo tanto, el resto de los valores no cumplen con los parámetros DS. N° 031-2010-SA, de  $\geq 0.5$  mg/L.
- Se llega a la conclusión, que la concentración de los compuestos clorados en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba es escasa y no cumplen con los límites máximos permisibles; por lo tanto, el proceso de cloración en la red de distribución de agua potable de la Ciudad de Acobamba es deficiente, puesto que, los valores encontrados en todo el monitoreo de los compuestos clorados son bajos en comparación a los parámetros dispuestos por el DS. 031-2010-SA, por lo tanto, no garantizan la calidad del agua potable.

## **Recomendaciones**

- A los funcionarios de UGSS que tengan mayor interés en la cloración del agua potable en la red de distribución de la Ciudad de Acobamba dando cumplimiento a la normatividad vigente en nuestro país, para así brindar un servicio de calidad.
- Recomiendo sensibilizar y capacitar a los trabajadores que se encuentran trabajando en la empresa de tratamiento, sobre los riesgos que trae o conlleva un deficiente proceso de cloración, para así garantizar que el agua que llega a los hogares de la Ciudad de Acobamba sea óptima.
- También se sugiere realizar futuras investigaciones acerca de la calidad del agua, en relación a otros elementos químicos como, turbidez, metales pesados, coliformes fecales y bacterias, ya que el agua es un elemento esencial para la vida humana.
- También se recomienda para futuras investigaciones analizar los resultados de compuestos clorados en: un punto al inicio de la red o la más próxima al reservorio, otro punto al intermedio de la red y otro en el punto más alejado de la red.

## Referencia bibliográfica

- Barbolla, M., De la Cruz, L., Piña, O., De la Fuente, J., & Garrido, S. (2013). Calidad del agua en Tabasco, 9(1), 170–177.
- Campoverde, J. (2015). Análisis del efecto toxicológico que provoca el consumo humano de agua no potable, mediante la determinación de cloro libre residual en aguas tratadas de las Parroquias Rurales del Cantón Cuenca., 1–110.
- Carrasco, S. (2006). Metodología de la Investigación Científica. *San Marcos*.
- García, F. F. (2016). Modelo de decaimiento de cloro libre en la red de distribución de agua potable en la ciudad de Azogues, Ecuador. *Repositorio Institucional - UNALM*, 8. Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3845>
- Guzmán, B. L., Nava, G., & Díaz, P. (2012). La calidad del agua para consumo humano y su asociación con la morbilidad en Colombia, 2008-2012. *Biomedica*, 35(3), 177–190. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2511>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación. Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Landeo, A. (2018). Relación de los métodos por goteo y la eficacia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales. *Repositorio Institucional - UNH*, 132.
- Ministerio de Salud. (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. *El Peruano*, 20–25. <https://doi.org/10.1130/micro18-p20>
- Murillo, Y. (2015). Control estadístico de la Calidad del Agua respecto al Cloro Residual y Turbidez en la Planta de Tratamiento Seda Juliaca de 2015. *Universidad Nacional Del Altiplano*. Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2378>
- Núñez, E. (2019). Concentración de compuestos clorados en la red de distribución de agua potable del Reservorio N° 2 de la Planta El Milagro en la Ciudad de Cajamarca – 2018.
- Organización Mundial de La Salud. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano. Cuarta edición. Incorpora la primera adenda. *Organización Mundial de La Salud*, 4, 608. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez, E. (2016). Quality control of water for human consumption in the region of the West in Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, 29, 3–14. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>
- Pérez, R., & Ramos, G. (2018). Dosis de cloro y cloro residual libre en el sistema de

agua potable del sector de Puyhúan Grande del distrito y provincia de Huancavelica. *Repositorio Institucional - UNH*, 166. Retrieved from <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2181>

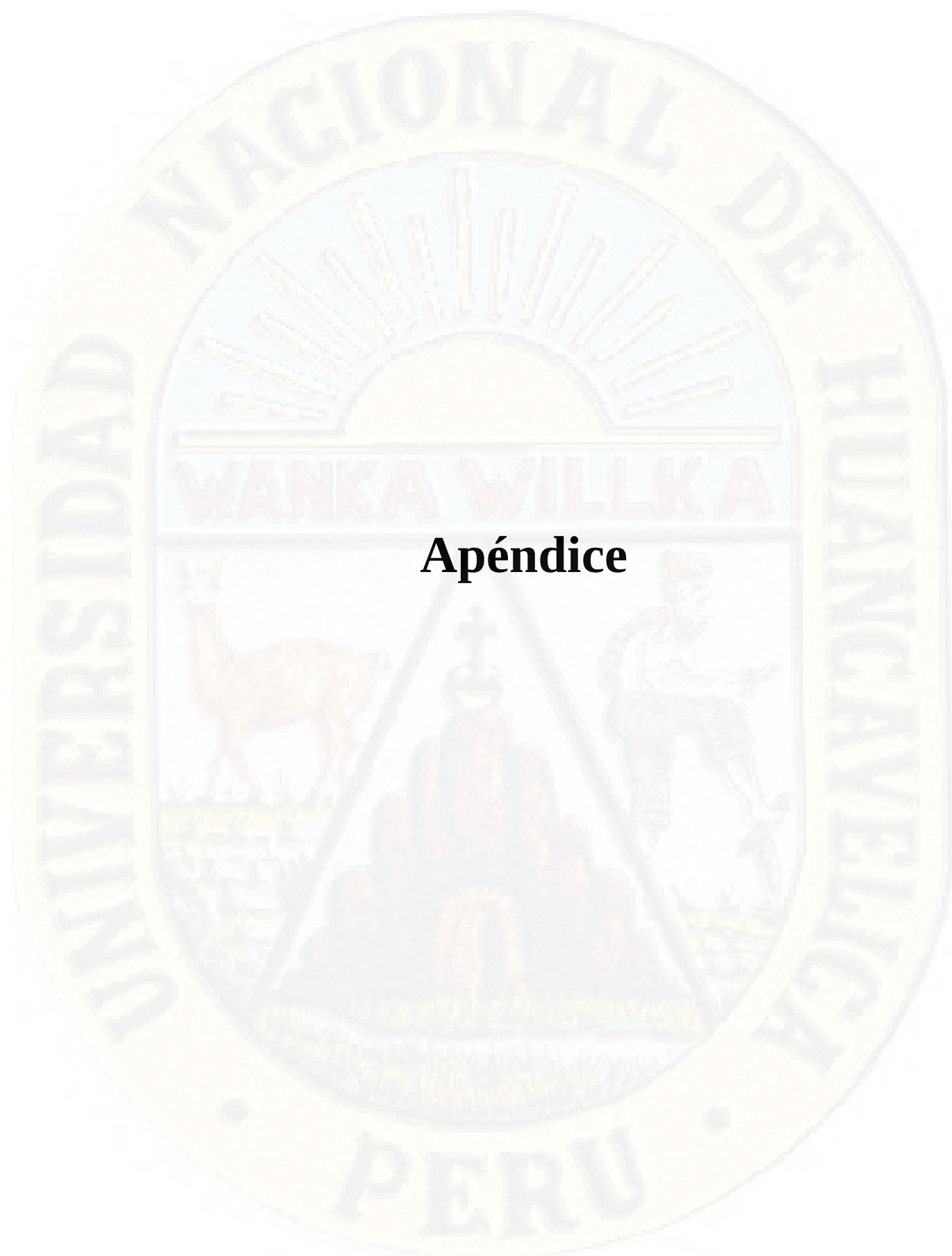
Puebla, Y. (2017). Evaluación de la Materia Orgánica ,el Cloro Residual en las aguas de consumo humano de la ciudad de Moa en el Periodo febrero -Abril de 2009., 5, 78.

Quispe, J., & Torres, C. (2018). Diseño de un sistema automatizado de dosificación de cloro para mejorar la calidad del agua potable en el sistema de abastecimiento de la comunidad La planta – Paiján - La Libertad. *Repositorio Institucional - UNITRU*, 159. Retrieved from [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10532/QuispeLozano\\_J - TorresEsparta\\_C.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10532/QuispeLozano_J - TorresEsparta_C.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Quispe, M. (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 Del Altiplano*. Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7879>

Rodriguez, E. (2017). variabilidad temporal de cloro residual y presencia de Fe, Cu y Mn en una red de distribución de agua potable en Ciudad del Carmen, Campeche., (December 2012). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27644.03208>

Tomaylla, N. (2017). Diseño, construcción y evaluación de un sistema de cloración por goteo en la desinfección de agua para consumo de la comunidad de Capillapata - Los Morochucos - Cangallo, Ayacucho - 2016, 52.



## Apéndice

## Apéndice 1

Matriz de consistencia.

### CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS CLORADOS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE ACOBAMBA, HUANCAMELICA

| PROBLEMA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | OBJETIVOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | HIPÓTESIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | VARIABLE / INDICADOR                                                                                                                                                                                                                                             | MÉTODOS Y TÉCNICAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Problema general.</b><br/>¿Cuál es la concentración de los compuestos clorados en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica?</p> <p><b>Problemas específicos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es la concentración de cloro total en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica?</li> <li>• ¿Cuál es la concentración de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica?</li> </ul> | <p><b>Objetivo general</b><br/>Evaluar la concentración de los compuestos clorados en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica y comparar con los límites máximos permisibles del DS. N° 031-2010-SA.</p> <p><b>Objetivos específicos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la concentración de cloro total en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica y comparar con los límites máximos permisibles del DS. N° 031-2010-SA</li> <li>• Determinar la concentración de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica y comparar con los límites máximos permisibles del DS. N° 031-2010-SA.</li> </ul> | <p><b>Hipótesis general.</b><br/>La concentración de los compuestos clorados en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica no cumplen con los límites máximos permisibles del DS. N° 031-2010-SA.</p> <p><b>Hipótesis específicas.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La concentración de cloro total en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica no cumplen con los límites máximos permisibles del DS N° 031-2010-SA</li> <li>• La concentración de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba, Huancavelica no cumplen con los límites máximos permisibles del DS N° 031-2010-SA</li> </ul> | <p><b>Variable</b><br/>Concentración de compuestos clorados.</p> <p><b>Indicadores</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosis de cloro total <math>\leq 5</math> mg/L</li> <li>• Dosis de cloro residual libre <math>\geq 0.5</math> mg/L</li> </ul> | <p><b>Tipo o clase de investigación:</b><br/>Aplicada</p> <p><b>Nivel o alcance de investigación:</b><br/>Descriptivo</p> <p><b>Método de investigación:</b><br/>Inductivo - deductivo.</p> <p><b>Diseño de investigación:</b><br/>No experimental – tipo transversal</p> <p><b>Población</b><br/>El total de agua potable (160 L/s) que circula en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Acobamba</p> <p><b>Muestra</b><br/>Se tomaron un total de 60 muestras del agua de los grifos de la zona urbana de la ciudad de Acobamba</p> <p><b>Muestreo</b><br/>No probabilístico. Tipo intencional</p> <p><b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos:</b><br/>Observación. Clorímetro tipo disco, comparador de cloro y Ficha de recojo de datos.</p> <p><b>Técnicas de procesamiento y análisis de datos:</b><br/>Prueba Z, Microsoft Excel 2016 y Minitab.</p> |

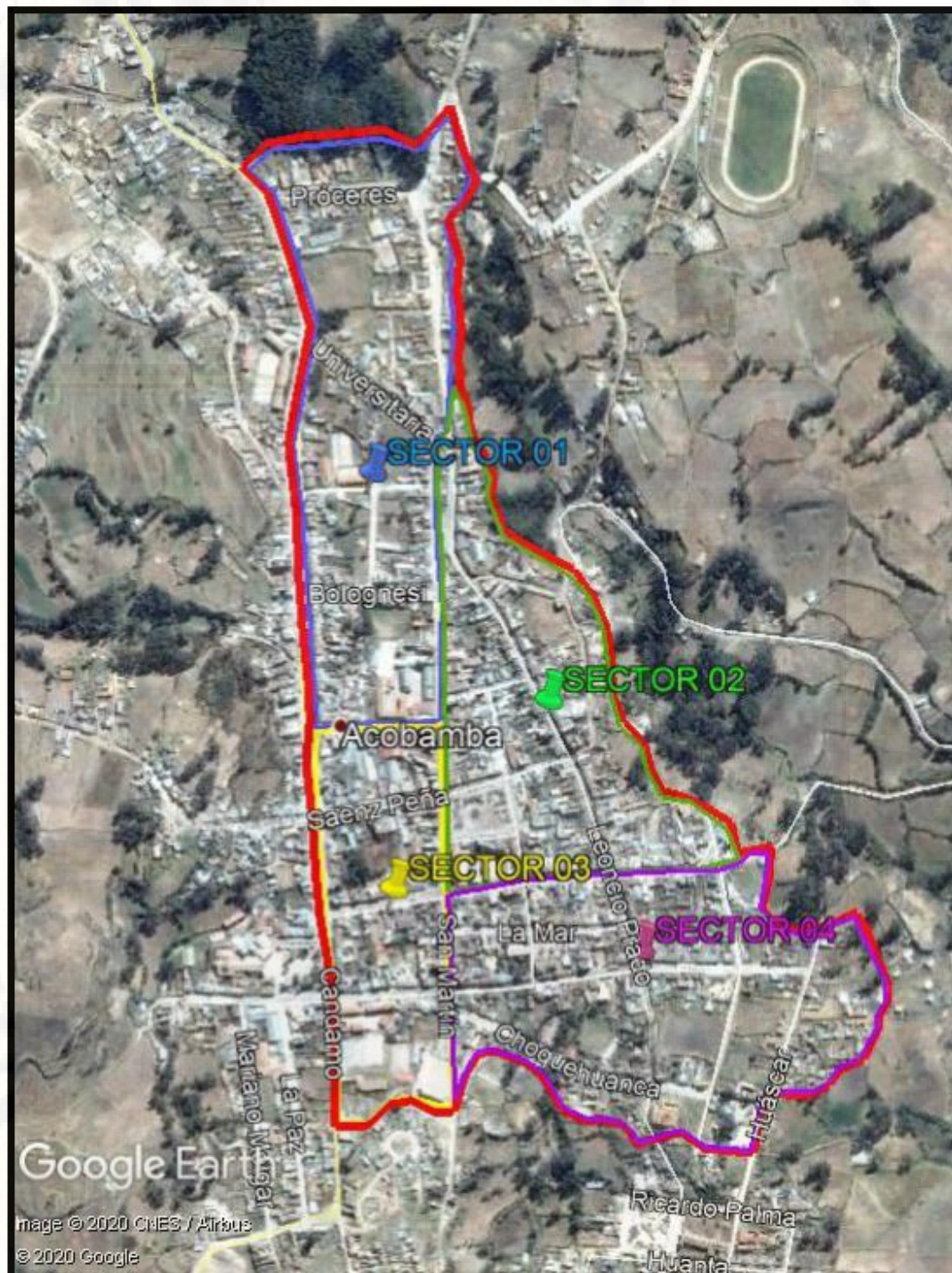
## Apéndice 2

### Cronograma de actividades.

| Actividades                                                     | Año 2019  |   |   |   |   | Año 2020 |   |   |   |   |         |   |   |   |   |       |   |   |   |   |       |   |   |   |   |      |   |   |   |   |       |   |   |   |   |       |  |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|---|---|---|---|----------|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|-------|---|---|---|---|-------|---|---|---|---|------|---|---|---|---|-------|---|---|---|---|-------|--|--|--|--|
|                                                                 | Diciembre |   |   |   |   | Enero    |   |   |   |   | Febrero |   |   |   |   | Marzo |   |   |   |   | Abril |   |   |   |   | Mayo |   |   |   |   | Junio |   |   |   |   | Julio |  |  |  |  |
|                                                                 | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 | 1        | 2 | 3 | 4 | 5 | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 |       |  |  |  |  |
| Elaboración y aprobación del proyecto de tesis                  | X         | X | X | X | X |          |   |   |   |   |         |   |   |   |   |       |   |   |   |   |       |   |   |   |   |      |   |   |   |   |       |   |   |   |   |       |  |  |  |  |
| Adquisición de materiales para la ejecución                     |           |   |   |   |   |          | X | X | X | X | X       | X |   |   |   |       |   |   |   |   |       |   |   |   |   |      |   |   |   |   |       |   |   |   |   |       |  |  |  |  |
| Identificación de las viviendas para registro de cloro residual |           |   |   |   |   |          |   |   |   |   | X       | X | X | X | X | X     |   |   |   |   |       |   |   |   |   |      |   |   |   |   |       |   |   |   |   |       |  |  |  |  |
| Monitoreo de datos de cloro total y cloro residual libre        |           |   |   |   |   |          |   |   |   |   |         |   |   |   |   | X     | X | X | X | X |       |   |   |   |   |      |   |   |   |   |       |   |   |   |   |       |  |  |  |  |
| Análisis, procesamiento e interpretación de datos               |           |   |   |   |   |          |   |   |   |   |         |   |   |   |   |       |   |   |   |   | X     | X | X | X | X | X    | X | X | X |   |       |   |   |   |   |       |  |  |  |  |
| Redacción del informe final de tesis                            |           |   |   |   |   |          |   |   |   |   |         |   |   |   |   |       |   |   |   |   |       |   |   |   |   |      | X | X | X | X | X     |   |   |   |   |       |  |  |  |  |
| Presentación y corrección del informe final de tesis            |           |   |   |   |   |          |   |   |   |   |         |   |   |   |   |       |   |   |   |   |       |   |   |   |   |      |   |   |   |   |       | X | X | X | X | X     |  |  |  |  |

### Apéndice 3

Croquis de la sectorización de la ciudad de Acobamba



#### Apéndice 4

*Puntos de muestreo de agua del sector 1.*



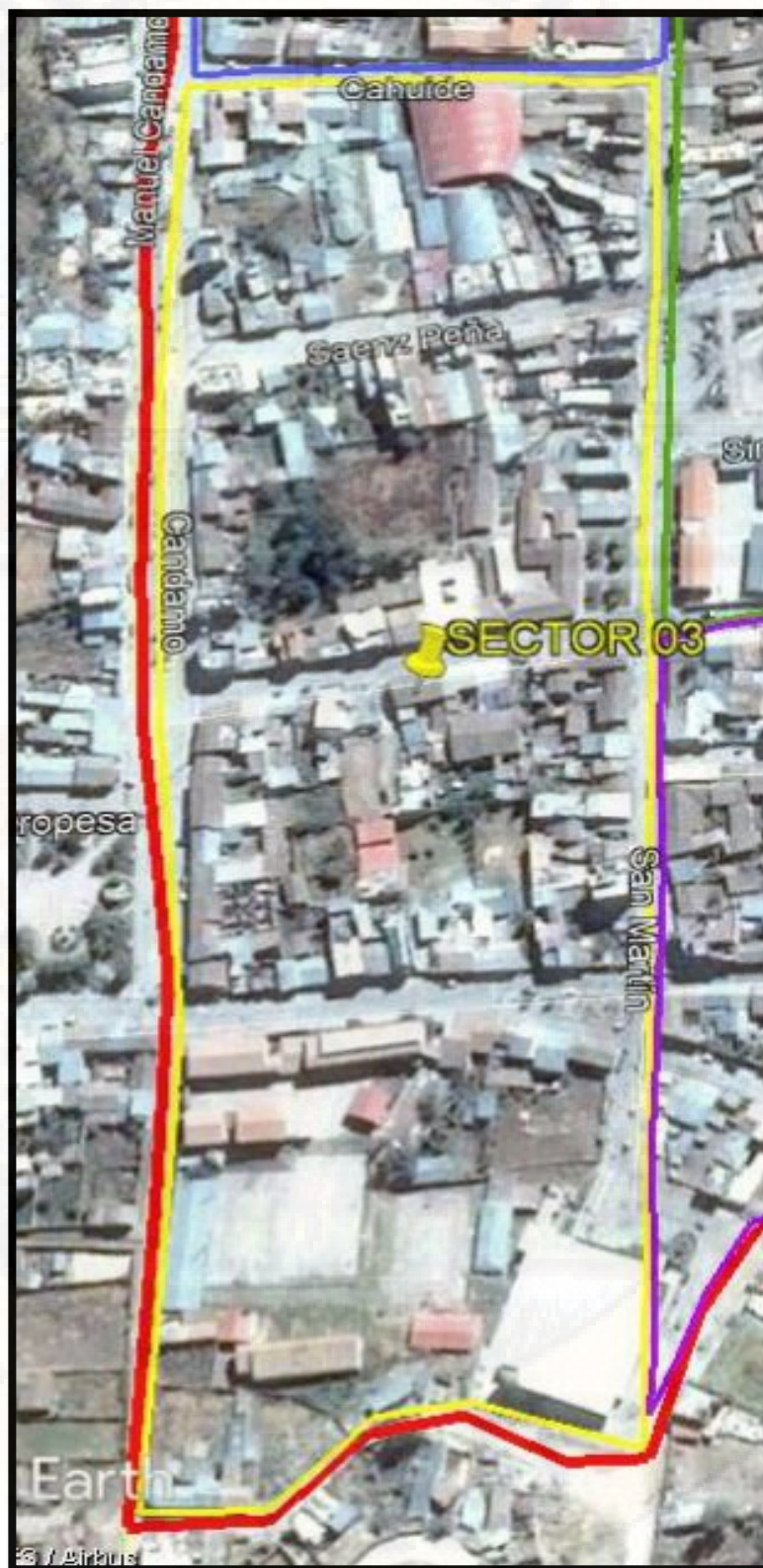
## Apéndice 5

Puntos de muestreo de agua del sector 2.



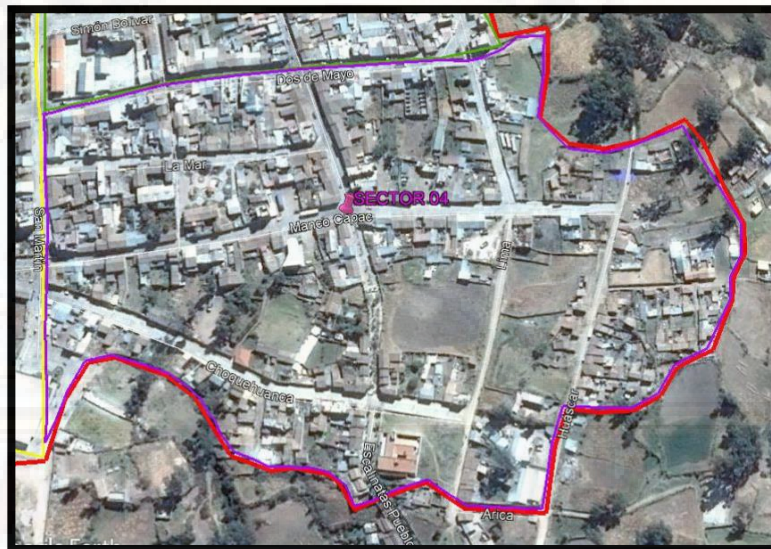
## Apéndice 6

Puntos de muestreo de agua del sector 3.



#### Apéndice 7

Puntos de muestreo de agua del sector 4.



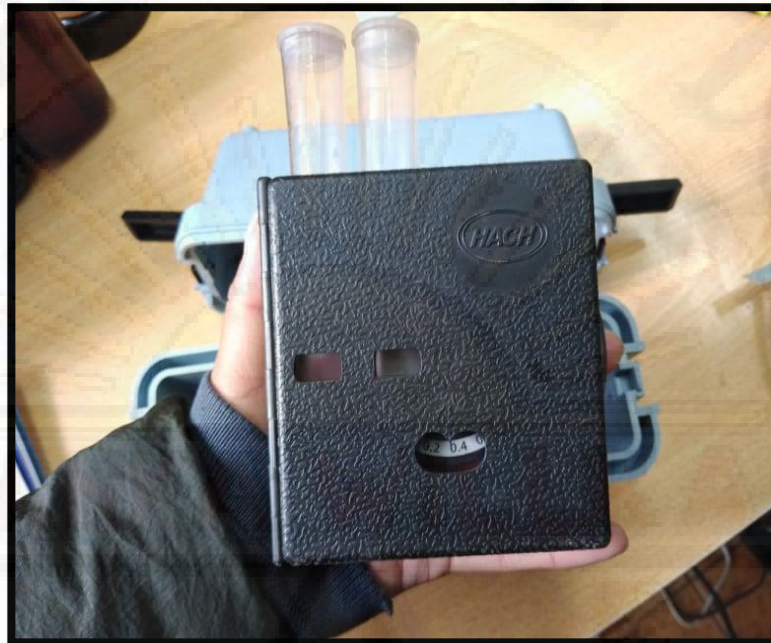
#### Apéndice 8

Visita a la Unidad de Gestión de Servicios de Saneamiento (UGSS) de la municipalidad provincial de Acobamba para más información.



#### Apéndice 9

Instrumento de medición (clorímetro tipo disco) para cloro residual libre.



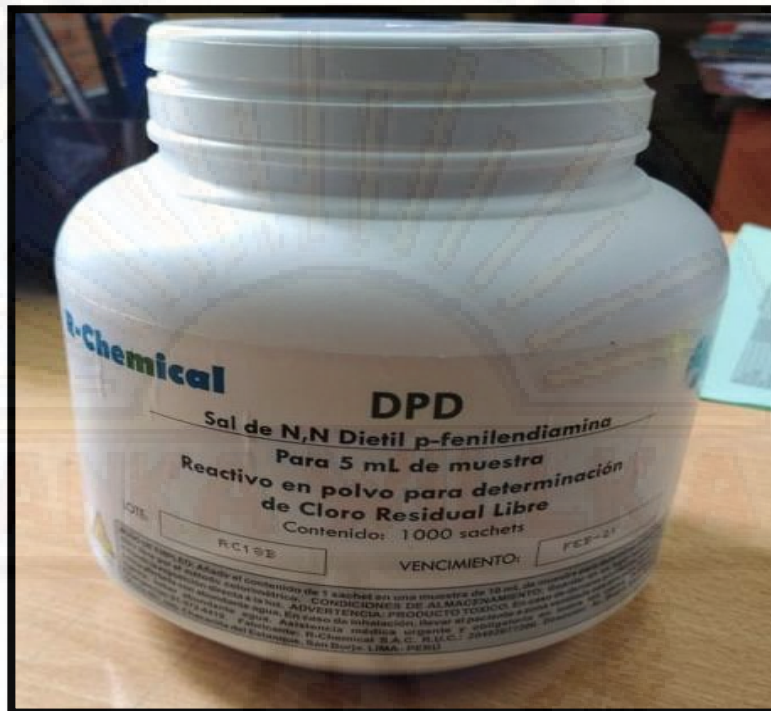
#### Apéndice 10

Instrumento de medición (comparador de cloro) para cloro total.



#### Apéndice 11

*DPD 1 para cloro residual libre.*



#### Apéndice 12

*DPD 3 para cloro total.*



### Apéndice 13

*Tesista tomando coordenadas de los cuatro sectores*



### Apéndice 14

*Realizando visita a las viviendas participantes de los sectores seleccionados*



## Apéndice 15

### Tomando muestras de agua



## Apéndice 16

### Celdas de muestreo



#### Apéndice 17

*Tesista realizando la lectura de muestras*



#### Apéndice 18

*Registrando los resultados de las muestras.*

