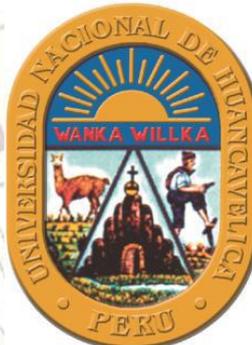


UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por Ley 25265)



**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**“RELACIÓN DE LOS MÉTODOS POR GOTEO Y LA EFICIENCIA DEL CLORO RESIDUAL EN LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE CLORACIÓN EN ZONAS RURALES”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

SANEAMIENTO

**DISCIPLINA:**

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

INGENIERO CIVIL

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

LANDEO ESPEZA, Anthony Franklin

**HUANCAMELICA – PERÚ**

**2018**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA**



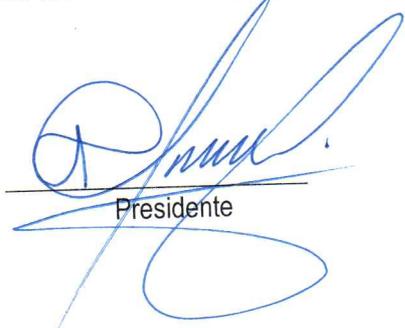
**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En el Auditorium de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, a los 12 días del mes de junio del año 2018, a horas 11:30 a.m, se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los siguientes: **Arq. Abdón Dante OLIVERA QUINTANILLA (PRESIDENTE)**, **M.Sc. Iván Arturo AYALA BIZARRO (SECRETARIO)**, **Ing. Omar CABALLERO SÁNCHEZ (VOCAL)**, designados con Resolución de Consejo de Facultad N° 121-2017-FCI-UNH de fecha 11 de abril del 2017 y ratificados con Resolución de Decano N° 065-2018-FCI-UNH de fecha 07 de junio del 2018, a fin de proceder con la evaluación y calificación de la sustentación del informe final de tesis titulado: "RELACIÓN DE LOS MÉTODOS POR GOTEO Y LA EFICIENCIA DEL CLORO RESIDUAL EN LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE CLORACIÓN EN ZONAS RURALES", presentado por el Bachiller **Anthony Franklin LANDEO ESPEZA**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero Civil**; en presencia del **Lic. Fis. Eleuterio Martín ALCÁNTARA ESPINOZA**, Asesor del presente trabajo de tesis. Finalizado la evaluación a horas 12:10; se invitó al público presente y al sustentante abandonar el recinto. Luego de una amplia deliberación por parte de los Jurados, se llegó al siguiente resultado:

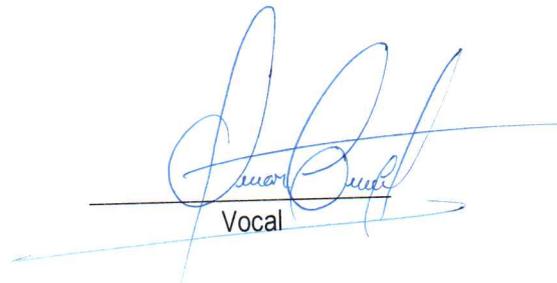
APROBADO  POR UNANIMIDAD

DESAPROBADO

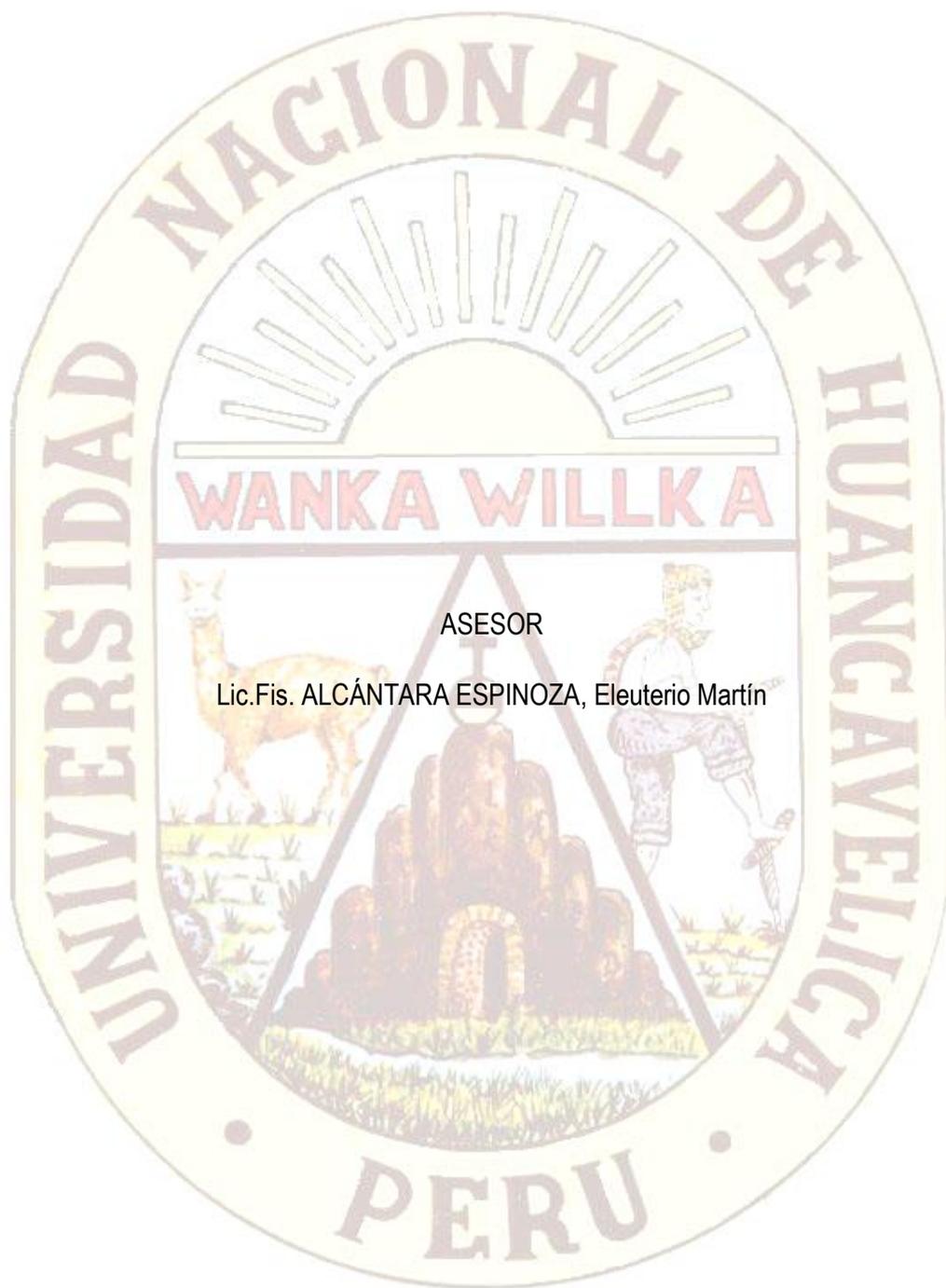
En señal de conformidad, firmamos a continuación:

  
\_\_\_\_\_  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Secretario

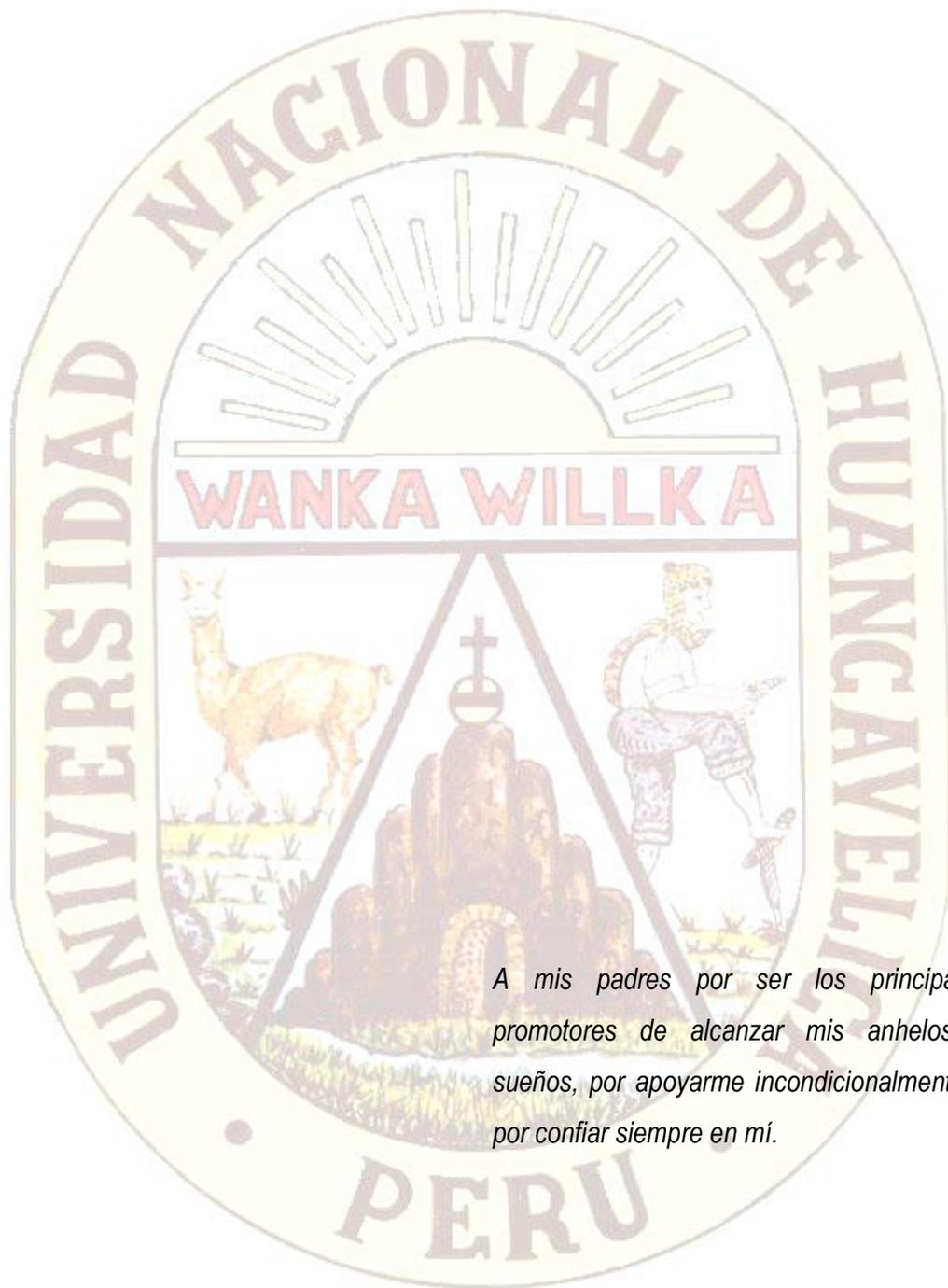
  
\_\_\_\_\_  
Vocal

  
\_\_\_\_\_  
Vº Bº Decano



ASESOR

Lic.Fis. ALCÁNTARA ESPINOZA, Eleuterio Martín



*A mis padres por ser los principales promotores de alcanzar mis anhelos y sueños, por apoyarme incondicionalmente y por confiar siempre en mí.*

## Agradecimiento

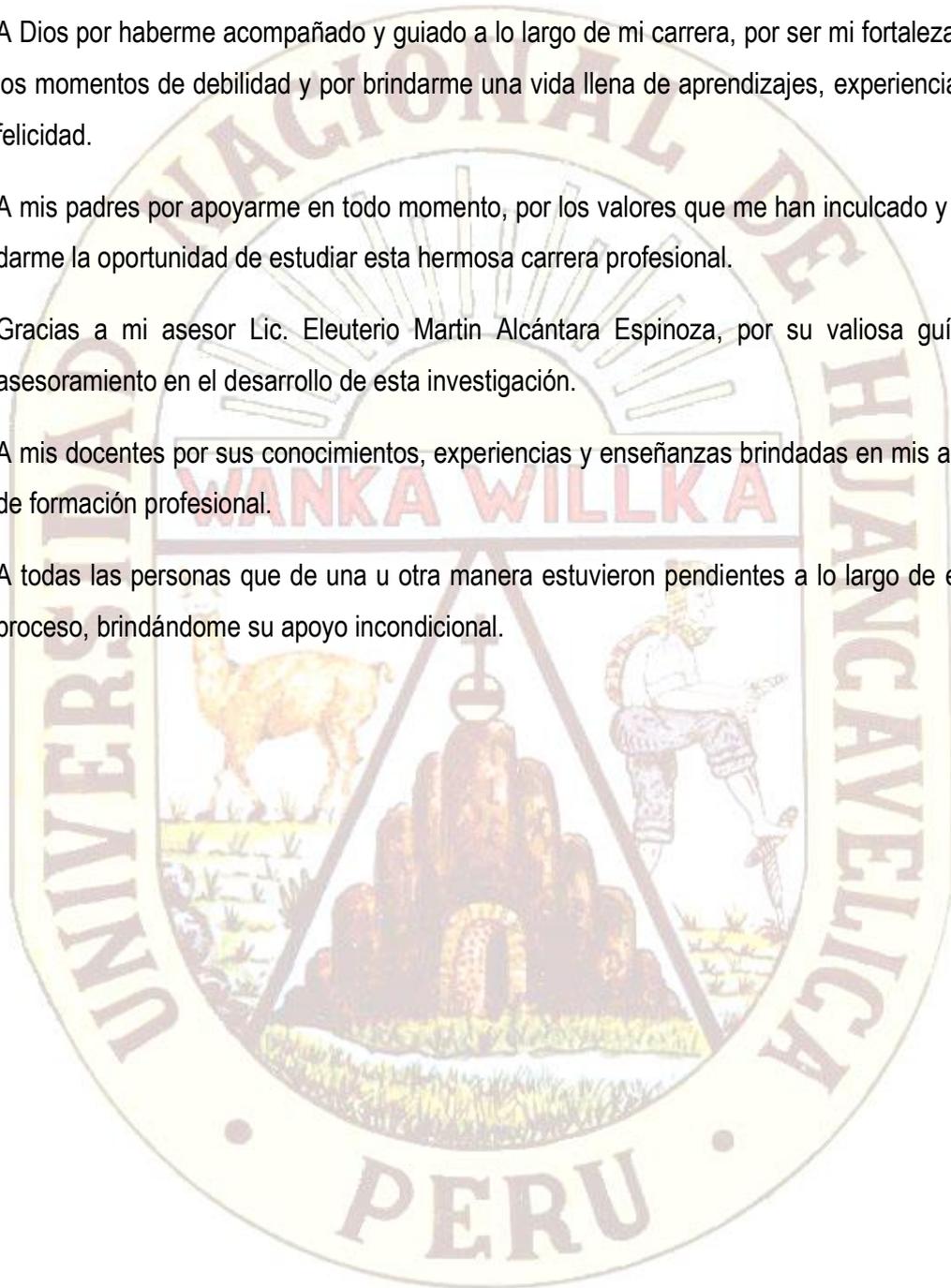
A Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y felicidad.

A mis padres por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado y por darme la oportunidad de estudiar esta hermosa carrera profesional.

Gracias a mi asesor Lic. Eleuterio Martin Alcántara Espinoza, por su valiosa guía y asesoramiento en el desarrollo de esta investigación.

A mis docentes por sus conocimientos, experiencias y enseñanzas brindadas en mis años de formación profesional.

A todas las personas que de una u otra manera estuvieron pendientes a lo largo de este proceso, brindándome su apoyo incondicional.



## Índice

Dedicatoria .....	II
Agradecimiento.....	V
Resumen .....	XIII
Abstract .....	XV
Introducción.....	XVII
<b>Capítulo I: Problema</b> .....	18
1.1. Planteamiento de Problema .....	18
1.2. Formulación del Problema .....	19
1.2.1. Problema General .....	19
1.2.2. Problemas Específicos.....	19
1.3. Objetivo .....	19
1.3.1. Objetivo General .....	19
1.3.2. Objetivos Específicos.....	19
1.4. Justificación .....	19
<b>Capítulo II: Marco Teórico</b> .....	21
2.1. Antecedentes.....	21
2.2. Bases Teóricas .....	26
2.2.1. Sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural .....	26
2.2.2. Partes de un sistema de agua potable convencional.....	27
2.2.2.1. Componentes destinados a la producción de agua potable.....	27
2.2.2.2. Componentes destinados para el almacenamiento y distribución del agua potable .....	29
2.2.3. Fundamentos de la desinfección y cloración .....	31
2.2.3.1. Desinfección del agua para consumo humano .....	31
2.2.3.2. Características de un buen desinfectante.....	32
2.2.3.3. Desinfección y cloración.....	33
2.2.3.4. Desinfección de los componentes de un sistema de agua potable .....	34
2.2.3.5. Cloración como proceso de desinfección .....	34
2.2.3.5.1. Cloración por goteo.....	34
2.2.3.5.2. Conceptos básicos .....	34
2.2.3.5.3. El cloro (Cl <sub>2</sub> ).....	38

2.2.4.	Nivel o control estático en reservorios .....	39
2.2.5.	Métodos por Goteo .....	39
2.2.6.	Cloro Residual .....	41
2.3.	Hipótesis.....	42
2.3.1.	Hipótesis General.....	42
2.3.2.	Hipótesis específicas.....	42
2.4.	Variables de estudio .....	43
2.4.1	Variable 1.....	43
2.4.2	Variable 2.....	43
<b>Capítulo III: Metodología de la Investigación.....</b>		<b>44</b>
3.1.	Ámbito de estudio .....	44
3.2.	Tipo de Investigación .....	44
3.3.	Nivel de Investigación .....	44
3.4.	Método de Investigación .....	44
3.5.	Diseño de Investigación .....	44
3.6.	Población, Muestra, Muestreo.....	45
3.6.1.	Población .....	45
3.6.2.	Muestra.....	45
3.6.3.	Muestreo .....	45
3.7.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	45
3.7.1.	Técnicas .....	45
3.7.2.	Instrumentos .....	46
3.8.	Procedimiento de recolección de datos.....	46
3.9.	Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos .....	46
<b>Capítulo IV: Resultados.....</b>		<b>48</b>
4.1.	Presentación de Resultados .....	48
4.2.	Discusión.....	85
Conclusiones .....		90
Recomendaciones .....		91
Referencia Bibliográfica .....		92
Artículo Científico .....		94
Anexos .....		104

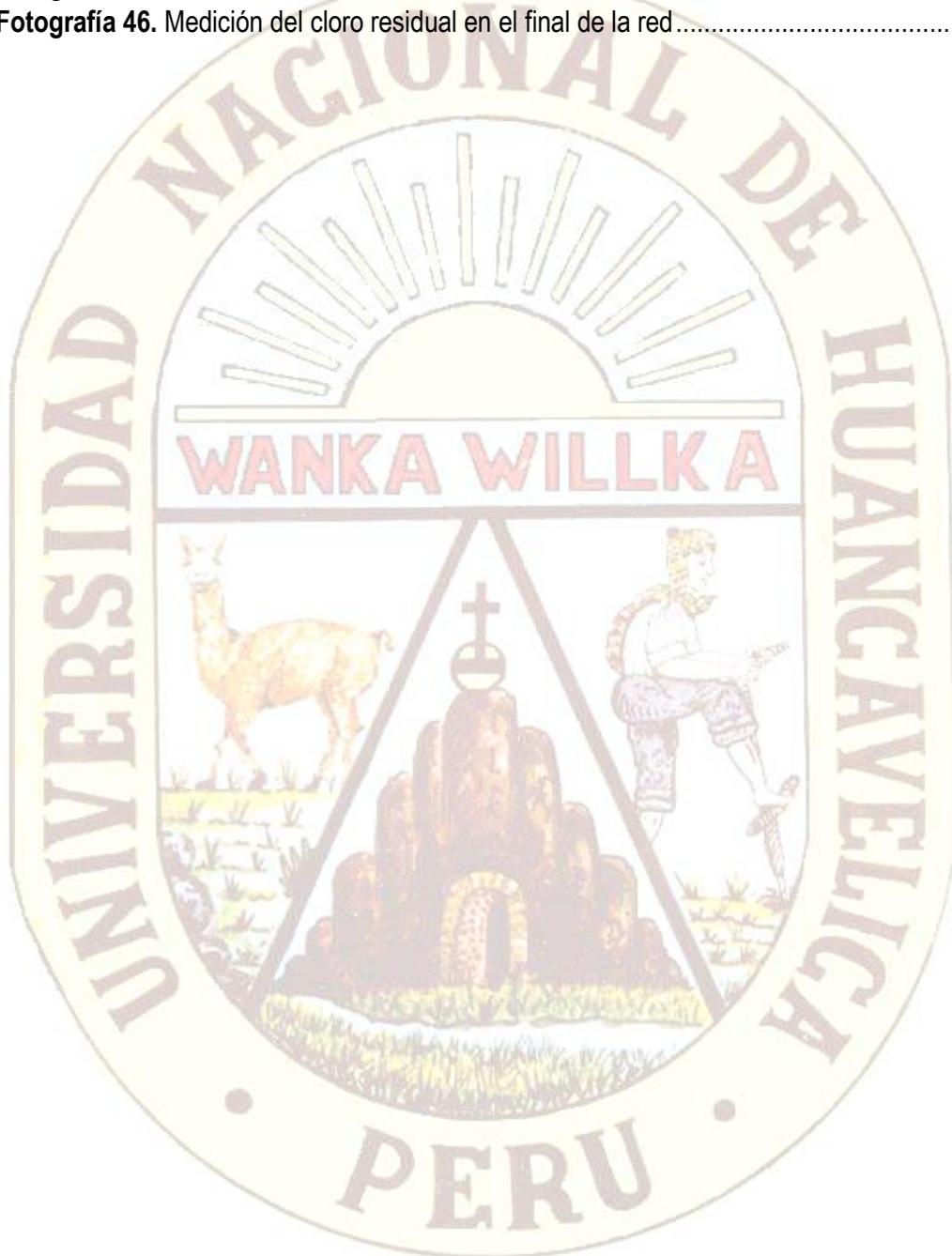
## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Concentraciones para la desinfección de sistemas de agua potable. ....	34
<b>Tabla 2.</b> Efectos tóxicos del cloro. ....	38
<b>Tabla 3.</b> Resultados del caudal de ingreso al reservorio.....	49
<b>Tabla 4.</b> Resultado del análisis de turbiedad .....	51
<b>Tabla 5.</b> Resultado del Análisis de pH .....	51
<b>Tabla 6.</b> Resultado del cálculo del volumen del reservorio. ....	52
<b>Tabla 7.</b> Resultados de la dosis para la desinfección del reservorio. ....	53
<b>Tabla 8.</b> Resultado del caudal máximo diario. ....	65
<b>Tabla 9.</b> Resultado del peso del Hipoclorito de Calcio.....	66
<b>Tabla 10.</b> Resultado del volumen del tanque dosador. ....	66
<b>Tabla 11.</b> Resultados del caudal de goteo al reservorio. ....	67
<b>Tabla 12.</b> Resultados del cloro residual por método de Goteo con flotador adaptado.....	72
<b>Tabla 13.</b> Resultados del cloro residual por el método de Goteo por embalse.....	84
<b>Tabla 14.</b> Cuadro de resultados del nivel de cloro residual método por goteo con flotador adaptado .....	85
<b>Tabla 15.</b> Análisis de varianza (ANOVA - Método 1) .....	86
<b>Tabla 16.</b> Cuadro de resultados del nivel de cloro residual método por goteo por embalse .....	86
<b>Tabla 17.</b> Análisis de varianza (ANOVA - Método 2) .....	87
<b>Tabla 18.</b> Intervalos de confianza (Método 1).....	87
<b>Tabla 19.</b> Intervalos de confianza (Método 2).....	88
<b>Tabla 20.</b> Comparación de resultados .....	88
<b>Tabla 21.</b> Comparación de costos de los sistemas de cloración .....	89

## Índice de Fotografías

<b>Fotografía 1.</b> Aforo del caudal de ingreso al reservorio .....	49
<b>Fotografía 2.</b> Recojo de muestras de agua de la captación Huascapuquio. ....	50
<b>Fotografía 3.</b> Instalación del Nivel estático.....	52
<b>Fotografía 4.</b> Ingreso al reservorio. ....	53
<b>Fotografía 5.</b> Limpieza interior del reservorio.....	54
<b>Fotografía 6.</b> Hipoclorito de Calcio al 70%. ....	54
<b>Fotografía 7.</b> Preparación de la solución de hipoclorito de calcio. ....	55
<b>Fotografía 8.</b> Caseta de cloración.....	55
<b>Fotografía 9.</b> Montaje del flotador .....	57
<b>Fotografía 10.</b> Tee del Flotador .....	58
<b>Fotografía 11.</b> Accesorio perforado con un ángulo de 45° .....	58
<b>Fotografía 12.</b> Colocado del niple con orificio .....	59
<b>Fotografía 13.</b> Tapón con manguera transparente .....	59
<b>Fotografía 14.</b> Flotador .....	60
<b>Fotografía 15.</b> Soporte para flotador .....	60
<b>Fotografía 16.</b> Montaje del hilo nylon. ....	61
<b>Fotografía 17.</b> Accesorios en el tanque dosador.....	61
<b>Fotografía 18.</b> Tubo de lectura de nivel de agua.....	62
<b>Fotografía 19.</b> Instalación de accesorios en el tanque .....	62
<b>Fotografía 20.</b> Instalación de grifo y uniones universales.....	63
<b>Fotografía 21.</b> Boya con cierre automático .....	63
<b>Fotografía 22.</b> Verificación de accesorios .....	64
<b>Fotografía 23.</b> Llenado del tanque dosador .....	64
<b>Fotografía 24.</b> Preparación de la solución clorada .....	67
<b>Fotografía 25.</b> Llenado del tanque con la solución clorada .....	68
<b>Fotografía 26.</b> Graduado de la válvula de goteo. ....	68
<b>Fotografía 27.</b> Comparador de cloro residual tipo disco.....	69
<b>Fotografía 28.</b> Medición del cloro residual .....	70
<b>Fotografía 29.</b> Medición del cloro residual. ....	71
<b>Fotografía 30.</b> Medición del cloro residual. ....	72
<b>Fotografía 31.</b> Caseta con tanque dosador.....	74
<b>Fotografía 32.</b> Instalación grifo PVC. ....	75
<b>Fotografía 33.</b> Visor transparente. ....	75
<b>Fotografía 34.</b> Tanque difusor de solución clorada. ....	76
<b>Fotografía 35.</b> Recipiente con agujeros de medio centímetro. ....	76
<b>Fotografía 36.</b> Recipiente cubierto con tela quirúrgica. ....	77
<b>Fotografía 37.</b> Instalación de accesorios del tanque difusor.....	77
<b>Fotografía 38.</b> Accesorios de la salida del tanque difusor. ....	78
<b>Fotografía 39.</b> Llenado de los frascos con hipoclorito de calcio. ....	78
<b>Fotografía 40.</b> Frascos dentro del tanque difusor.....	79
<b>Fotografía 41.</b> Llenado del tanque difusor con agua. ....	79

<b>Fotografía 42.</b> Graduado del caudal de goteo.....	80
<b>Fotografía 43.</b> Comparador de cloro residual tipo disco.....	80
<b>Fotografía 44.</b> Medición del cloro residual en el inicio de la red.....	81
<b>Fotografía 45.</b> Medición del cloro residual la mitad de la red.....	82
<b>Fotografía 46.</b> Medición del cloro residual en el final de la red.....	83



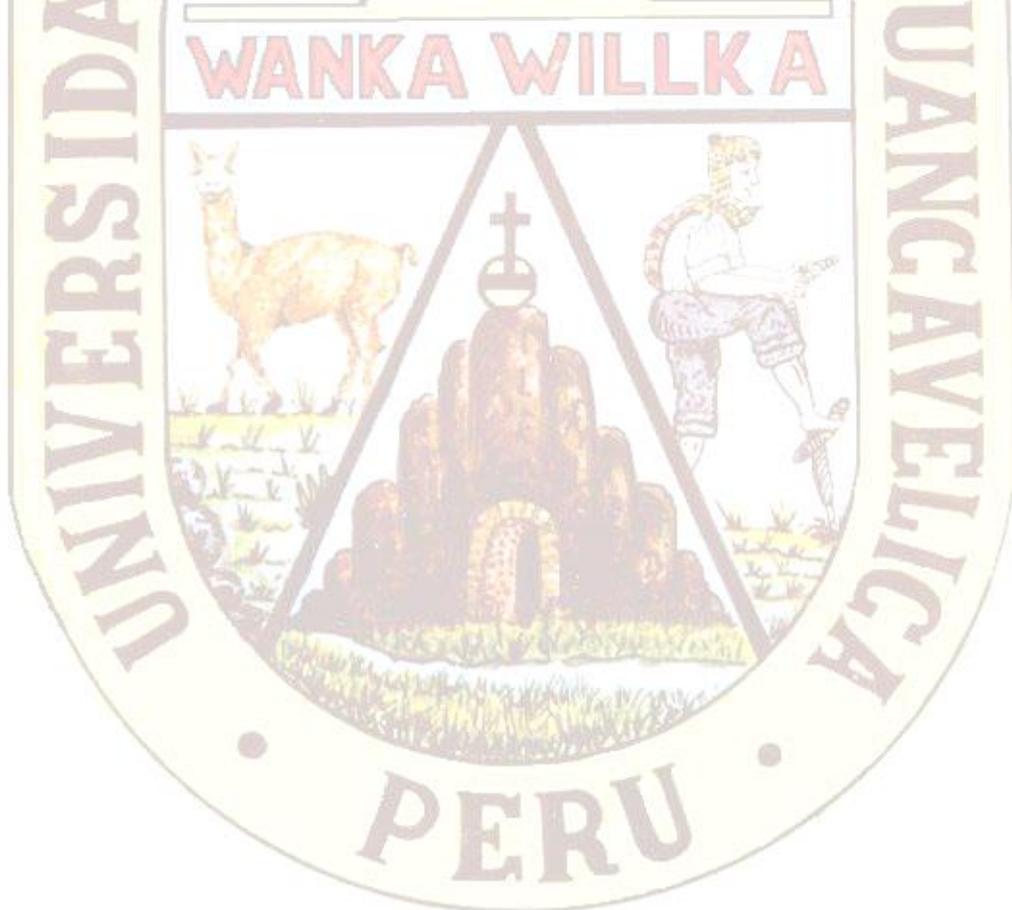
## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Sistema de Agua potable Convencional.....	27
<b>Figura 2.</b> Captación de agua subterránea .....	28
<b>Figura 3.</b> Línea de conducción de agua .....	28
<b>Figura 4.</b> Reservorio .....	29
<b>Figura 5.</b> Línea de aducción.....	30
<b>Figura 6.</b> Red de distribución .....	30
<b>Figura 7.</b> Nivel o control estático .....	39
<b>Figura 8.</b> Etapas del proceso de ejecución de la presente investigación.....	48
<b>Figura 9.</b> Sistema de cloración por goteo con flotador adaptado.....	56
<b>Figura 10.</b> Plano del primer punto de muestreo.....	69
<b>Figura 11.</b> Plano del segundo punto de muestreo .....	70
<b>Figura 12.</b> Plano del último punto de muestreo.....	71
<b>Figura 13.</b> Sistema de cloración por goteo por embalse.....	73
<b>Figura 14.</b> Plano del primer punto de muestreo.....	81
<b>Figura 15.</b> Plano del segundo punto de muestreo.....	82
<b>Figura 16.</b> Plano del último punto de muestreo.....	83



## Fotografías del Anexo

<b>Fotografía A 1.</b> Recojo de muestras de agua de la captación Huascapuquio-Lirpancca. ....	105
<b>Fotografía A 2.</b> Limpieza y desinfección del reservorio del centro poblado de Lirpancca. ....	106
<b>Fotografía A 3.</b> Instalación del nivel estático. ....	106
<b>Fotografía A 4.</b> Caseta de cloración y reservorio del centro poblado de Lirpancca. ....	107
<b>Fotografía A 5.</b> Instalación del sistema de cloración por goteo con flotador adaptado. ..	108
<b>Fotografía A 6.</b> Preparación de la solución madre, con Hipoclorito de Calcio. ....	108
<b>Fotografía A 7.</b> Medición del cloro residual del sistema de cloración por goteo con flotador adaptado. ....	110
<b>Fotografía A 8.</b> Instalación del sistema de cloración por goteo por embalse. ....	111
<b>Fotografía A 9.</b> Medición del cloro residual del sistema de cloración por goteo por embalse. ....	112



## Resumen

La presente investigación titulada “Relación de los métodos por goteo y la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales”, se realizó en la localidad de Lirpancca del distrito de Paucará del departamento de Huancavelica, 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, solución clorada, tanque dosador de 250 l y caudal de goteo de 248 gotas/minuto, para luego ver la eficiencia de estos métodos con los resultados de cloro residual que cada uno de estos obtengan.

Como primera etapa se tuvo que verificar el caudal de ingreso al reservorio que fue de 0.39 l/s, y verificar la calidad del agua afluyente y la posibilidad de cloración, analizando la turbiedad y pH del agua.

Como segunda etapa se procedió a instalar el nivel estático en el reservorio para evitar la pérdida de agua desinfectada, y luego desinfectar el reservorio. Ya con todos estos procedimientos se construyó la caseta de cloración encima del reservorio para proteger el sistema de cloración.

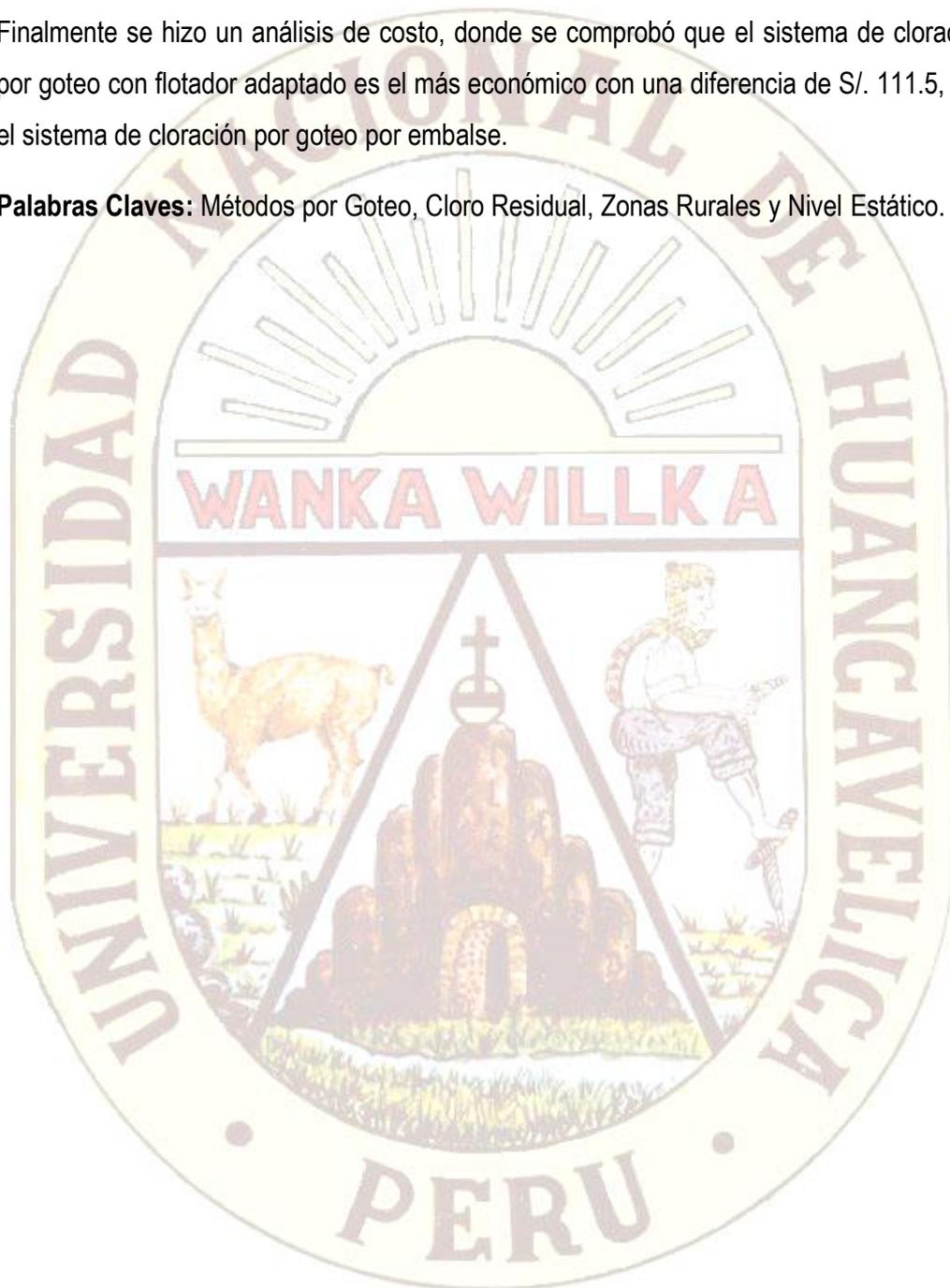
Se instaló el sistema de cloración por goteo con flotador adaptado, luego se registró y midió el cloro residual en el inicio, en el medio y en el final de la red por 10 días, obteniendo como resultados que el 99% de los resultados de cloro residual en el inicio de la red estarán en el intervalo de (0.71 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). Finalmente 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.

**Palabras Claves:** Métodos por Goteo, Cloro Residual, Zonas Rurales y Nivel Estático.



## Abstract

The present research entitled "Relation of drip methods and the efficiency of residual chlorine in the installation of chlorination systems in rural areas", was carried out in the town of Lirpancca in the district of Paucará, department of Huancavelica, with the objective of determining To what extent does the relationship of drip methods and the efficiency of residual chlorine favor the installation of chlorination systems in rural areas? Where the chlorination system had to be installed and see the efficiency of the drip method with adapted float in obtaining the residual chlorine and the efficiency of the method by dripping by reservoir in obtaining the residual chlorine.

Where two types of drip chlorination systems were installed in the reservoir with the same conditions of maximum daily flow of 0.20 l / s, chlorinated solution, 250 liter dosing tank and 248 drip flow rate per minute, to see the efficiency of these methods with the results of residual chlorine that each of these obtain.

As a first stage, it was necessary to verify the inflow to the reservoir, which was 0.39 l / s, and verify the quality of the effluent water and the possibility of chlorination, analyzing the turbidity and pH of the water.

As a second stage, the static level in the reservoir was installed to prevent the loss of disinfected water, and then disinfect the reservoir. With all these procedures, the chlorination house was built above the reservoir to protect the chlorination system.

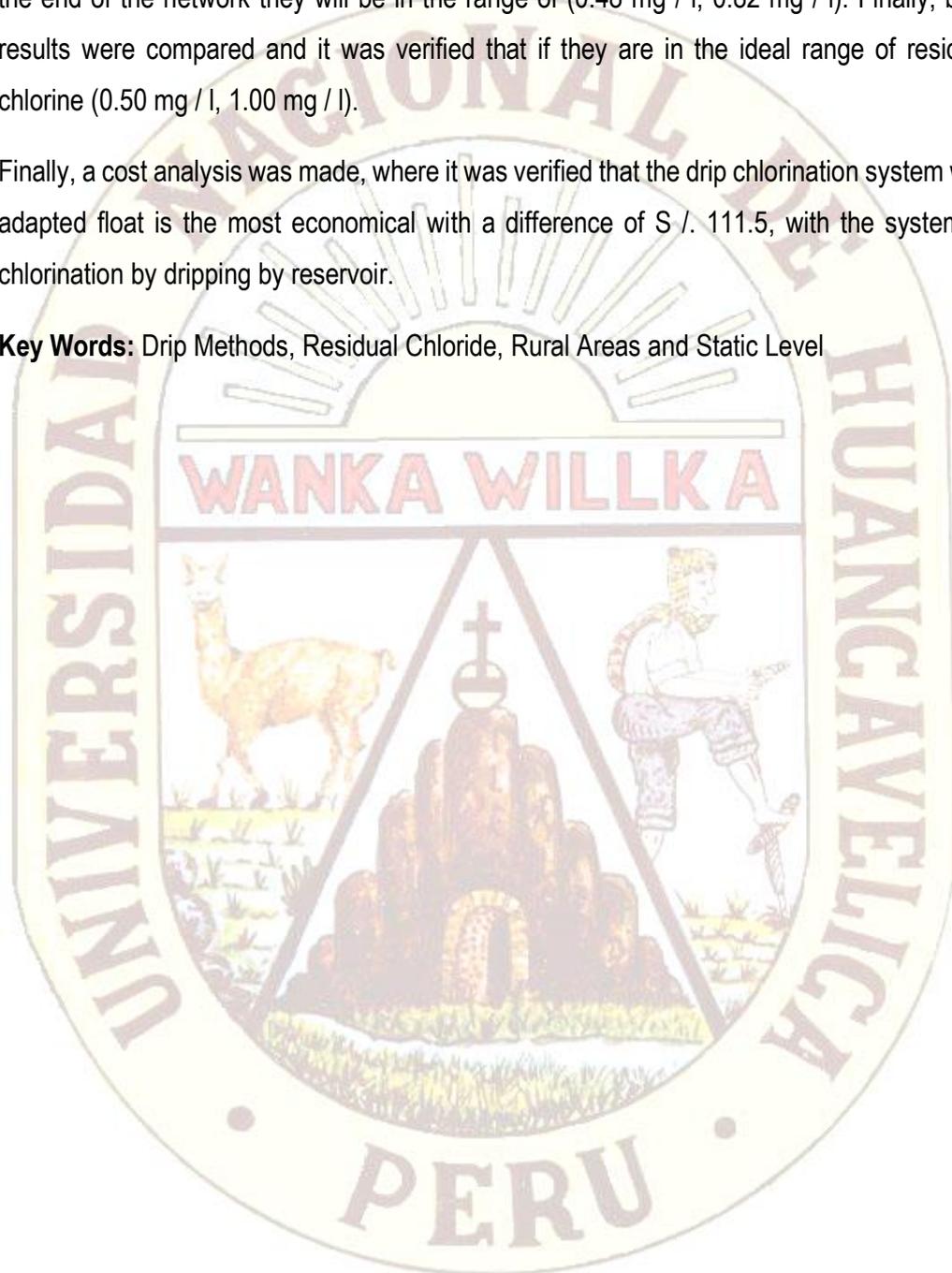
The drip chlorination system with adapted float was installed, then the residual chlorine was recorded and measured at the beginning, in the middle and at the end of the network for 10 days, obtaining as a result that 99% of the chlorine results residual at the start of the network will be in the range of (0.71 mg / l, 1.03 mg / l), in the middle of the network will be in the range of (0.67 mg / l, 1.01 mg / l) and at the end of the network will be in the range of (0.57 mg / l, 0.91 mg / l).

Then with the same dosage of chlorine, the chlorination system was installed by dripping by reservoir, then the residual chlorine was recorded and measured at the beginning, in the middle and at the end of the network for 10 days, obtaining as a result that 99 % of the

residual chlorine results at the start of the network will be in the range of (0.64 mg / l, 0.92 mg / l), in the middle of the network they will be in the range of (0.58 mg / l, 0.92 mg / l) and at the end of the network they will be in the range of (0.48 mg / l, 0.82 mg / l). Finally, both results were compared and it was verified that if they are in the ideal range of residual chlorine (0.50 mg / l, 1.00 mg / l).

Finally, a cost analysis was made, where it was verified that the drip chlorination system with adapted float is the most economical with a difference of S /. 111.5, with the system of chlorination by dripping by reservoir.

**Key Words:** Drip Methods, Residual Chloride, Rural Areas and Static Level



## Introducción

El acceso a los servicios de agua potable y saneamiento constituye un derecho humano reconocido por las Naciones Unidas, debido a que es fundamental para mantener la buena salud de las personas. Su limitado acceso o la inadecuada calidad de la prestación del servicio, representan un grave riesgo para la salud humana, en especial de los niños, adultos mayores y personas con la salud disminuida.

La investigación tiene como objetivo principal 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.

En este sentido se propone desarrollar dos métodos de cloración como una herramienta para la adecuada cloración del agua en pequeños sistemas de abastecimiento de agua potable, buscando asistir de manera sencilla y efectiva a los operadores y demás actores involucrados en su implementación. Siguiendo una secuencia que va desde el fundamento teórico de la desinfección, cloración y hasta la presentación de instrumentos para la implementación del clorador, así como para su operación y mantenimiento (O&M).

La efectividad de estos dos sistemas de cloración ha sido probada en varios sistemas de abastecimiento de agua potable, se ha comprobado que estos sistemas de cloración se presentan como una tecnología apropiada para el ámbito rural. Con lo que se obtendrá un aporte importante en la calidad de vida de los pobladores de las zonas rurales y pequeñas ciudades disminuyendo la contaminación y enfermedades de origen hídrico.

## Capítulo I: Problema

### 1.1. Planteamiento de Problema

La actual problemática que tienen los prestadores de servicio de agua y saneamiento rural en el Perú es que ha quedado en desuso el hipoclorador, dispositivo de cloración hasta hace poco utilizado para la desinfección y cloración del agua para consumo humano, ya que salió del mercado el hipoclorito de calcio al 33%. En su lugar, solo se dispone de hipoclorito de calcio al 70%, un insumo que requiere de otras tecnologías para suministrar adecuadamente cloro a los sistemas de agua potable de la zona rural.

Para ser viable en zonas rurales, tal sistema debe ser de bajo costo de instalación y mantenimiento, de operación simple y que demande poco tiempo y sea resistente. Una de las nuevas tecnologías adecuadas y considerando estos requisitos es el sistema de cloración por goteo presentado en esta investigación, que será de importancia para los profesionales y actores locales involucrados en el tema de agua y saneamiento, las Áreas Técnicas Municipales (ATM), el Sector Salud, o las ONGs trayendo asistencia técnica para que puedan ejecutar proyectos y post-ejecución de proyectos de cloración del agua utilizando esta tecnología. El propósito es difundir la información para mejorar la calidad de los sistemas de agua potable en zonas rurales. Conociendo el riesgo que conlleva el consumir agua con un déficit de cloro en las zonas rurales, es de vital importancia trabajar en la prevención del brote de posibles enfermedades producto de los parásitos existentes en el agua, objetivo que se puede conseguir con un estricto control al momento de la dosificación del cloro. Cabe mencionar que si la dosis del desinfectante ni siquiera ha cubierto la demanda de cloro del agua se presentan sustancias tóxicas como cloraminas con elevado potencial cancerígeno. En caso contrario, cuando exista un exceso de cloro, las molestias que se pueden apreciar inmediatamente es el desagradable olor y sabor del líquido; a más de presentarse un problema aún mayor que es la aparición de subproductos de la cloración formando sustancias cancerígenas principalmente trihalometanos.

Ante esta problemática se promovió el desarrollo de esta investigación, con el fin de proporcionar un adecuado control al momento de la dosificación de cloro durante todo

el proceso de desinfección, en la primera casa, en la mitad y la última casa de la comunidad y verificar que el nivel de cloro residual este siempre en el rango deseado en todos estos puntos (0,5-1,0ppm).

## **1.2. Formulación del Problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿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?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- ✓ ¿En qué grado favorece la relación del método por goteo con flotador adaptado y la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales?
- ✓ ¿En qué grado favorece la relación de los métodos por goteo por embalse y la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales?

## **1.3. Objetivo**

### **1.3.1. Objetivo General**

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.

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

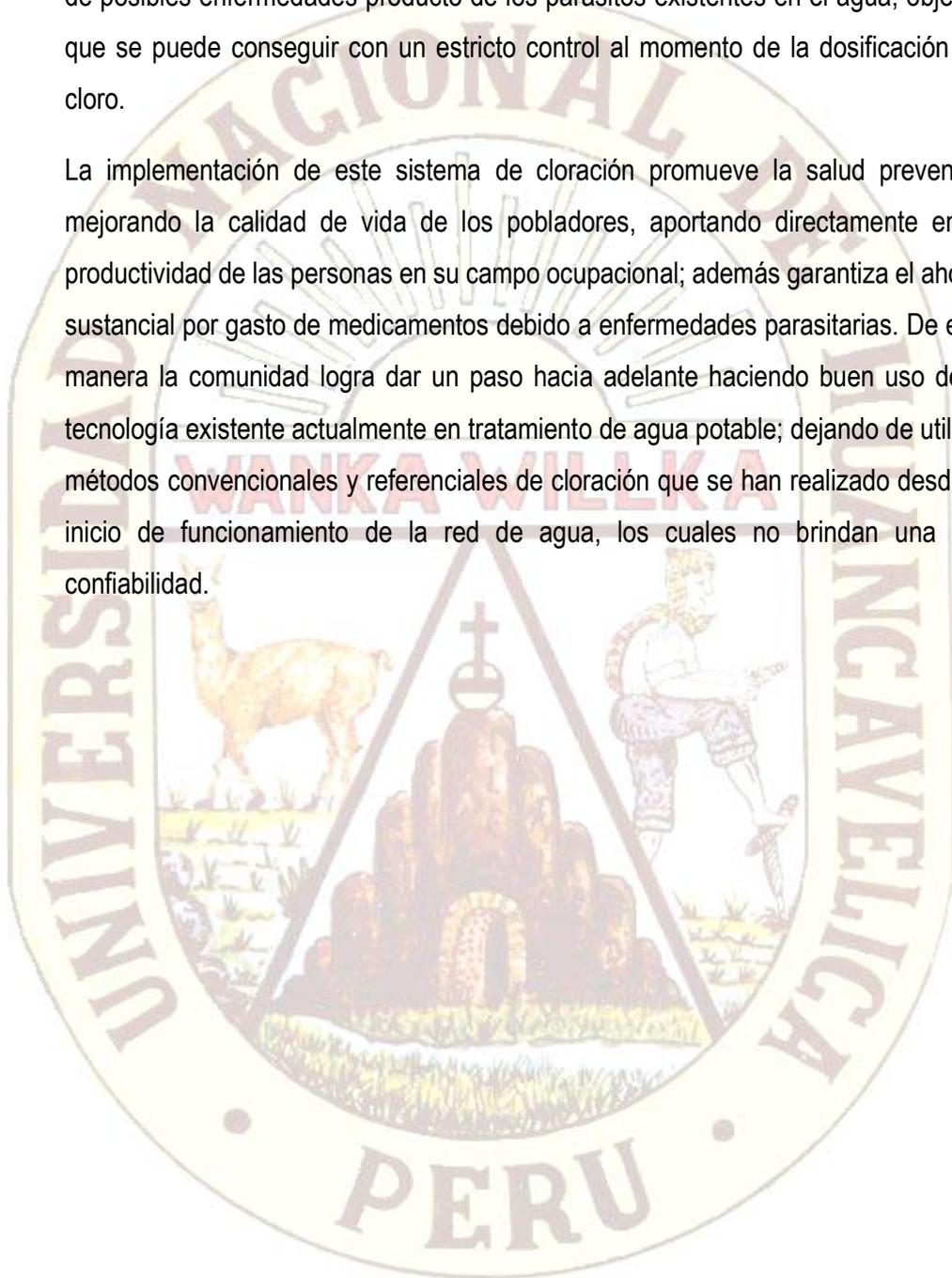
- ✓ Determinar en qué grado favorece la relación del método por goteo con flotador adaptado y la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales.
- ✓ Determinar en qué grado favorece la relación del método por goteo por embalse y la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales.

## **1.4. Justificación**

Mediante el desarrollo de esta investigación se pretende alcanzar una mejor calidad de vida de los pobladores de los centros poblados del departamento de Huancavelica. El mismo que surge debido a la problemática actual presente en los centros poblados en tema de cloración por la variación de la calidad y cantidad de agua debido a

cambios climáticos a lo largo del año. Conociendo el riesgo que conlleva el consumir agua con un déficit de cloro, es de vital importancia trabajar en la prevención del brote de posibles enfermedades producto de los parásitos existentes en el agua, objetivo que se puede conseguir con un estricto control al momento de la dosificación del cloro.

La implementación de este sistema de cloración promueve la salud preventiva mejorando la calidad de vida de los pobladores, aportando directamente en la productividad de las personas en su campo ocupacional; además garantiza el ahorro sustancial por gasto de medicamentos debido a enfermedades parasitarias. De esta manera la comunidad logra dar un paso hacia adelante haciendo buen uso de la tecnología existente actualmente en tratamiento de agua potable; dejando de utilizar métodos convencionales y referenciales de cloración que se han realizado desde el inicio de funcionamiento de la red de agua, los cuales no brindan una alta confiabilidad.



## Capítulo II: Marco Teórico

### 2.1. Antecedentes

#### A Nivel Internacional:

- a) (Rodríguez, West, Powell, & Serodes, 1997) realizaron una investigación denominada “*Application of two approaches to model chlorine residuals in severn trent water ltd (stw) distribution systems*” donde manifiestan que:

El cloro residual es un indicador primario de la calidad durante la distribución y, como tal, debe mantenerse en cantidades suficientes entre la instalación de tratamiento y el grifo del consumidor para garantizar un suministro de agua microbiológicamente seguro. Sin embargo, aguas abajo del punto de dosificación, el cloro residual tiende a desaparecer, debido a sus reacciones con las sustancias contenidas en el agua tratada a granel y debido a las reacciones con el material y la materia de la tubería unidos a la pared del pote. (Pág. 317)

- b) (Rodríguez & Serodes, 1998) realizaron una investigación denominada “*Assessing empirical linear and non-linear modelling of residual chlorine in urban drinking water systems*” donde tras la ejecución de la investigación mencionada obtuvieron la siguiente conclusión:

- ✓ Se ha establecido que la evolución del cloro residual dentro de un tanque de almacenamiento o a través de las tuberías del sistema de distribución es un fenómeno complejo. La complejidad de la desintegración del cloro depende de diversos parámetros operacionales y de calidad del agua. Con el fin de identificar la dinámica de tal proceso utilizando un modelo empírico, las series de datos a utilizar deben, en la medida de lo posible, representar esta complejidad. (Pág. 101)

- c) (Bowden, Nixon, Dandy, Maier, & Holmes, 2005) realizaron una investigación denominada “*Forecasting chlorine residuals in a water distribution system using a general regression neural network*” donde manifiestan que: “Previendo el cloro residual en puntos estratégicos en el sistema de distribución de agua, es posible

tener un mayor control sobre la dosis de cloro, evitando así incidentes de sub-y sobre-cloración” (Pág. 317).

- d) (Mompremier, 2009) realizó una investigación denominada “*Difusión de sustancias en redes de tuberías a presión*” donde se calculó primeramente la concentración del hipoclorito de sodio en un cruce de tuberías a fin de ilustrar las diferencias, lo que conduce a establecer la hipótesis de que existe el mezclado, en segundo término medir la concentración del hipoclorito de sodio a salida de los nudos en una red de distribución de agua potable para evaluar el porcentaje consumido a lo largo del recorrido en la tubería y por último identificar los puntos de la red donde habrá que re-inyectarse hipoclorito de sodio para así garantizar que el agua suministrada al usuario cumpla con la concentración establecida por la norma, tras la ejecución de la investigación mencionada obtuvo la siguiente conclusión:

- ✓ Los ensayos realizados en las instalaciones del Instituto de ingeniería (IIUNAM), permitieron comprobar la variación de concentración del hipoclorito de sodio en el agua a lo largo de la red para varios escenarios. En cuanto a los cruces de tuberías se pudo observar durante las pruebas, que además del calor, la luz, el contacto con ácidos y ciertos metales, la descomposición debida a la turbulencia es un factor importante, esto se corroboró cuando el gasto del flujo sin cloración es mayor que el gasto de flujo clorado, se notó que no hubo mezcla y la pérdida era más grande; por el contrario cuando el gasto del flujo clorado es mayor si se presenta la mezcla. En este caso se considera que la cantidad de masa de la sustancia que llega al cruce se distribuye de manera que la cantidad de movimiento de las sustancia sea igual en los tubos de salida. Se observó también que el hipoclorito de sodio utilizado como variable de respuesta demostró ser una sustancia susceptible de utilizarse en estudios posteriores, debido a su bajo costo, facilidad de medición, y utilizándose además como agente desinfectante. (Pág. 84)

e) (De Sotomayor, 2010) en su tesis: *“Sistemas de abastecimiento de aguas en núcleos rurales. Variables que influyen en la cloración”* donde tras la ejecución de la investigación mencionada obtuvo las siguientes conclusiones:

- ✓ Se ha encontrado asociación estadísticamente significativa del CRL con el pH y la turbidez. La correlación es positiva, para valores de pH inferiores a 6.5, y para turbidez superior a 5 UNF, respectivamente. (Pág. 271)
- ✓ La presencia de CRL en el agua de consumo, se asocia de forma significativa con la ausencia de contaminación microbiológica en la misma. (Pág. 271)
- ✓ Las características del suministro y los aspectos sobre recursos humanos no se asocian de forma consistente con los niveles de cloración deficientes del agua de consumo. Respecto a las variables relacionadas con las características de los sistemas de abastecimiento únicamente se observa una relación estadísticamente significativa para la variabilidad del suministro de agua, método y frecuencia de control de CRL en el agua de consumo. (Pág. 273)

f) (Chaucachicaiza & Lenin, 2012) en su tesis: *“Diseño e implementación de un sistema automatizado para la dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable en la comunidad San Vicente de Lacas”* donde tras la ejecución de la investigación mencionada obtuvieron las siguientes conclusiones:

- ✓ El conocimiento aproximado del tamaño de las redes alta, media y baja se vuelve imprescindible cuando se realice el monitoreo de cloro residual pues los valores de cloro residual que se obtengan de específicos sectores de estas redes, serán los que se comparen con los valores de cloro residual que dicte la norma. La comparación se utiliza para evaluar el correcto funcionamiento del sistema y su calibración. (Pág. 162)
- ✓ El sistema de dosificación de cloro en la comunidad mediante la utilización de hipocloradores manuales, es decir manejando el hipoclorito de calcio como desinfectante, cuya dosis preparación y

funcionamiento se responsabiliza a un operador, se destina a ser un sistema dependiente de dicha persona. Esto conlleva a una serie de mal funcionamientos cuando la negligencia humana se introduce en el trabajo del responsable del sistema. (Pág. 163)

**A Nivel Nacional:**

a) (Cruz, Arévalo, Chamorro, & Fernández, 2005) realizaron una investigación denominada *“Efecto del uso de un método artesanal para el tratamiento de agua en comunidades rurales de la región San Martín, Perú”* donde evaluó la eficacia y aceptabilidad del micro dosificador de cloro como sistema de tratamiento de agua para consumo humano en localidades rurales en la Región San Martín, Perú. Estudio realizado en cinco localidades rurales (cuatro intervenidas y una de control). Se realizaron reuniones de sensibilización, capacitación en el manejo y uso del sistema de micro dosificación de cloro y se entregaron los materiales necesarios para la implementación de la intervención. El seguimiento se realizó mediante la evaluación de la cantidad de cloro residual en el agua de consumo humano, y se midieron también los niveles de contaminación del agua, tras la ejecución de la investigación mencionada obtuvieron la siguiente conclusión:

- ✓ El uso del micro dosificador de cloro y el sistema de participación comunitaria para lograr el consumo de agua de calidad son aceptados satisfactoriamente en las comunidades rurales estudiadas, y reducen significativamente la contaminación del agua para consumo humano. (Pág. 117)

b) (Hinostroza, 2008), en su tesis *“investigación del sistema de cloración por goteo en zonas rurales y pequeñas ciudades”* donde tras la ejecución de la investigación mencionada obtuvo las siguientes conclusiones:

- ✓ Mediante la desinfección del agua con el hipoclorito de sodio conocido como legía, se logra obtener un agua exenta de patógenos. (Pág. 212)
- ✓ Aun los pobladores de algunas localidades no aceptan con buen agrado la cloración del agua aduciendo el cambio de olor y sabor en el agua,

por eso es que la educación sanitaria es importante, necesaria y debe ser sostenida a través del tiempo. (Pág. 212)

- ✓ El monitoreo, la orientación técnica y la supervisión es básico y debe ser constante a través del tiempo. (Pág. 212)

c) (Carlos, 2010) en su tesis: *“Aspectos sanitarios en el sistema de abastecimiento de agua potable mediante camiones cisternas en los distritos de Ate, Villa el Salvador y Ventanilla y propuesta para su mejoramiento en Lima y Callao”* señala que:

Se ha encontrado una notable diferencia de la concentración del cloro residual en el sistema de suministro de agua mediante camiones cisterna, presentando una disminución en cada uno de los puntos de medición: surtidor, camiones cisterna y almacenamiento en hogares, llegando a niveles de cloro residual de 0 mg/L en algunos hogares, debido a las propiedades naturales del cloro y las condiciones sanitarias en cada etapa. (Pág. 198)

d) (Horna, 2014) en su tesis *“Optimización del consumo del cloro en la potabilización del agua, haciendo uso del método del nivel estático en reservorio del sistema de agua potable rural del caserío el Tambo – Distrito de José Gálvez -2014”* donde tras la ejecución de la investigación mencionada obtuvo las siguientes conclusiones:

- ✓ En el proceso de cloración para la potabilización del agua realizado en el reservorio del sistema de agua potable rural El tambo, se produce un ahorro sustancial del 10.09% de Hipoclorito de Calcio al 70%, esto debido a la implementación del control del nivel estático en el reservorio, controlando así los flujos de rebose. (Pág. 81)
- ✓ La cantidad de cloro utilizada en la potabilización del agua en el reservorio dependerá del uso adecuado y apropiado del elemento vital tratado, así como el control y determinación del cloro residual en las viviendas en puntos estratégicos del SAP rural El Tambo para consumo humano. (Pag.82)
- ✓ Según registros de cloro residual en el agua en usuarios del sistema de agua potable rural El tambo, se tiene datos entre el 0.9 mg/l y 0.3 mg/l

el cual se encuentra dentro de los parámetros que especifica el Reglamento Nacional de Construcciones, por tanto se puede concluir que la cantidad de Hipoclorito de Calcio al 70 % vertida al reservorio es la necesaria. (Pág.83)

#### **Antecedentes Locales:**

En la región de Huancavelica no se encontró ningún antecedente similar al presente proyecto.

## **2.2. Bases Teóricas**

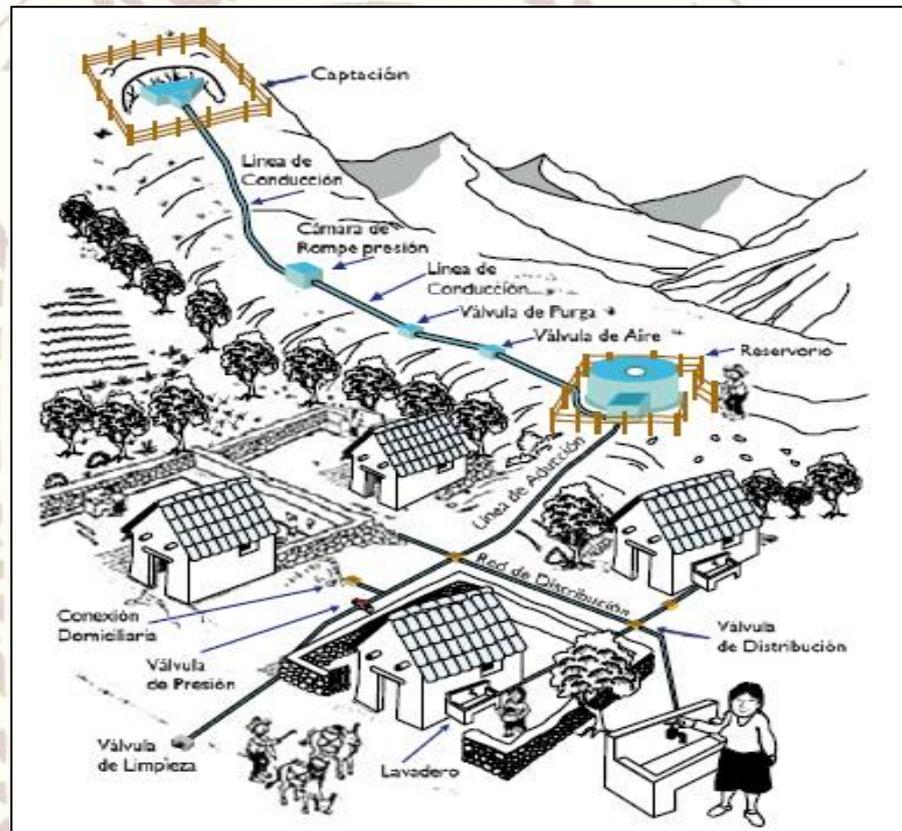
### **2.2.1. Sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural**

Según (Cooperación Alemana, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017, p. 14):

En el Perú, el ámbito rural es definido como aquellas poblaciones cuyos habitantes no exceden de los 2000 habitantes y que no se encuentran en el ámbito de una Empresa Prestadora de Servicios (EPS). Esta categorización se realiza en la Ley N° 26338: Ley General de los servicios de saneamiento y el TUO de su reglamento, así como en el Decreto Legislativo N°1280 que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento.

Los sistemas de agua potable tienen por objetivo abastecer de agua potable a una población determinada; pueden ser convencionales y no convencionales. Los sistemas convencionales son los que brindan acceso al agua potable a nivel domiciliario y cuentan con un sistema de tratamiento y distribución del agua potable en cantidad y calidad establecida por las normas de diseño. Cada una de las viviendas se abastece a través de una conexión domiciliaria. Estos sistemas pueden ser de cuatro tipos, por gravedad con o sin tratamiento y por bombeo con o sin tratamiento. Como se muestra en la Figura 1.

Según (Organización Panamericana de la Salud, 2003) Un sistema de agua potable (SAP) no convencional es aquel “esquema de abastecimiento de agua compuesto por soluciones individuales o multifamiliares que aprovechan pequeñas fuentes de agua y que normalmente demandan el transporte, almacenamiento y desinfección del agua en el nivel intradomiciliario” (p. 6).



**Figura 1.** Sistema de Agua potable Convencional.

## 2.2.2. Partes de un sistema de agua potable convencional

### 2.2.2.1. Componentes destinados a la producción de agua potable

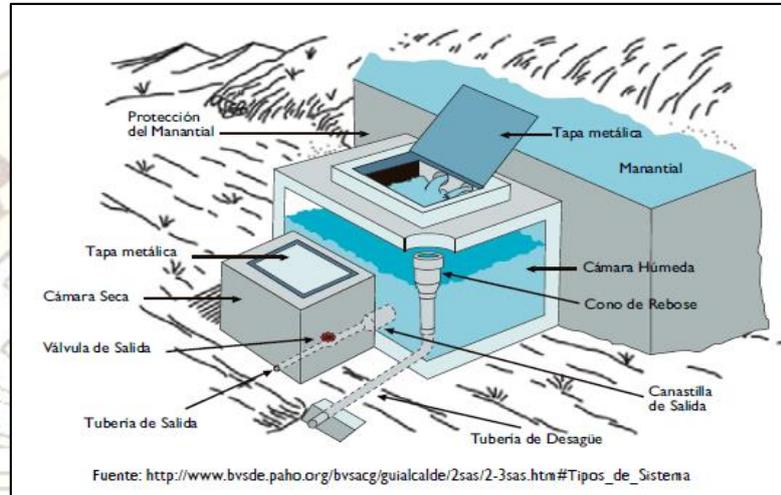
Según (Cooperación Alemana, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017, pp. 14-17) son:

#### **Captación de agua:**

Unidad destinada a captar el agua de la fuente de abastecimiento.

Las fuentes de abastecimiento generalmente son de dos tipos:

fuente subterránea (pozos) y fuente superficial (ríos). Como se muestra en la Figura 2.

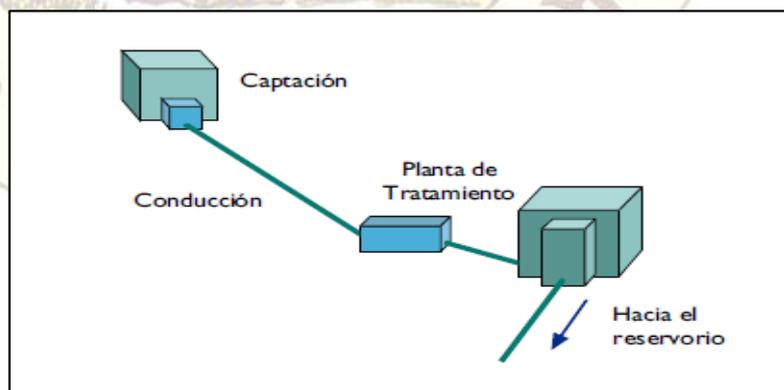


**Figura 2.** Captación de agua subterránea

### Línea de conducción de agua:

Conformado por tuberías, estaciones reductoras de presión, válvulas de aire y otras estructuras que tienen como función conducir el agua captada desde la fuente de abastecimiento hacia la unidad de tratamiento de agua (planta de tratamiento en caso exista).

La línea de conducción puede ser por gravedad o por bombeo. A esta segunda se le denomina línea de impulsión, porque conduce el agua a presión que se genera con un sistema de bombeo. Como se muestra en la Figura 3.



**Figura 3.** Línea de conducción de agua

### 2.2.2.2. Componentes destinados para el almacenamiento y distribución del agua potable

Según (Cooperación Alemana, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017, p. 17-19) son:

#### Almacenamiento de agua potable:

Está conformada por un conjunto de unidades diseñadas e instaladas con el fin de adecuar las características fisicoquímicas y bacteriológicas del agua cruda (captada en la fuente de abastecimiento) para que cumplan con los valores límite establecidos en las normas de calidad para agua potable. Como se muestra en la Figura 4.

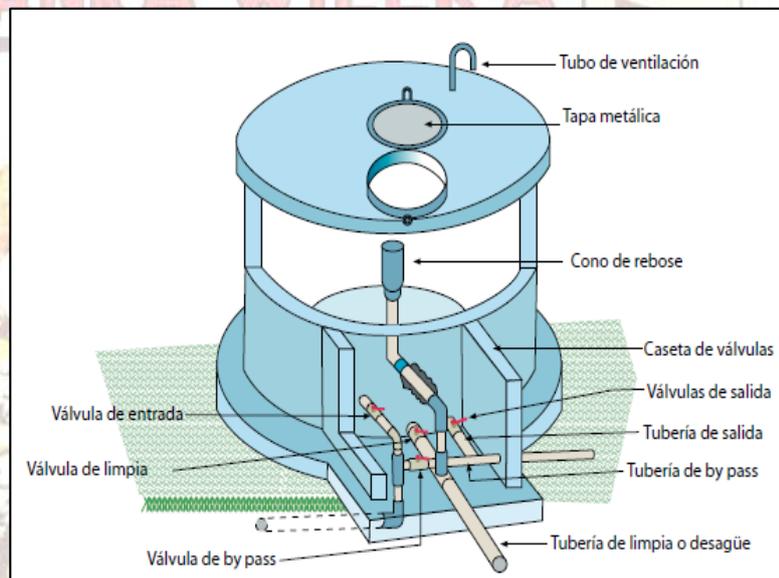
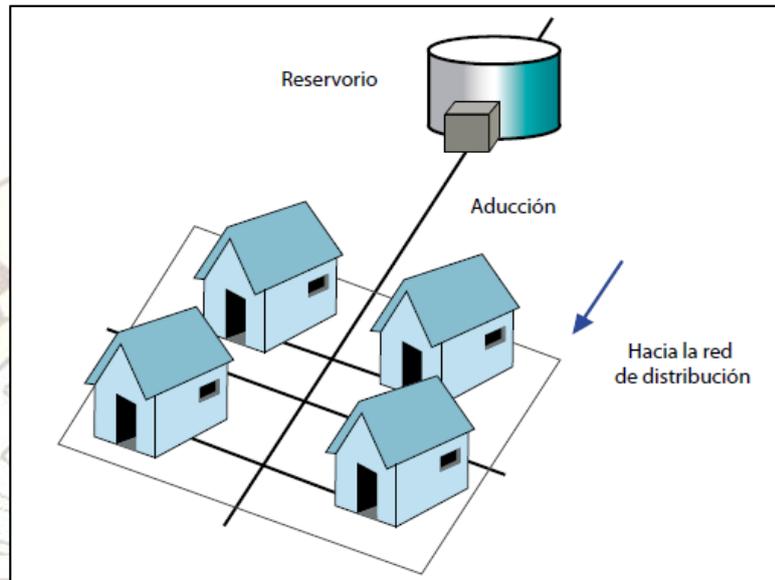


Figura 4. Reservorio

#### Línea de aducción de agua potable

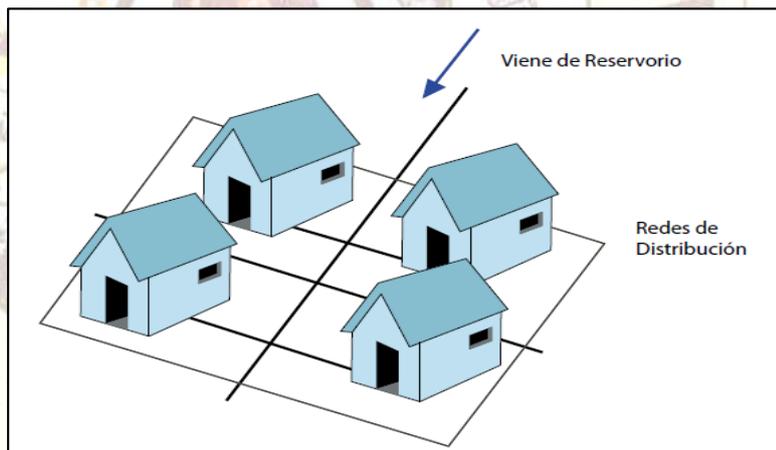
Está conformado por sistemas de tuberías, válvulas y otros componentes que en su conjunto sirven para conducir el agua potable desde el reservorio de almacenamiento hacia la red de distribución. Como se muestra en la Figura 5.



**Figura 5.** Línea de aducción

**Red de distribución de agua potable:**

Sistema de tuberías que incluye válvulas de control, estaciones reductoras de presión y otros componentes, que en su conjunto distribuyen el agua potable a cada una de las viviendas de la población usuaria. Como se muestra en la Figura 6.



**Figura 6.** Red de distribución

**Conexiones domiciliarias:**

Ubicado generalmente en la vereda de la vivienda abastecida, la conexión domiciliar brinda el acceso al servicio de agua potable.

Está conformada por los elementos de toma, medición y caja de protección.

La responsabilidad del prestador llega hasta la conexión.

## **2.2.3. Fundamentos de la desinfección y cloración**

### **2.2.3.1. Desinfección del agua para consumo humano**

Según (Cooperación Alemana, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017, p. 20) es:

La desinfección es una operación de gran importancia para asegurar la inocuidad del agua potable. Su aplicación es obligatoria en todo sistema de abastecimiento de agua para consumo humano.

Consiste en la destrucción de microorganismos patógenos presentes en el agua antes de ser abastecida a la población usuaria. Se realiza mediante agentes químicos o físicos y debe tener un efecto residual en el agua potable, a fin de eliminar el riesgo de cualquier contaminación microbiana posterior a la desinfección.

La evaluación de la calidad del agua se realiza comparando sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas con los valores de los parámetros establecidos en las normas aplicables, de acuerdo al uso que se le dará al agua. En este caso, debemos juzgar el grado en el cual se ajusta los resultados de nuestro monitoreo a los estándares de calidad vigentes para agua potable.

#### **Calidad del agua potable:**

La Dirección general de salud ambiental (2011, p.16), define la calidad de agua como “Determinación de la calidad del agua suministrada por el proveedor, de acuerdo a los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano”.

En el Perú la calidad de agua potable se regula por el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, promulgado por el

Ministerio de Salud-MINSA y aprobado mediante Decreto Supremo N° 031-2010-SA.

La Dirección general de salud ambiental (2011, p.29), establece que:

En caso de usar cloro o solución clorada como desinfectante, las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución, no deberán contener menos de 0.5 mgL<sup>-1</sup> de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas durante un mes. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe contener menos de 0.3 mgL<sup>-1</sup> y la turbiedad deberá ser menor de 5 unidad nefelométrica de turbiedad (UNT).

La Organización Mundial de la Salud (2006, p.95) establece que: “Las concentraciones objetivos mínimas de cloro en el lugar de suministro son de 0,2 mg/l en circunstancias normales y de 0,5 mg/l en circunstancias de riesgo alto”.

#### **2.2.3.2. Características de un buen desinfectante**

Según (Cooperación Alemana, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017, p. 21) las principales características de un buen desinfectante deben ser:

- ✓ Tener la capacidad de destruir todos los tipos de patógenos en las cantidades típicas presentes en el agua y en un corto tiempo de contacto.
- ✓ No perder su capacidad desinfectante ante cambios en la composición y condiciones del agua a desinfectar.
- ✓ No ser tóxico y no generar subproductos tóxicos.
- ✓ Debe mantener su capacidad desinfectante en un rango adecuado de temperatura del agua.
- ✓ Debe ser muy fácil y seguro de aplicar, así como de determinar su concentración en el agua.
- ✓ Debe proveer al agua una protección residual contra contaminaciones posteriores a la desinfección, es decir, tener efecto residual.

Debido al contexto local en el que se provee el servicio de agua potable en el ámbito rural del Perú, para establecer las características de un buen desinfectante también se debe considerar que los prestadores generalmente:

- ✓ Son en su mayoría, organizaciones comunales con limitado o sin personal calificado.
- ✓ Tienen poca capacidad financiera y con limitado acceso al mercado de desinfectantes, equipos especializados y sus repuestos.
- ✓ Se integran en comunidades rurales pocos accesibles.
- ✓ Cuentan con limitada o nula disponibilidad de energía eléctrica.

#### **2.2.3.3. Desinfección y cloración**

Según (Cooperación Alemana, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017, pp. 21-22) es:

La desinfección del agua puede realizarse mediante agentes físicos o agentes químicos. Los agentes desinfectantes actúan generalmente en dos formas para la destrucción de los microorganismos:

- ✓ Destruyendo directamente la pared celular y por tanto al microorganismo
- ✓ Afectando la actividad enzimática en el exterior del microorganismo y por tanto su metabolismo o alimentación, originando su muerte.

De todos los agentes desinfectantes, el cloro sigue siendo el de mayor aplicación en sistemas de abastecimiento de agua, entre otras ventajas, principalmente, por su efecto residual, su bajo costo y la facilidad para su aplicación.

#### 2.2.3.4. Desinfección de los componentes de un sistema de agua potable

Según el (Ministerio de Salud - División de saneamiento básico rural, 1989, p. 51) las concentraciones para la desinfección de sistemas de agua potable son de acuerdo a la Tabla 1.

**Tabla 1.** Concentraciones para la desinfección de sistemas de agua potable.

Descripción	Concentración mg/lit o ppm	Tiempo de retención (Horas)
Captación	150 - 200	2 - 4
Reservorios	50	4
Tuberías	50	4

Fuente: Manual de operación y mantenimiento Ministerio de Salud.

#### 2.2.3.5. Cloración como proceso de desinfección

##### 2.2.3.5.1. Cloración por goteo

Según (Cooperación Alemana, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017, p. 37):

Es un proceso que permite desinfectar el agua potable mediante la dosificación constante de una solución clorada en pequeñas cantidades (en forma de gotas o chorro) en la cámara de cloración o directamente en el reservorio. El objetivo es lograr la desinfección eficiente del agua y asegurar la presencia de cloro residual libre establecido en la norma vigente.

##### 2.2.3.5.2. Conceptos básicos

Según (Cooperación Alemana, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017, pp. 23-25) son:

##### **pH del agua:**

Es la medida de la concentración de los iones H<sup>+</sup> en el agua. Está relacionado al grado de acidez o basicidad que tiene el agua.

La desinfección del agua mediante cloración es efectiva a pH alrededor del valor 7 (pH neutro). Su efectividad es muy reducida a pH mayores a 8.0. El agua para consumo humano debe tener un pH entre 6.5 y 8.5 (MINSA, 2010).

**Acido hipocloroso (HOCl):**

Compuesto químico que resulta de la reacción del agua con un producto de cloro.

El ácido hipocloroso (HOCl) tiene gran poder desinfectante debido a su bajo peso molecular que le permite atravesar la pared celular de los microorganismos.

Debe procurarse su formación para asegurar la efectiva desinfección del agua.

**Ion Hipoclorito (OCI-):**

Compuesto químico que también resulta de la reacción del agua con un compuesto de cloro. Su capacidad de desinfección es muy reducida. Su condición de ion no le permite atravesar la pared celular de los microorganismos.

**Compuesto de cloro:**

Cualquier producto que contiene cloro como uno de sus componentes.

En la desinfección del agua los compuestos de cloro más utilizados son Cloro gas ( $Cl_2$ ), Hipoclorito de sodio ( $NaOCl$ ) e Hipoclorito de Calcio ( $Ca(OCl)_2$ ).

**Cloro libre:**

Es la cantidad de cloro disponible para la desinfección del agua. Queda como remanente después de reaccionar con los compuestos presentes en el agua y está disponible para eliminación de patógenos.

Se determina como la suma del ácido hipocloroso más ion hipoclorito.

**Turbiedad:**

Parámetro que indica la capacidad para que un haz de luz atraviese un cuerpo de agua.

Se considera una característica organoléptica de la calidad del agua potable.

La Organización Mundial de la Salud y la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU recomienda una turbiedad máxima de 0.1UNT para optimizar la efectividad de la desinfección del agua.

Mientras más turbia sea el agua, mayor riesgo de contaminación microbiológica o de contener otros contaminantes. No es recomendable clorar aguas con más de 5 UNT.

Según James R. Mihelcic, Fry, Myre, Linda D. Phillips, & Brian D. Barkdoll, (2009) los niveles de turbiedad antes de la cloración del agua deben ser:

- ✓ Ideal: menor a 1 UNT (Unidad Nefelométrica de Turbiedad)
- ✓ Aceptable: menor a 5 UNT
- ✓ En caso de emergencia menor a 20 UNT por un muy corto periodo de tiempo.

**Demanda de cloro:**

Se denomina así a la cantidad de cloro que al entrar en contacto con el agua se consume, reaccionando con las sustancias presentes en ella y en la eliminación e inactivación de los microorganismos.

**Tiempo de contacto:**

Es el tiempo en que el cloro está en contacto con el agua.

En la desinfección del agua se debe tener un tiempo de contacto suficiente para que pueda ejercer su función desinfectante.

**Clorador:**

Dispositivo utilizado para aplicar el cloro al agua en la dosis correspondiente.

Dependiendo de la forma de presentación del desinfectante en el mercado, existen tres formas principales de aplicación del cloro para la desinfección:

- ✓ Cloro gas: Se aplica mediante eyectores de alta presión directamente al agua. Se busca la solubilidad completa del cloro. Se usa principalmente en sistemas de agua potable que atienden a poblaciones medianas a grandes.
- ✓ Cloro sólido: El cloro en su presentación sólida (hipoclorito de calcio), principalmente en tabletas puede ser directamente aplicada mediante difusores o hipocloradores, como el modelo recomendado por CEPIS, y mediante clorinadores de tabletas que son bastante utilizados en piscinas. Los clorinadores de tabletas requieren de la disponibilidad en el mercado de las tabletas de cloro, en las características necesarias para cada equipo instalado. Así mismo requieren flujos relativamente constantes en la tubería de agua a la cual se conecta. Principalmente deben instalarse sobre el nivel de agua del reservorio o seguir especificaciones de instalación especial para sistemas instalados por debajo del nivel de agua. Este tipo de sistemas puede utilizarse en sistemas de agua potable con sistemas de bombeo en la conducción o aducción.
- ✓ Cloro líquido: El cloro en su presentación líquida ocurre como hipoclorito de sodio. También en la forma de cloro sólido que es disuelto. Su aplicación es relativamente sencilla y se aplica directamente en la cámara de cloración o reservorio mediante dispositivos por gravedad o mediante bombas dosificadoras. Los dosificadores por gravedad son factibles de ser usados en sistemas de agua potable de caudales pequeños (hasta 10Lps) sin necesidad de recursos humanos especializados.

### **Solución clorada:**

Es la combinación de agua con un compuesto de cloro, con una concentración alta de cloro.

#### **2.2.3.5.3. El cloro (Cl<sub>2</sub>)**

Según (Cooperación Alemana, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017, pp. 23-25) es:

El cloro es un gas de color amarillo verdoso con un peso específico igual a 2.48 veces el peso específico del aire en condiciones normales de temperatura y presión.

El cloro fue descubierto en 1774 por el químico sueco Scheele y fue nombrado recién en 1810 por Sir Humphrey Davy, el nombre proviene del vocablo griego Chloros que significa verde-amarillo (Nicholas P. Cheremisinoff, 2002).

El cloro puede encontrarse en la naturaleza en forma combinada, mayormente como cloruro de sodio (NaCl: sal común) u otras sales. También se usa en el tratamiento del agua para el control de algas, olores, color y como oxidante para reducir hierro y manganeso entre otros.

El cloro gas es una sustancia altamente tóxica, capaz de generar daños permanentes, incluso hasta la muerte, con prolongados tiempos de exposición. El principal medio de exposición es por inhalación. La Tabla 2 resume los efectos tóxicos del cloro.

**Tabla 2.** *Efectos tóxicos del cloro.*

<b>Nivel de exposición</b>	<b>Efecto tóxico</b>
0.01mg/l	Afecta la vida acuática
3.5mg/l	Nivel en el cuál es detectable su olor.
Hasta 15mg/l	Irritación de mucosas de ojos y respiratorias

50mg/l	Efectos graves en cortos periodos de exposición
1000mg/l	Efectos letales

Fuente: Adaptado de Nicholas P. Cheremisinoff (2002).

#### 2.2.4. Nivel o control estático en reservorios

Según (Madera, 2013, pp. 43-47) manifiesta que:

El nivel estático es un dispositivo conformado por un conjunto de accesorios instalados en el interior de los reservorios que contienen agua potable, su funcionamiento se basa en el principio de vasos comunicantes y presión controlada. Para evitar la pérdida de agua desinfectada en un reservorio se instala el control o nivel estático (sistema por gravedad).

Este dispositivo permite que el agua que viene de captación deje de ingresar al reservorio cuando el reservorio se encuentra lleno y fluya agua cruda a través del cono de rebose, preservando el agua clorada.

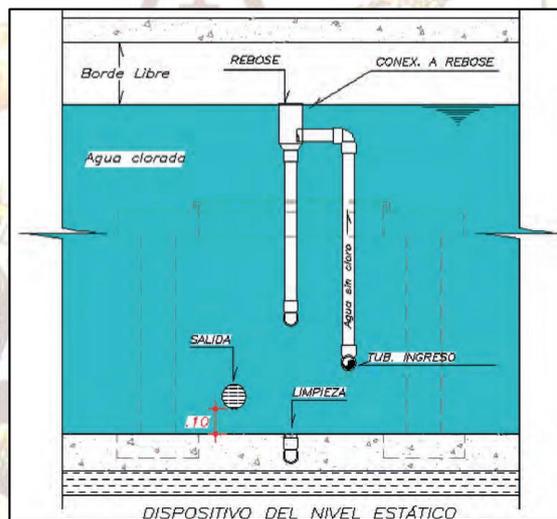


Figura 7. Nivel o control estático

#### 2.2.5. Métodos por Goteo

##### 2.2.5.1. Sistema de cloración por goteo con flotador adaptado y por embalse.

Según (Michel, 2014, pp. 04-05) establece lo siguiente:

La actual problemática que tienen los prestadores de servicio de agua y saneamiento rural en el Perú es que ha quedado en desuso

el hipoclorador, dispositivo de cloración hasta hace poco utilizado para la desinfección y cloración del agua para consumo humano, ya que salió del mercado el hipoclorito de calcio al 33%. En su lugar, solo se dispone de hipoclorito de calcio al 70%, un insumo que requiere de otras tecnologías para suministrar adecuadamente cloro a los sistemas de agua potable de la zona rural.

Para ser viable en zonas rurales, tal sistema debe ser de bajo costo de instalación y mantenimiento, de operación simple y que demande poco tiempo, y sea resistente.

Una de las nuevas tecnologías adecuadas y considerando estos requisitos es el sistema de cloración por goteo.

**Ventajas del sistema:**

- ✓ Bajo costo de construcción y mantenimiento.
- ✓ Fabricación local.
- ✓ Simplicidad de concepción.
- ✓ Facilidad de adquisición del desinfectante.
- ✓ Relativa exactitud en la dosificación.
- ✓ Facilidad de operación y mantenimiento.
- ✓ Autonomía.
- ✓ Práctico.
- ✓ Funcionamiento sin necesidad de presión del agua.
- ✓ Funcionamiento sin requerir energía eléctrica.

**Criterios de instalación del sistema:**

- ✓ Rango de población de la comunidad: 150 a 1.500 habitantes (30 a 300 familias)
- ✓ Rango de caudal de ingreso al reservorio: 0,2 a 2L/s. (Pág. 5)

**Funcionamiento:**

La solución clorada (solución madre) es preparada en un tanque de 600 litros con hipoclorito de calcio a 65-70% a una determinada concentración. El objetivo del sistema es que esta solución gotee

en el interior del reservorio de agua potable con un caudal constante a lo largo del vaciado del tanque dosador. La concentración, el caudal de goteo y el periodo de recarga del tanque dependen de la cantidad de agua que consume la comunidad donde el sistema sea instalado.

#### **2.2.6. Cloro Residual**

##### **Definición:**

Según (Dirección general de salud ambiental, 2011) "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" (Pág. 40).

Según (Madera, 2013 ,pp. 37-40) establece lo siguiente:

##### **Cloración:**

Es la aplicación de cloro al agua con el propósito de eliminar los microorganismos o gérmenes que producen enfermedades y que se encuentran contenidas en el agua. Es tratar el agua y hacerla apta para el consumo humano.

##### **Requisitos para la cloración del agua para consumo humano:**

- ✓ Reporte de análisis físico, químico y microbiológico (1 análisis en Labor. Certificado de preferencia); metales pesados.
- ✓ Parámetros básicos de campo: pH (6.5 – 8.5); Turbiedad (5 UNT); color; conductividad; demanda de cloro.
- ✓ Identificación de riesgos (ficha pvica).
- ✓ Medir el caudal de agua a clorar
- ✓ Operador / personal de jass capacitado(a) y entrenado(a)
- ✓ Cuidado ambiental
- ✓ Sistema de agua potable en buenas condiciones: operativo y desinfectado
- ✓ Pago de cuota familiar "REAL": Cubrir costos de AOM

- ✓ Responsable de ATM capacitado para brindar Asistencia Técnica y seguimiento (Registro de Cloración).

### **Cantidad de cloro que se va a dosificar a la red o al reservorio:**

La cantidad de cloro que se va a dosificar equivale a la demanda de cloro (la cual está estrechamente ligada a la calidad química y microbiológica del agua a la que debe adicionarse la cantidad de cloro residual esperada en la red de abastecimiento de agua. Por tanto, antes de llevar a cabo el proceso de desinfección es conveniente realizar ensayos de consumo instantáneo de cloro. Este ensayo se denomina «ensayo de demanda de cloro».

### **Medición del cloro residual:**

“El método más utilizado es el colorimétrico de DPD (N,N-dietilo-p-fenilenediamina), el cual consiste en tomar una muestra de agua clorada en algún punto de la red de distribución y se mide la cantidad de cloro residual” (Madera, 2013, p. 40).

También Según (Madera, 2013) “La concentración debe estar entre 0.50 – 1.00 mg/litro” (Pág. 39).

## **2.3. Hipótesis**

### **2.3.1. Hipótesis General**

Los métodos por goteo favorecen significativamente en la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales.

### **2.3.2. Hipótesis específicas**

- ✓ El método por goteo con flotador adaptado favorece significativamente en la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales.
- ✓ El método por goteo por embalse favorece significativamente en la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales.

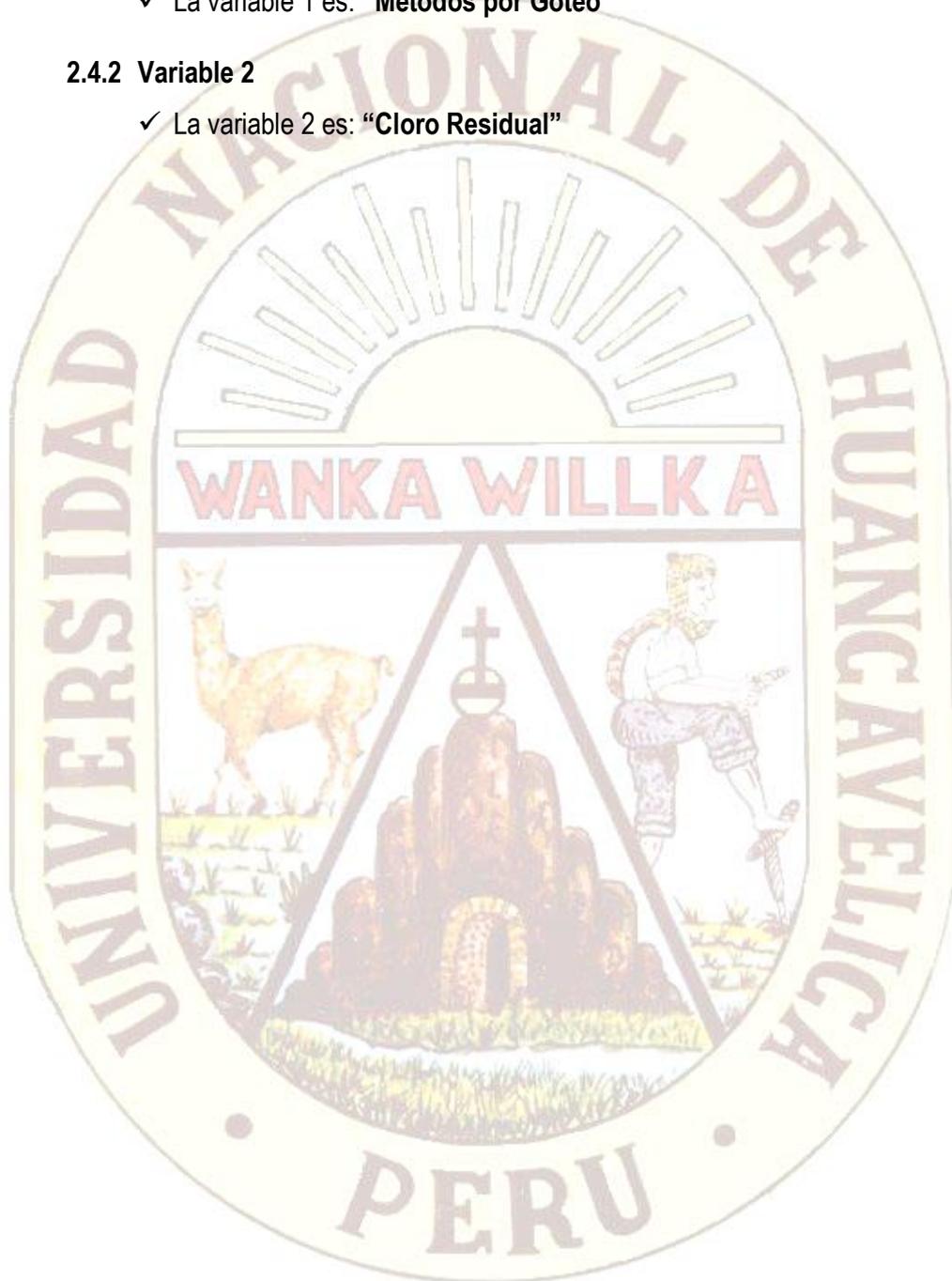
## 2.4. Variables de estudio

### 2.4.1 Variable 1

- ✓ La variable 1 es: “Métodos por Goteo”

### 2.4.2 Variable 2

- ✓ La variable 2 es: “Cloro Residual”



## Capítulo III: Metodología de la Investigación

### 3.1. **Ámbito de estudio**

El ámbito de estudio de la presente investigación se realizará en el Centro poblado de Lirpancca, Distrito de Paucará, Provincia de Acobamba, Departamento de Huancavelica.

### 3.2. **Tipo de Investigación**

El tipo de investigación es aplicada: según **Sánchez & Reyes, (1996, pág. 13)**, este tipo de investigación “Llamada también constructiva, se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ella se deriven”.

### 3.3. **Nivel de Investigación**

El nivel de investigación es correlacional: Según **Gonzales, Oseda, Ramirez, & Gave (2011, pág.142)**, tiene como finalidad establecer el grado de relación o asociación no causal existente entre dos o más variables. Se caracterizan porque primero se miden las variables y luego, mediante pruebas de hipótesis correlacionales y la aplicación de técnicas estadísticas, se estima la correlación.

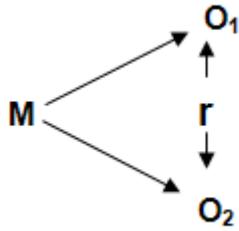
### 3.4. **Método de Investigación**

El método empleado en la investigación será el Descriptivo, así tenemos a Sánchez y Reyes, (1996, p.33) quienes dicen que el método descriptivo “consiste en describir analizar e interpretar sistemáticamente un conjunto de hechos relacionados con otras variables tal como se dan en el presente...”.

### 3.5. **Diseño de Investigación**

El diseño que se utilizará para el presente trabajo de investigación corresponde al diseño descriptivo correlacional, que según Sánchez y Reyes, (1996, p.79) consideran que este diseño “...se orienta a la determinación del grado de relación existente entre dos o más variables de interés en una misma muestra de sujetos...” y cuyo esquema es el que sigue:

El esquema es el siguiente:



Donde:

**M** = Muestra.

**O<sub>1</sub>** = Observación de la variable 1.

**O<sub>2</sub>** = Observación de la variable 2.

**r** = Correlación entre las variables de estudio.

### 3.6. Población, Muestra, Muestreo

#### 3.6.1. Población

La población a la cual se estudiará en la presente investigación está conformado por los sistemas de abastecimiento de agua potable de las zonas rurales del departamento de Huancavelica.

#### 3.6.2. Muestra

La muestra que se toma de la población es no probabilística de carácter intencional, que a continuación se menciona:

- ✓ Sistema de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Lirpancca.

#### 3.6.3. Muestreo

Para seleccionar la muestra se usó el tipo de muestreo no probabilístico de carácter intencional.

### 3.7. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

#### 3.7.1. Técnicas

Las principales técnicas que se utilizará en este estudio serán:

- ✓ La observación directa e indirecta: Se registrará el cloro residual en las viviendas del centro poblado de Lirpancca.
- ✓ El análisis documental: Se realizará de forma analítica e interpretativa la información que está a nuestro alcance para extraer lo necesario.

- ✓ Control y registro del cloro residual.

### **3.7.2. Instrumentos**

Los instrumentos y equipos que se usará en la investigación para la recolección de datos son:

- ✓ Comparador de cloro tipo disco y pastillas DPD.
- ✓ Ficha de registro de cloro residual.
- ✓ Planos Constructivos.
- ✓ Cuaderno de datos.
- ✓ Fichas de resúmenes textuales, comentarios bibliográficos, etc.

### **3.8. Procedimiento de recolección de datos**

Para la recolección de datos se realizara a través de los siguientes trabajos:

- ✓ Elaboración de un plan de trabajo de campo.
- ✓ Verificación del caudal de ingreso al reservorio.
- ✓ Verificación de la calidad del agua afluente y de la posibilidad de cloración
- ✓ Disposición de herramientas y materiales necesarios.
- ✓ Instalación de los sistemas de cloración por goteo.
- ✓ Instalación del nivel estático o control estático.
- ✓ Obtención del cloro y los materiales de control y registro.
- ✓ Determinación del caudal de goteo y de la concentración de solución clorada.
- ✓ Control del nivel de cloro en la red.

### **3.9. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos**

#### **3.9.1. Estadísticos Descriptivos o Cuantitativos**

Para el procesamiento de datos se hará mediante el uso de la estadística descriptiva empleando: porcentajes, medias aritméticas, mediana, coeficiente de variación y desviación estándar.

#### **3.9.2. Estadísticos Inferenciales**

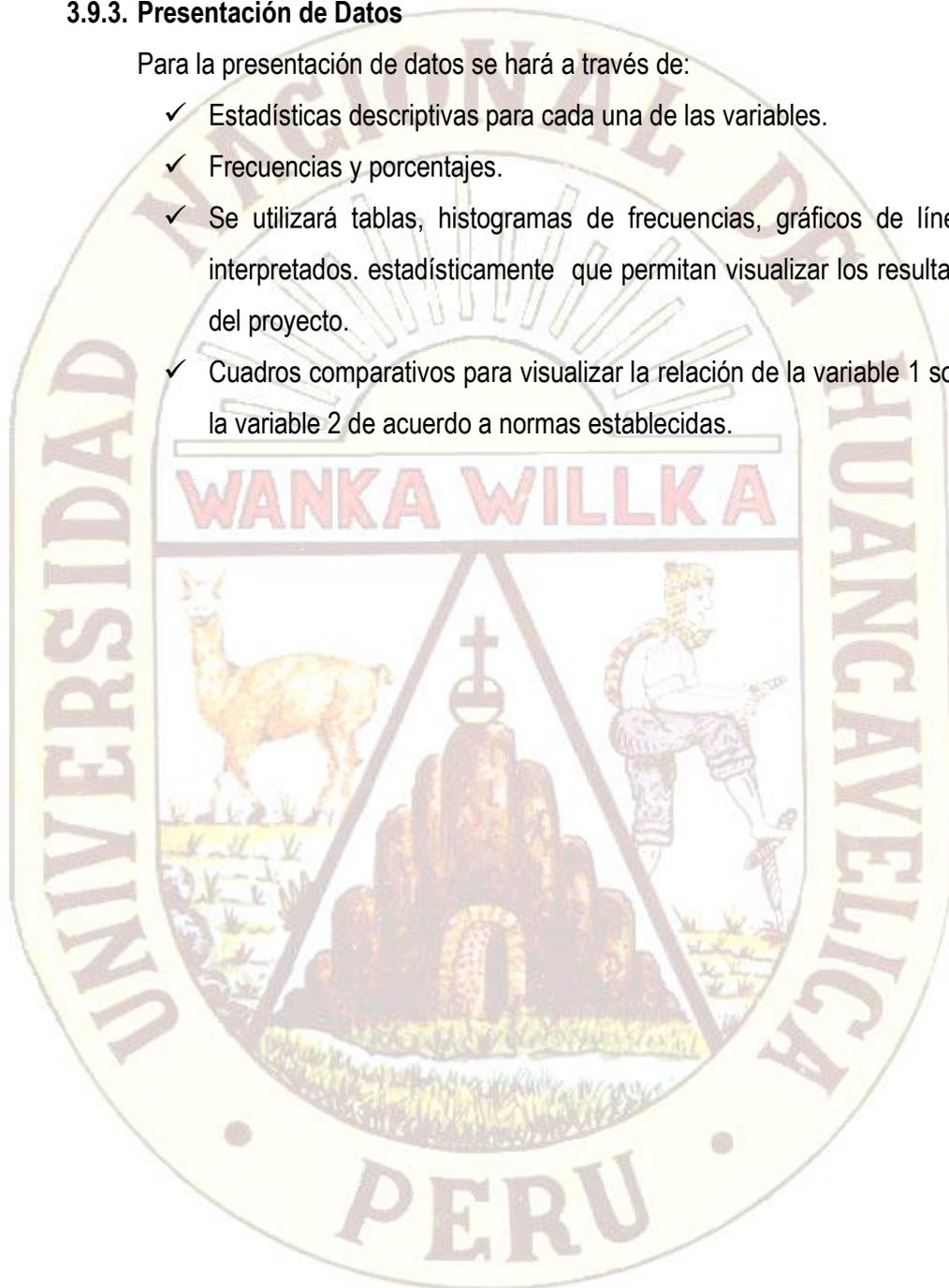
Para la contrastación de datos se trabajó con el ANOVA (Análisis de varianza) con DCAB (Diseño Completamente Aleatorio por Bloques) con la prueba "F"

de Fisher para medir la homogeneidad de los grupos con las fases que implica su proceso.

### 3.9.3. Presentación de Datos

Para la presentación de datos se hará a través de:

- ✓ Estadísticas descriptivas para cada una de las variables.
- ✓ Frecuencias y porcentajes.
- ✓ Se utilizará tablas, histogramas de frecuencias, gráficos de líneas, interpretados estadísticamente que permitan visualizar los resultados del proyecto.
- ✓ Cuadros comparativos para visualizar la relación de la variable 1 sobre la variable 2 de acuerdo a normas establecidas.



## Capítulo IV: Resultados

### 4.1. Presentación de Resultados

La presente investigación consiste en un estudio correlacional la cual se compone de 2 etapas como se aprecie en la siguiente Figura 1.

#### Etapa 1: Estudios en campo

1. Verificación del caudal de ingreso al reservorio.
2. Verificación de la calidad del agua afluyente y de la posibilidad de cloración.

#### Etapa 2: Preparación para la Instalación

1. Instalación del nivel estático.
2. Desinfección del reservorio.
3. Construcción de la caseta de cloración
4. Instalación del sistema de cloración por goteo con flotador adaptado.
5. Control y registro del cloro residual.
6. Instalación del sistema de cloración por goteo por embalse.
7. Control y registro del cloro residual.

Figura 8. Etapas del proceso de ejecución de la presente investigación.

#### 4.1.1. Estudios en campo

Los estudios en campo se realizaron en el Centro poblado de Lirpancca, Distrito de Paucará, Provincia de Acobamba, Departamento de Huancavelica.

##### 4.1.1.1. Verificación del caudal de ingreso al reservorio

Para realizar la medición del caudal de ingreso se tuvo que vaciar el agua del reservorio en su totalidad e ingresar, y así realizar la medición del caudal, obteniéndose un caudal de 0.39 l/s como se muestra en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Resultados del caudal de ingreso al reservorio

Medición	Tiempo(s)	Volumen(lt)	Caudal(l/s)
1°	25	10	0.40
2°	26	10	0.38
3°	25	10	0.40
4°	24	10	0.42
5°	27	10	0.37
<b>Caudal promedio</b>			0.39

**Fuente:** Elaboración propia.

Los trabajos en campo se coordinaron y realizaron con la ayuda de los miembros de la JASS del Centro Poblado de Lirpancca.



**Fotografía 1.** Aforo del caudal de ingreso al reservorio

Como el caudal de ingreso es mucho más alto que la demanda en agua de la comunidad, se recomienda ajustar la válvula de ingreso para reducir este caudal y dejar ingresar en el reservorio solamente el necesario para atender la demanda de los usuarios.

#### 4.1.1.2. Verificación de la calidad del agua afluyente y la posibilidad de cloración

Para realizar la cloración del agua, se debe asegurar que se disponga de agua apta para consumo humano, esto quiere decir que se debe disponer de un análisis físico-químico y microbiológico reciente del agua según el (D.S. N°031-2010-SALUD).

Se analizaron los siguientes parámetros más importantes:



**Fotografía 2.** Recojo de muestras de agua de la captación Huascapuquio.

##### a) Turbiedad

La turbiedad no debe ser mayor que 5 unidades nefelométricas (UNT), según el Reglamento de calidad de agua para consumo humano (D.S. N°031-2010-SALUD). Cuando hay presencia importante de materia orgánica se puede formar con el cloro sustancias tóxicas o carcinogénicas (Trihalometanos) y en este caso no se debe clorar directamente el agua, sino instalar un sistema de filtración antes del ingreso al reservorio.

Se mandó a realizar el análisis de turbiedad por el **Laboratorio J RAMON**, en la captación del sistema de agua de la localidad de

Lirpancca denominada “Huascapuquio”, ubicada en las coordenadas UTM: N 8594666.43 E 537280.62 y cota de 3856.42, obteniéndose el siguiente resultado como muestra en la Tabla 3.

**Tabla 4. Resultado del análisis de turbiedad**

Parámetro	Unidad	Resultado
Turbiedad	UNT	0.48

Fuente: Laboratorio J RAMON con registro N° LE - 028

**b) pH**

Es recomendado que el pH sea en el rango 6.5 – 8.5, según el Reglamento de calidad de agua para consumo humano (D.S. N°031-2010-SALUD). Cuando el pH es superior a 8, la demanda en cloro aumenta y se requiere una cantidad de cloro mayor para tratar el agua, volviendo la operación del sistema más cara. El pH es el que tiene mayor influencia sobre la actividad biocida del cloro en la solución. Un aumento en el pH disminuye sustancialmente la actividad biocida del cloro, y una disminución del pH aumenta esa actividad en la misma proporción.

Se mandó a realizar el análisis de pH por el **Laboratorio J RAMON**, en la captación del sistema de agua de la localidad de Lirpancca denominada “Huascapuquio”, ubicada en las coordenadas UTM: N 8594666.43 E 537280.62 y cota de 3856.42, obteniéndose el siguiente resultado como muestra en la Tabla 4.

**Tabla 5. Resultado del Análisis de pH**

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	Unidad. pH	7.2

Fuente: Laboratorio J RAMON con registro N° LE - 028

Por lo tanto viendo que los resultados de análisis de Turbiedad y pH están en los rangos permisibles según el Reglamento de calidad de agua para consumo humano (D.S. N°031-2010-SALUD). Es permitido realizar la cloración de este sistema de agua potable.

#### 4.1.2. Preparación para la instalación

##### 4.1.2.1. Instalación del nivel estático.

Se instaló el nivel estático en el reservorio del centro poblado de Lirpancca para evitar la pérdida de agua desinfectada en el reservorio.



**Fotografía 3.** Instalación del Nivel estático.

##### 4.1.2.2. Desinfección del reservorio

Para realizar la desinfección del reservorio se tienen que seguir los siguientes pasos:

- ✓ Se procede a calcular el volumen del reservorio, como se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Resultado del cálculo del volumen del reservorio.

H interior(m)	L interior(m)	A interior(m)	Volumen(m3)
1.8	2.4	2.4	10.368

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ Se calcula el peso del desinfectante (Hipoclorito de calcio), con la siguiente expresión:

$$P = \frac{C \times V}{(\%Cloro) \times 10}$$

Donde:

P = Peso Hipoclorito (gr)

C = Concentración aplicada (mg/l) - 50 para reservorios

% Cloro = 70

V = Volumen Reservorio

Al reemplazar los datos en la expresión, se tiene el siguiente resultado en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Resultados de la dosis para la desinfección del reservorio.

Tipo	V(m3)	C	% Cloro	P(kg)
Reservorio	10.37	50	70	0.74

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ Conociendo el volumen del reservorio y el peso del hipoclorito de calcio, se abrió la tapa de inspección de la caseta de válvulas. Luego se cerró la válvula de ingreso y salida, enseguida se abrió la válvula de limpia.
- ✓ Luego se abrió la tapa sanitaria del tanque de almacenamiento, para luego realizar la limpieza.



**Fotografía 4.** Ingreso al reservorio.

- ✓ Con ayuda de los miembros de la JASS de Lirpancca se hizo la limpieza interior del tanque de almacenamiento, piso, paredes y accesorios, utilizando trapo húmedo, escobilla de plástico y escoba luego se procede a enjuagar todo.



**Fotografía 5.** Limpieza interior del reservorio

- ✓ Terminada la limpieza, se abrió la válvula de entrada, se cerró la válvula de salida, y se llenó con agua el reservorio para luego echar la solución preparada en los baldes de 20 litros de agua con los 0.74 kg de hipoclorito de calcio calculado en la Tabla 7.



**Fotografía 6.** Hipoclorito de Calcio al 70%.



**Fotografía 7.** Preparación de la solución de hipoclorito de calcio.

- ✓ Luego se dejó en reposo la solución desinfectante, durante 4 horas dentro del reservorio.
- ✓ Pasada las 4 horas, se desaguó y lavó hasta no percibir olor a desinfectante.

#### **4.1.2.3. Construcción de la caseta de cloración**

Se construyó una caseta de cloración, con parantes de madera (cuartones de 2" x 2") y cubierta de calamina, cerrada con una puerta protegida con candado y con una puerta de ancho suficiente para poder sacar el tanque.



**Fotografía 8.** Caseta de cloración.

4.1.2.4. Instalación del sistema de cloración por goteo con flotador adaptado.

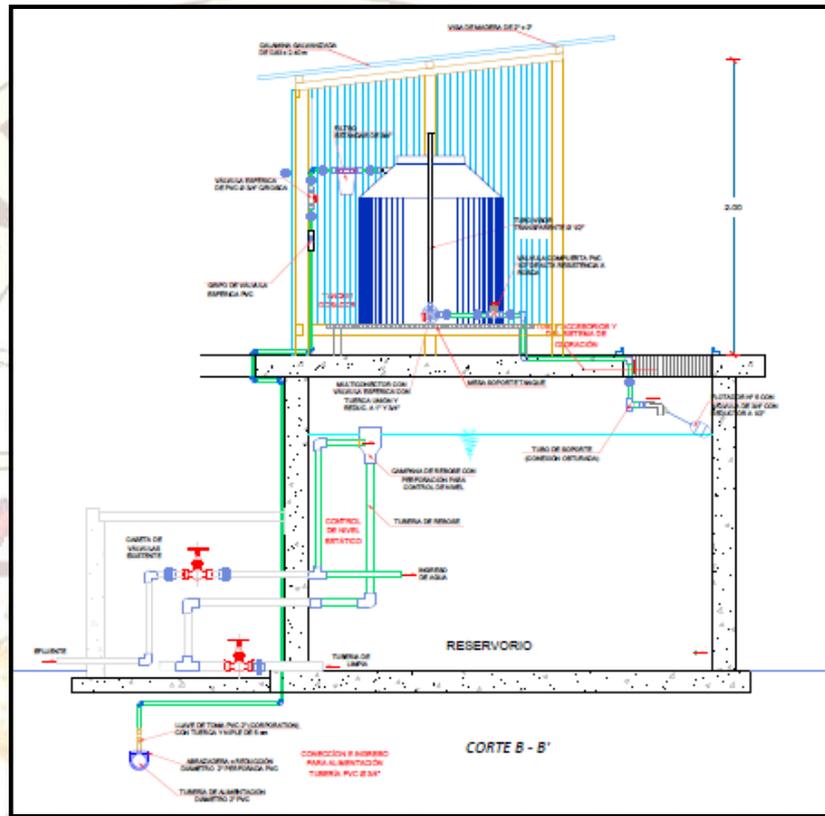


Figura 9. Sistema de cloración por goteo con flotador adaptado.

**A. Materiales Necesarios**

- ✓ 1 Tanque de 250L (incluido accesorios)
- ✓ 2 Tubos de PVC de  $\Phi 1/2"$  x 5m
- ✓ 2 Tubos de PVC de  $\Phi 3/4"$  x 5m
- ✓ 8 Codos de PVC x  $90^\circ$  de  $\Phi 1/2"$
- ✓ 1 Codo mixto de PVC x  $90^\circ$  de  $\Phi 1/2"$
- ✓ 14 Codos de PVC x  $90^\circ$  de  $3/4"$
- ✓ 1 Tee de PVC de  $\Phi 1/2"$
- ✓ 4 Tees de PVC de  $\Phi 3/4"$
- ✓ 1 Niple de PVC de  $\Phi 3/4"$  x 5"
- ✓ 1 Tapón hembra de PVC de  $\Phi 1/2"$  a presión
- ✓ Tapón hembra de PVC de  $\Phi 3/4"$  c/ rosca

- ✓ 1 Tapón hembra de PVC de  $\Phi 4"$  a presión (c/ fondo plano)
- ✓ 6 Adaptadores de PVC de  $\Phi 1/2"$
- ✓ 6 Adaptadores de PVC de  $\Phi 3/4"$
- ✓ 1 Unión universal de PVC de  $\Phi 1/2"$  c/ rosca
- ✓ 2 Uniones universal de PVC de  $\Phi 3/4"$  c/ rosca
- ✓ 2 Uniones mixtas de PVC de  $\Phi 1/2"$
- ✓ 1 Reducción de PVC de  $\Phi 3/4"$  a  $1/2"$
- ✓ 1 Válvula esférica de PVC de  $\Phi 1/2"$  c/ rosca
- ✓ 2 Válvulas esféricas de PVC de  $\Phi 3/4"$  c/ rosca
- ✓ 3 Grifos de PVC de  $\Phi 1/2"$  c/ rosca
- ✓ 1 Lata de cemento para PVC de 120mL
- ✓ 1 Hilo de nylon de 2m
- ✓ 5 Rollos de teflón
- ✓ 1 Manguera transparente flexible de 1,5m (Diámetro exterior 8mm y interior 6mm)

#### **B. Montaje del flotador**

- ✓ Se ensambla con pegamento 4 codos de PVC de  $\Phi 3/4"$  y 1 tee de PVC de  $\Phi 3/4"$ , los 3 tubos de PVC de  $\Phi 3/4"$  de 20cm y 2 tubos de PVC de  $\Phi 3/4"$  de 8cm según muestra la Fotografía 6.



**Fotografía 9.** Montaje del flotador

- ✓ Se tapó 1 tee de PVC de  $\Phi 3/4"$  con una placa cortada, usando cemento para PVC para impermeabilizar como muestra la Fotografía 7.



**Fotografía 10.** Tee del Flotador

- ✓ Se perforo con un taladro y broca de diámetro 5mm la tee cortada en diagonal según indica la Fotografía 8, haciendo un ángulo de  $45^\circ$  aproximadamente con el plano formado por los tubos flotadores.



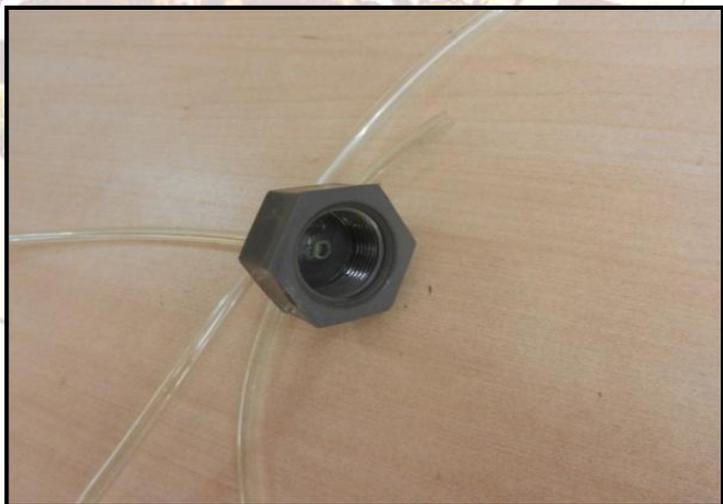
**Fotografía 11.** Accesorio perforado con un angulo de  $45^\circ$

- ✓ Se hizo un orificio de  $\Phi 1.5$  mm en el niple de 3/4" por 5" con la broca de 1,5mm a una distancia de 2cm aproximadamente de los hilos de las roscas. Con una broca de 8mm, se formó un bisel en el orificio para reducir la posibilidad de obstrucción con partículas sólidas durante el funcionamiento. Luego se introduce el niple en la tee cortada, el orificio debe quedar del lado cortado de la tee, según muestra la foto de abajo.



**Fotografía 12.** Colocado del niple con orificio

- ✓ Se perforo en el centro del tapón hembra PVC de  $\Phi 3/4$ " c/ rosca, con la broca de 8mm y se introdujo la manguera flexible en el orificio del tapón para luego fijarlo con silicona en ambos lados del tapón, cuidando de no obstruir la manguera.



**Fotografía 13.** Tapón con manguera transparente

- ✓ Por último se conectó el tapón con el niple ensamblado en el flotador.



**Fotografía 14.** Flotador

### **C. Montaje del soporte del hilo de nylon**

- ✓ Se midió la distancia que hay entre el fondo del tanque dosador y el orificio de  $\Phi 1/2''$  ubicado en la parte superior del tanque (cercano a la tapa). Se midió el diámetro interior del tanque dosador (la parte más ancha, de la base). Luego se cortó 2 tubos de PVC de  $\Phi 1/2''$  con estas distancias, sustrayendo 3cm en cada medida, y se ensamblo los 3 tubos de PVC de  $\Phi 1/2''$  con el codo de PVC de  $\Phi 1/2''$



**Fotografía 15.** Soporte para flotador

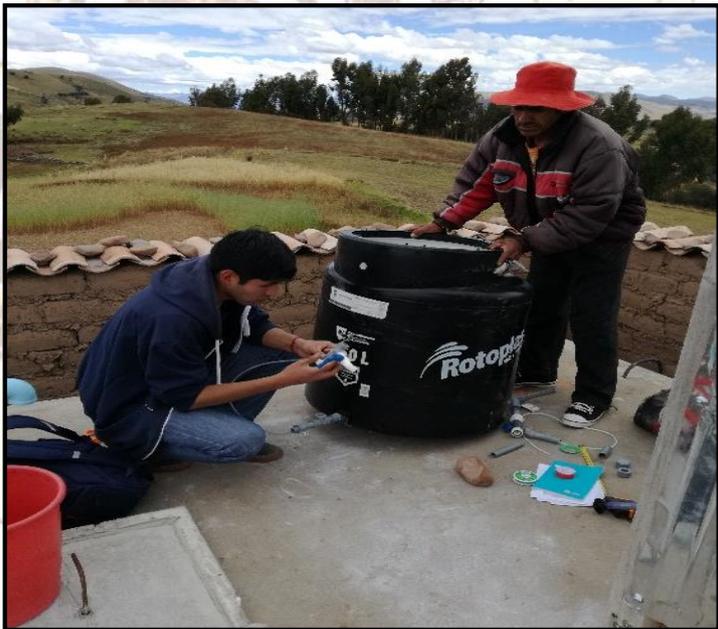
- ✓ Se fijó el hilo de nylon en la ranura superior, pasando por el orificio del codo perforado, haciendo un nodo en el extremo del hilo.



*Fotografía 16.* Montaje del hilo nylon.

#### **D. Montaje de las diversas partes**

- ✓ Se introdujo el flotador en el tanque y se pasó la manguera flexible por el orificio inferior de salida del tanque dosador.



*Fotografía 17.* Accesorios en el tanque dosador

- ✓ Se fijó el accesorio de salida del tanque con teflón, girando hasta que la salida de la manguera quede horizontal y la otra salida de  $\Phi 1/2"$  con rosca vertical hacia arriba y se fijó el tubo de lectura de nivel de agua en la salida vertical de  $\Phi 1/2"$ , usando teflón.



**Fotografía 18.** Tubo de lectura de nivel de agua

- ✓ Se pasó la manguera flexible por la salida lateral de  $\Phi 1/2"$  con rosca del tanque luego se fijó el accesorio de salida del tanque con teflón, girando hasta que la salida de la manguera quede horizontal y la otra salida de  $\Phi 1/2"$  con rosca vertical hacia arriba.



**Fotografía 19.** Instalación de accesorios en el tanque

- ✓ Se instaló el grifo y las dos uniones universales con teflón en ambas partes, y se perforo el techo del reservorio cerca de la tapa de inspección en el lugar deseado para dejar pasar el tubo de PVC de  $\Phi 1/2"$  de salida del goteo.



**Fotografía 20.** Instalación de grifo y uniones universales

- ✓ Se instaló una boya dentro del reservorio, para tener un cierre automático cuando se llene el reservorio.



**Fotografía 21.** Boya con cierre automático

### E. Llenado del tanque

- ✓ Se llenó el tanque, verificando que no haya fugas en todas las conexiones.



**Fotografía 22.** Verificación de accesorios



**Fotografía 23.** Llenado del tanque dosador

## F. Determinación de la concentración de la solución clorada

- ✓ Se calculó la demanda de agua con la siguiente expresión:

$$Q_{md} = \frac{Poblacion \times Dotacion \times K1}{86400}$$

- ✓ La población del Centro poblado de Lirpancca según su padrón de usuarios es de 168 personas, y la dotación según la norma Guía de Opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y Saneamiento en el ámbito rural es 80 l/h/d. y el calculo del Qmd se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Resultado del caudal máximo diario.

Pob. (h)	Dot. (l/h/d)	K1 (Coef. Var. Diaria)	Qmd (l/s)
168	80	1.3	0.20

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Según el aforo en el reservorio ingresa un caudal de  $Q_i = 0.39$  l/s por lo tanto debemos de regular el caudal de oferta a nuestro  $Q_{md} = 0.20$  l/s graduando la válvula de ingreso del reservorio. Realizamos el cálculo del peso del hipoclorito para clorar el caudal de ingreso al reservorio en un periodo de 14 días con la siguiente expresión:

$$P = \frac{Q_{md} \times 14 \times 86400 \times C_2}{(\%Cloro) \times 10}$$

Donde:

P = Peso Hipoclorito (gr)

$Q_{md}$  = Caudal medio diario (l/s)

$C_2$  = Concentración aplicada (mg/l) – 1.5 mg/l (en reservorios)

% Cloro = 70

- ✓ Al reemplazar los datos en la expresión, se tiene el siguiente resultado en la Tabla 9.

**Tabla 9. Resultado del peso del Hipoclorito de Calcio**

<b>Q<sub>md</sub> (l/s)</b>	<b>C<sub>2</sub> (mg/l)</b>	<b>% Cloro</b>	<b>P (gr)</b>
0.20	1.5	70	518.4

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Verificamos la concentración en el tanque de la solución madre con la siguiente expresión:

$$V_{tanque} = \frac{P \times \%(\text{Cloro}) \times 10}{C_1}$$

Donde:

P = Peso Hipoclorito (gr)

% Cloro = 70

C<sub>1</sub> = Concentración aplicada (mg/l) – 5000mg/l (en tanque dosador)

- ✓ Al reemplazar los datos en la expresión, se tiene el siguiente resultado en la Tabla 10.

**Tabla 10. Resultado del volumen del tanque dosador.**

<b>P (gr)</b>	<b>% Cloro</b>	<b>C<sub>1</sub> (mg/l)</b>	<b>V<sub>tanque</sub>(l)</b>
518.4	70	5000	72.6

Fuente: Elaboración Propia.

- ✓ Como el tanque dosador salió como mínimo 72.6 l, se optó por un tanque comercial de 250l.
- ✓ Realizamos el cálculo del caudal de goteo asumiendo que se dosificara las 24 horas del día con la siguiente expresión:

$$q_{goteo} = \frac{V}{T}$$

Donde:

q<sub>goteo</sub> = Caudal de goteo (gotas/segundos)

V = Volumen del tanque dosador (gotas), 1ml=20gotas

T = Tiempo de Goteo (minuto).

- ✓ Al reemplazar los datos en la expresión, se tiene el siguiente resultado en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Resultados del caudal de goteo al reservorio.

V(gotas)	T(minuto)	$q_{\text{goteo}}$ (gotas/minuto)
5000000	20160	248

Fuente: Elaboración propia.

### G. Preparación de la solución clorada

- ✓ Se vació los 518.4 gr de Hipoclorito de Calcio calculada en el balde de 20L lleno de agua, protegiéndose previamente con guantes y mascarilla. Se mezcló bien la solución. Luego se dejó reposar 15 minutos para que se deposite la cal junto al fondo del balde.



**Fotografía 24.** Preparación de la solución clorada

- ✓ Se vertió la mezcla en el tanque dosador. Cuidando de no verter la cal depositada junto al fondo del balde, y de no derramar la solución clorada por dentro del niple vertical del flotador porque las partículas sólidas de cal podrían obstruir la manguera flexible.



**Fotografía 25.** Llenado del tanque con la solución clorada

- ✓ Se abrió la válvula de goteo y se graduó hasta obtener las 248 gotas por minuto.



**Fotografía 26.** Graduado de la válvula de goteo.

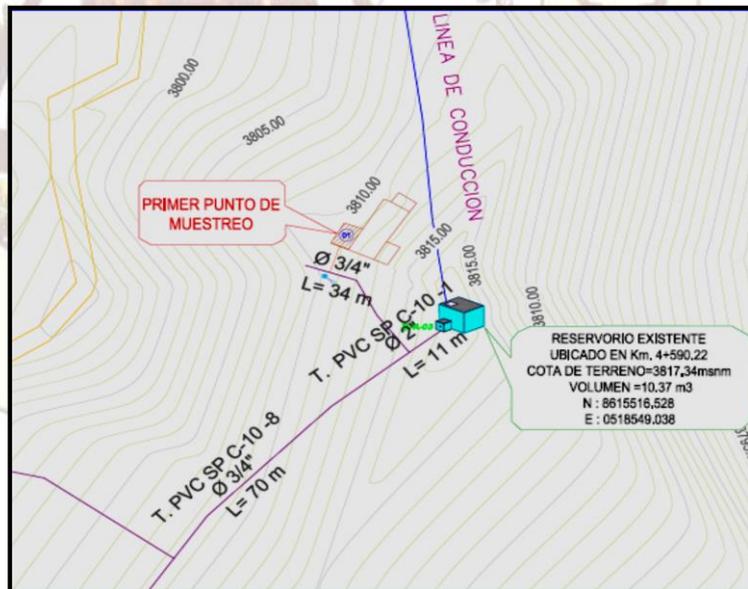
## H. Control y medición del nivel de cloro en la red

- ✓ Al día siguiente se tomó muestras de cloro residual en la primera, en la mitad y la última casa de la comunidad por 10 días seguidos.
- ✓ Para la medición del cloro residual se utilizó un equipo llamado Comparador de cloro residual tipo disco.



**Fotografía 27.** Comparador de cloro residual tipo disco.

- ✓ Medición de cloro en la primera casa de la red de agua de la comunidad, el día 12/06/18 a las 9:00 am.



**Figura 10.** Plano del primer punto de muestreo



**Fotografía 28.** Medición del cloro residual

- ✓ Medición de cloro en la mitad de la red de agua de la comunidad, el día 12/06/18 a las 10:00 am.

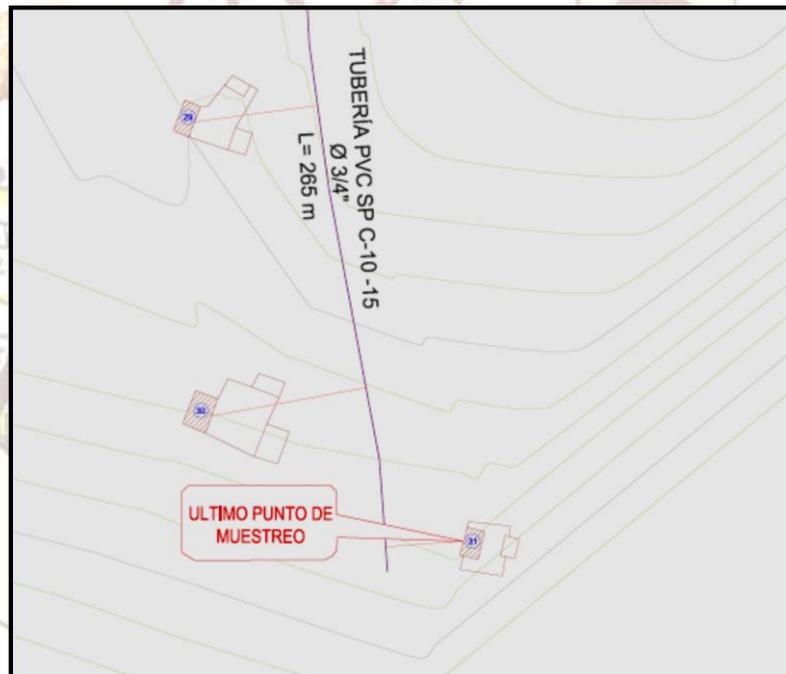


**Figura 11.** Plano del segundo punto de muestreo



**Fotografía 29.** Medición del cloro residual.

- ✓ Medición de cloro en la última casa de la red de agua de la comunidad, el día 12/06/18 a las 11:00 am.



**Figura 12.** Plano del último punto de muestreo.



Fotografía 30. Medición del cloro residual.

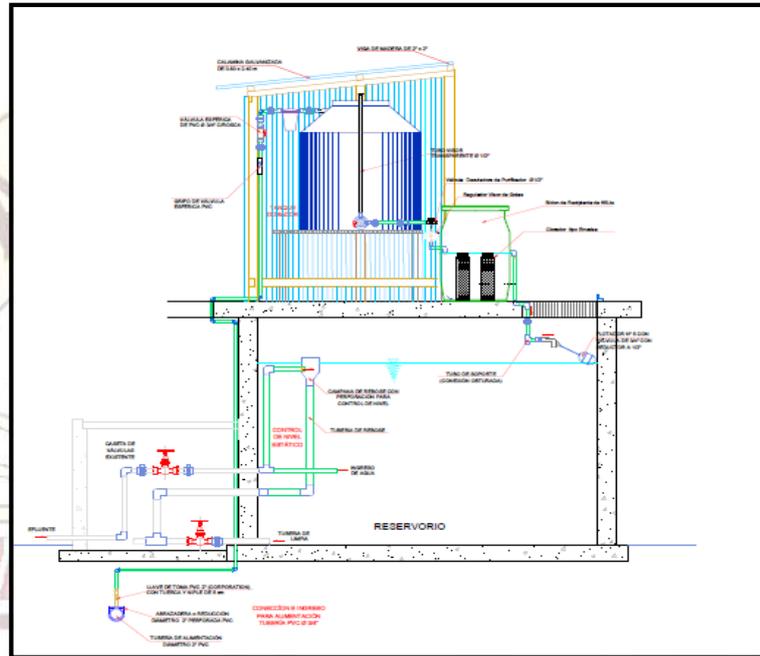
I. Resultados de la medición del nivel de cloro residual.

Tabla 12. Resultados del cloro residual por método de Goteo con flotador adaptado.

		Tiempo (Días)									
		12/06/17	13/06/17	14/06/17	15/06/17	16/06/17	17/06/17	18/06/17	19/06/17	20/06/17	21/06/17
Puntos de muestreo	Inicio de red	0.9	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9
	Mitad de red	0.9	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8
	Final de red	0.8	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2.5. Instalación del sistema de cloración por goteo por embalse.



**Figura 13.** Sistema de cloración por goteo por embalse.

Luego de terminado la instalación y medición del cloro residual del sistema de cloración por goteo con flotador adaptado, se procede a instalar el segundo tipo de sistema de goteo por embalse con los mismos parámetros del primer sistema de cloración instalado que son:

- ✓ Volumen de reservorio 10.368 m<sup>3</sup>
- ✓ Caudal máximo diario de 0.20 l/s
- ✓ Tanque dosador de 250 l
- ✓ Peso del Hipoclorito de calcio de 518.4 g
- ✓ Caudal de goteo 248 gotas/minuto

#### **A. Materiales necesarios.**

Para la instalación del sistema de cloración se necesitaron los siguientes materiales:

- ✓ 1 Tanque de 250L (incluido accesorios)
- ✓ 01 bidon de recipiente de 65 l
- ✓ 01 Tubo de 1/2 PVC
- ✓ 06 Codos de 1/2 x 90° PVC

- ✓ 02 Frascos filtro anti sarro
- ✓ 06 Adaptador UPR de 1/2 c/rosca
- ✓ 06 Niple de 1/2 x 5cm
- ✓ 06 Unión Universal de 1/2 c/rosca
- ✓ 01 Copa de plástico transparente
- ✓ 01 Grifo de PVC
- ✓ 08 Empaques de jebe de 1/2
- ✓ 04 Unión simple C/rosca 1/2
- ✓ 01 boya flotador
- ✓ 02 sella rosca hidro
- ✓ 01 pegamento para PVC
- ✓ 05 cinta teflón

#### **B. Montaje de la cámara dosificadora**

- ✓ Se trabajó con el mismo tanque dosador del primer tipo de sistema de 250 L. Se elevó la altura de la base del tanque dosador aproximadamente 25 cm.



**Fotografía 31.** Caseta con tanque dosador.

- ✓ Se instaló un grifo de PVC en la salida del tanque dosador que permita graduar el caudal de goteo, y se instaló un visor transparente el cual nos permita visualizar el goteo.



**Fotografía 32.** Instalación grifo PVC.



**Fotografía 33.** Visor transparente.

- ✓ **Montaje del tanque difusor de solución clorada** Se instaló los codos y tubos de 1/2" que conectan la cámara difusora con el tanque difusor de solución clorada



**Fotografía 34.** Tanque difusor de solución clorada.

- ✓ Se instaló los recipientes difusores de cloro, realizando unos agujeros de medio centímetro en las paredes laterales del frasco y luego cubriéndolos estos con tela quirúrgica.



**Fotografía 35.** Recipiente con agujeros de medio centímetro.



**Fotografía 36.** Recipiente cubierto con tela quirúrgica.

- ✓ Se instaló los tubos y codos de la salida del tanque difusor de solución clorada teniendo en cuenta que esta salida debe estar por debajo del nivel de ingreso de la tubería de entrada para garantizar el principio de continuidad de caudal.



**Fotografía 37.** Instalación de accesorios del tanque difusor.



**Fotografía 38.** Accesorios de la salida del tanque difusor.

### **C. Preparación de la solución clorada**

- ✓ Se tomó la misma cantidad de Hipoclorito de Calcio usada en la primera instalación de sistema de cloración que fue de 518.4 gr, esta se vertió en los frascos difusores de cloro a 259.2 gr cada uno.



**Fotografía 39.** Llenado de los frascos con hipoclorito de calcio.

- ✓ Luego se introdujo los frascos en el tanque difusor de cloro



**Fotografía 40.** Frascos dentro del tanque difusor.

- ✓ Llenado del tanque dosador con agua cruda y el tanque difusor de solución clorada verificando que se cumpla el principio de continuidad de caudal.



**Fotografía 41.** Llenado del tanque difusor con agua.

- ✓ Se abrió el grifo de la cámara dosificadora y se graduó el goteo viendo las gotas en el visor transparente, hasta obtener las 248 gotas por minuto.



**Fotografía 42.** Graduado del caudal de goteo.

#### **D. Control y medición del nivel de cloro en la red**

- ✓ Al día siguiente se tomó muestras de cloro residual en la primera, en la mitad y la última casa de la comunidad por 10 días seguidos.
- ✓ Para la medición del cloro residual se utilizó un equipo llamado Comparador de cloro residual tipo disco.



**Fotografía 43.** Comparador de cloro residual tipo disco.

- ✓ Medición de cloro en la primera casa de la red de agua de la comunidad, el día 25/06/18 a las 9:00 am.

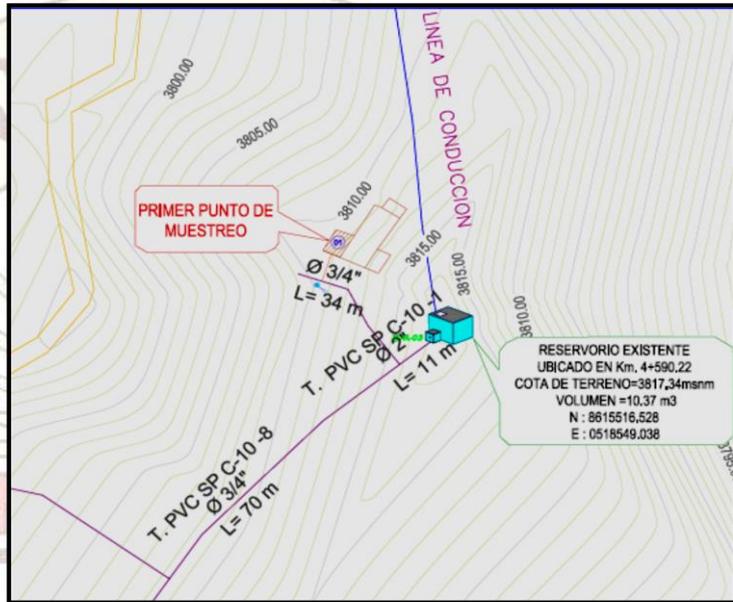


Figura 14. Plano del primer punto de muestreo.



Fotografía 44. Medición del cloro residual en el inicio de la red.

- ✓ Medición de cloro en la mitad de la red de agua de la comunidad, el día 25/06/18 a las 10:00 am.

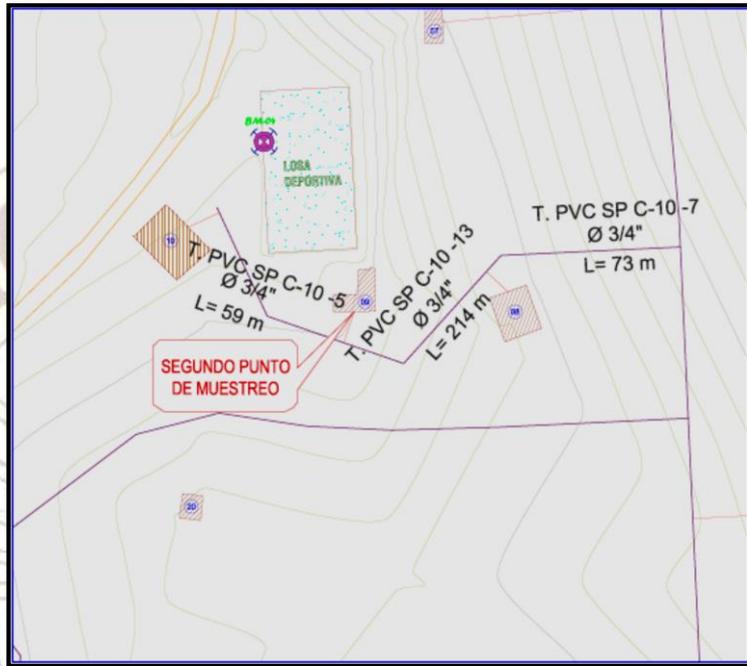


Figura 15. Plano del segundo punto de muestreo.



Fotografía 45. Medición del cloro residual la mitad de la red

- ✓ Medición de cloro en la última casa de la red de agua de la comunidad, el día 25/06/18 a las 11:00 am.

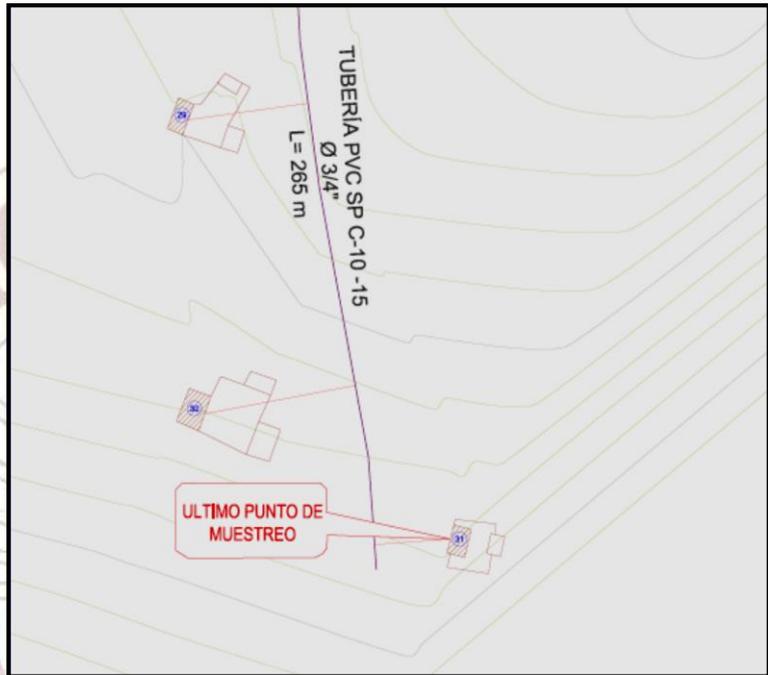


Figura 16. Plano del último punto de muestreo.



Fotografía 46. Medición del cloro residual en el final de la red

**E. Resultados de la medición del nivel de cloro residual.**

**Tabla 13.** Resultados del cloro residual por el método de Goteo por embalse.

		Tiempo (Días)									
		25/06/17	26/06/17	27/06/17	28/06/17	29/06/17	30/06/17	01/07/17	02/07/17	03/07/17	04/07/17
Puntos de muestreo	Inicio de red	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	Mitad de red	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	0.7	0.7
	Final de red	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6

Fuente: Elaboración propia.

## 4.2. Discusión

### 4.2.1. Análisis estadístico

#### 4.2.1.1. Nivel del cloro residual en la red:

El análisis estadístico se realizó mediante el diseño completamente al azar por bloques, en la cual se hizo un análisis de varianza para contrastar si existe o no diferencia significativa entre los tratamientos (Puntos de muestreo), utilizando el cuadro de ANOVA y prueba F con 5% de significancia (95 % de nivel de confianza), así como también se realizó la comparación de las medias y el intervalo de confianza de los tratamientos.

Para el análisis de varianza se utilizó los resultados de nivel de cloro residual del método por goteo con flotador adaptado y el método por goteo por embalse.

**Tabla 14.** Cuadro de resultados del nivel de cloro residual método por goteo con flotador adaptado

		Tiempo (Días)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Puntos de muestreo	Inicio de red	0.9	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9
	Mitad de red	0.9	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8
	Final de red	0.8	0.8	0.7	0.8	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 15.** Análisis de varianza (ANOVA - Método 1)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	GL	Promedio de los cuadrados	F	Prob.	Valor crítico para F
Tratamiento	0.093	2	0.046	59.571	1.156E-08	3.555
Bloque	0.055	9	0.006	7.857	1.169E-04	2.456
Error	0.014	18	0.001			
Total	0.142	29				

Fuente: Elaboración propia

Como F calculada es mayor que F crítico, se establece que si existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Así también como la probabilidad es menor al 0.05 de significancia, se establece que si existe diferencia significativa entre estos tratamientos.

**Tabla 16.** Cuadro de resultados del nivel de cloro residual método por goteo por embalse

		Tiempo (Días)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Puntos de muestreo	Inicio de red	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	Mitad de red	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.8	0.7	0.7
	Final de red	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.7	0.6	0.6

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 17.** Análisis de varianza (ANOVA - Método 2)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	GL	Promedio de los cuadrados	F	Prob.	Valor crítico para F
Tratamiento	0.093	2	0.046	59.571	1.156E-08	3.555
Bloque	0.052	9	0.006	7.42	1.169E-04	2.456
Error	0.014	18	0.001			
Total	0.159	29				

Fuente: Elaboración propia

Como F calculada es mayor que F crítico, se establece que si existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Así también como la probabilidad es menor al 0.05 de significancia, se establece que si existe diferencia significativa entre estos tratamientos.

#### 4.2.2. Análisis Descriptivo

También se requiere tener conocimiento, dentro de que límites varían los resultados de cloro residual en cada punto de muestreo. Para dar respuesta a esto se recurre a los intervalos de confianza, basado en el estadístico t de student ( $t_0$ ) al 99% de probabilidad da el valor de  $t_0 = 3.25$ .

**Tabla 18.** Intervalos de confianza (Método 1)

Puntos de Muestreo	N	Media	Desviación Estándar	Mínimo	Máximo
Inicio	10	0.87	0.048	0.71	1.03
Mitad	10	0.84	0.052	0.67	1.01
Final	10	0.74	0.052	0.57	0.91

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo tanto, 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); además de esta información el 0.5% estará debajo de 0.71 mg/l., y 0.5% arriba de 1.03 mg/l.

Por lo tanto, el 99% de los resultados de cloro residual en la mitad de la red estarán en el intervalo de (0.67 mg/l; 1.01 mg/l); además de esta información el 0.5% estará debajo de 0.67 mg/l., y 0.5% arriba de 1.01 mg/l.

Por lo tanto, el 99% de los resultados de cloro residual en la mitad de la red estarán en el intervalo de (0.57 mg/l; 0.91 mg/l); además de esta información el 0.5% estará debajo de 0.57 mg/l., y 0.5% arriba de 0.91 mg/l.

**Tabla 19. Intervalos de confianza (Método 2)**

<b>Puntos de Muestreo</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Inicio	10	0.78	0.042	0.64	0.92
Mitad	10	0.75	0.053	0.58	0.92
Final	10	0.65	0.053	0.48	0.82

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo tanto, 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); además de esta información el 0.5% estará debajo de 0.64 mg/l., y 0.5% arriba de 0.92 mg/l.

Por lo tanto, el 99% de los resultados de cloro residual en la mitad de la red estarán en el intervalo de (0.58 mg/l; 0.92 mg/l); además de esta información el 0.5% estará debajo de 0.58 mg/l., y 0.5% arriba de 0.92 mg/l.

Por lo tanto, el 99% de los resultados de cloro residual en la mitad de la red estarán en el intervalo de (0.48 mg/l; 0.82 mg/l); además de esta información el 0.5% estará debajo de 0.48 mg/l., y 0.5% arriba de 0.82 mg/l.

#### 4.2.3. Análisis Comparativo

Según los datos obtenidos de cloro residual con el método 1 y método 2 se realiza la siguiente tabla de comparación de resultados con la condición ideal de cloro residual.

**Tabla 20. Comparación de resultados**

<b>Puntos de muestreo</b>	<b>Condición Ideal</b>	<b>Método 1</b>	<b>Método 2</b>
Inicio	(0.5 – 1.0)	(0.71 – 1.03)	(0.64 – 0.92)
Mitad	(0.5 – 1.0)	(0.67 – 1.01)	(0.58 – 0.92)
Final	(0.5 – 1.0)	(0.57 – 0.91)	(0.48 – 0.82)

Fuente: Elaboración Propia.

Según el cuadro se observa que el método 1 tiene mejores resultados de cloro residual que el método 2, también en general el método 1 y el método 2 se

encuentran en el rango ideal de cloro residual como lo estipula el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano, por lo que se puede decir que, los métodos por goteo favorecen significativamente en la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales.

#### 4.2.3.1. Análisis de costo

Se realizó un análisis de costo para comparar los precios de cada uno de los sistemas de cloración en la siguiente Tabla 21.

**Tabla 21.** Comparación de costos de los sistemas de cloración

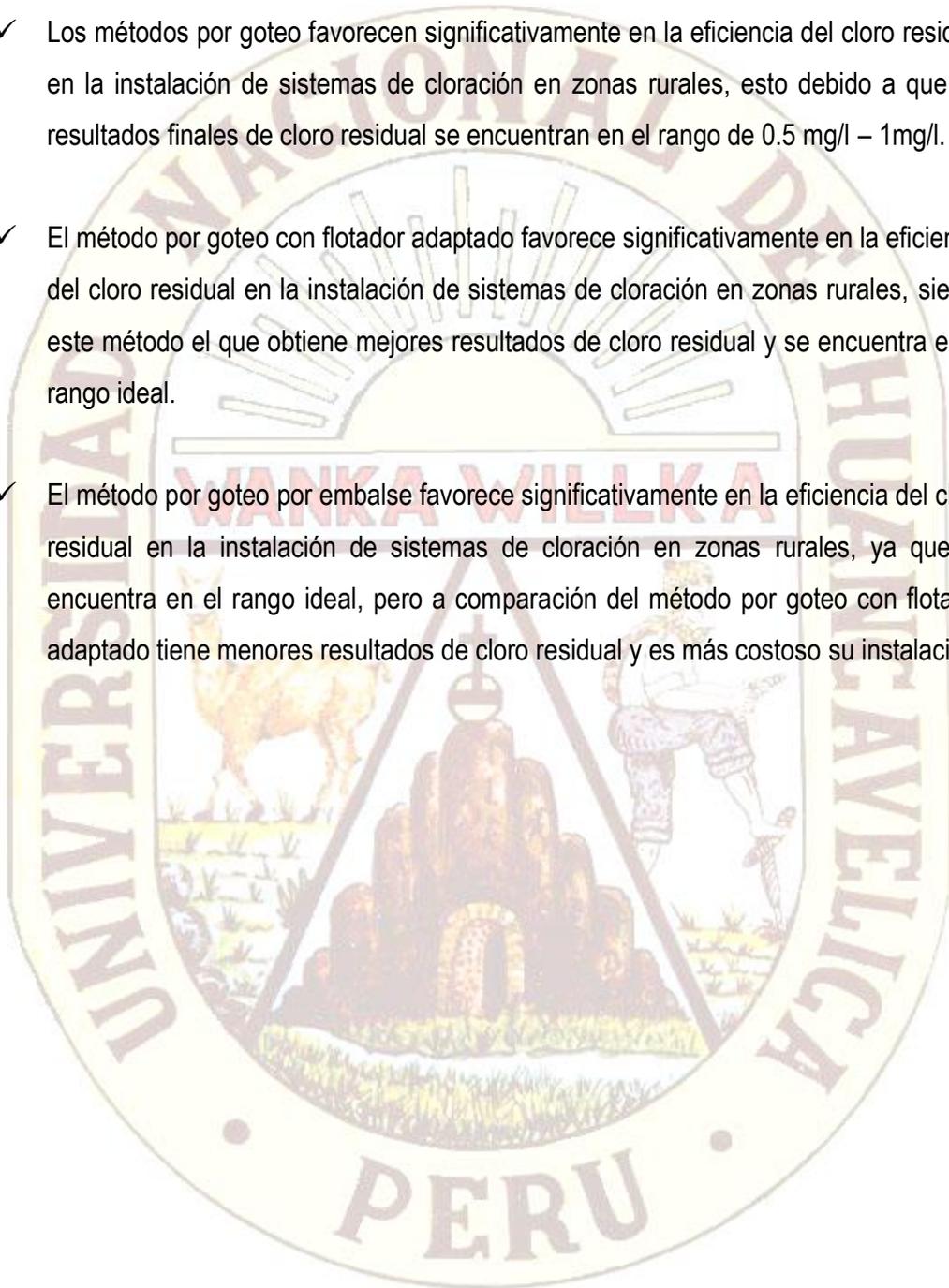
Tipo de Sistema	Costo de Caseta de Cloración (S/.)	Costo de Sistema (S/.)	Total (S/.)
Sistema con Flotador	1,346.84	1,613.19	2,960.03
Adaptado			
Sistema por Embalse	1,346.84	1,724.69	3,071.53

**Fuente:** Elaboración propia.

Por lo tanto 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.

## Conclusiones

- ✓ Los métodos por goteo favorecen significativamente en la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales, esto debido a que los resultados finales de cloro residual se encuentran en el rango de 0.5 mg/l – 1mg/l.
- ✓ El método por goteo con flotador adaptado favorece significativamente en la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales, siendo este método el que obtiene mejores resultados de cloro residual y se encuentra en el rango ideal.
- ✓ El método por goteo por embalse favorece significativamente en la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales, ya que se encuentra en el rango ideal, pero a comparación del método por goteo con flotador adaptado tiene menores resultados de cloro residual y es más costoso su instalación.



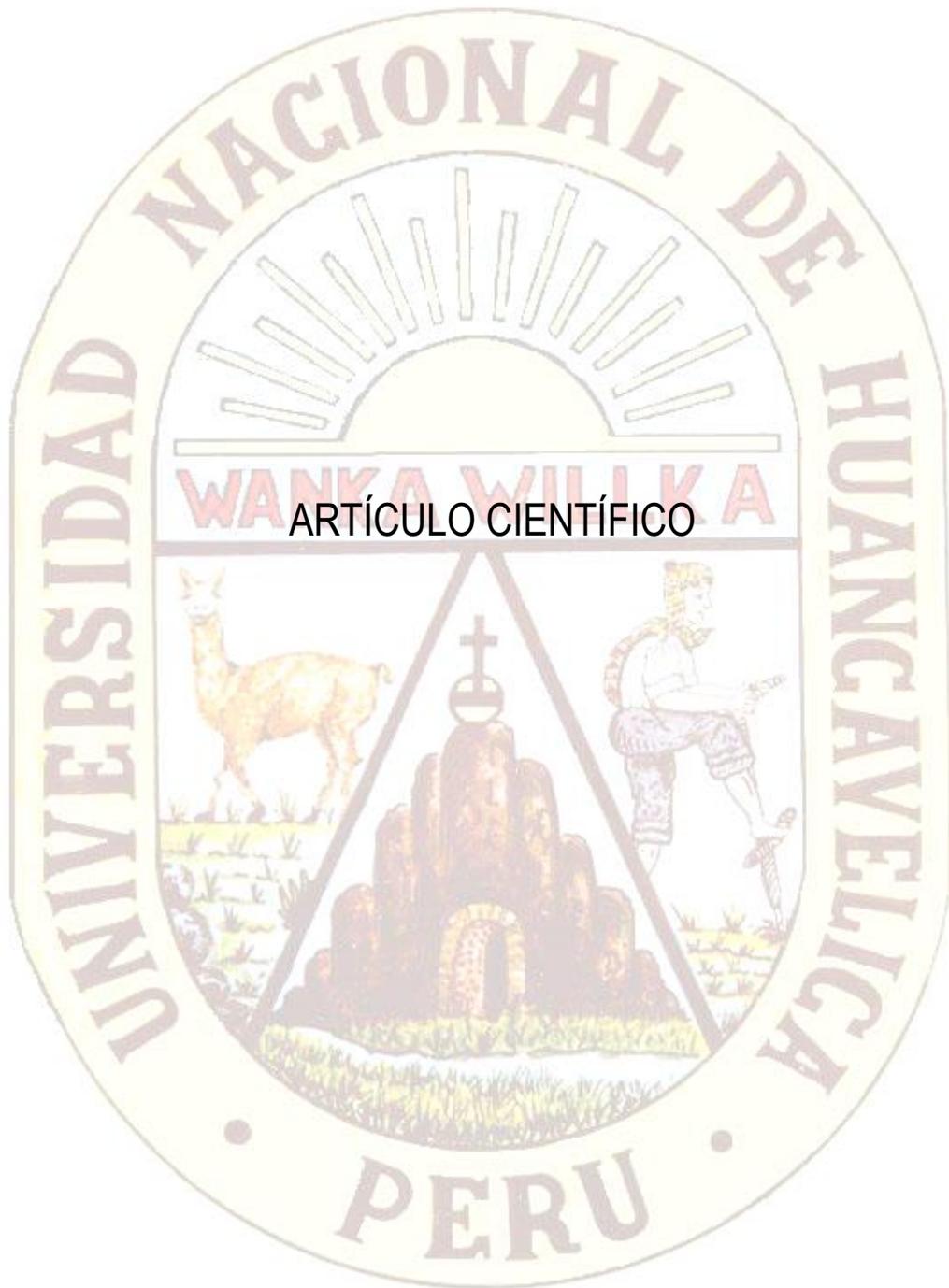
## Recomendaciones

- ✓ Es posible que el agua de la fuente presente turbidez (mayor a 5UNT), en particular después de temporadas de lluvia. En este caso es recomendado parar la cloración hasta que la turbiedad desaparezca y regrese a la normal, porque la cloración del agua que tiene materia orgánica puede generar productos dañinos a la salud.
- ✓ Muchas veces, el consumo en agua de la población o el caudal de las nacientes no son constantes durante el año, esto puede ocasionar una salida del equilibrio del sistema y niveles de cloro fuera del rango. Así es probable que sea necesario ajustar ligeramente la concentración de la solución clorada o el caudal de goteo para volver al equilibrio, también puede presentarse problemas cuando hay fugas o roturas en la red de distribución.
- ✓ Para futuras investigaciones sobre el tema, realizar la medición de cloro residual con un comparador de cloro digital, para así obtener resultados más precisos.
- ✓ Debido a su toxicidad, exposición, almacenamiento y derrames o fugas accidentales se debe tener un adecuado manejo del cloro, ya que puede producir daños en la salud del operador.

## Referencia Bibliográfica

- Bases de la sostenibilidad. (17 de Enero de 2017). *BASES DE LA SOSTENIBILIDAD: APRENDIENDO DE LAS EXPERIENCIAS*. Recuperado el 17 de Enero de 2017, de BASES DE LA SOSTENIBILIDAD: APRENDIENDO DE LAS EXPERIENCIAS: [http://www.bivica.org/upload/modelos-gestion\\_b.pdf](http://www.bivica.org/upload/modelos-gestion_b.pdf)
- Bowden, G. J., Nixon, J. B., Dandy, G. C., Maier, H. R., & Holmes, M. (2005). *Forecasting chlorine residuals in a water distribution system using a general regression neural network*. Australia.
- Carlos, C. R. (2010). *Aspectos sanitarios en el sistema de abastecimiento de agua potable mediante camiones cisternas en los distritos de Ate, Villa el Salvador y Ventanilla y propuesta para su mejoramiento en Lima y Callao (Tesis de Maestro)*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Chaucachicaiza, F., & Orozco, L. S. (2012). *Diseño e implementación de un sistema automatizado para la dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable en la comunidad San Vicente de Lacas (Tesis de Pregrado)*. Escuela Superior Pilitécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Cooperación Alemana, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. (2017). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural*. Lima.
- Cruz, R., Arévalo, H., Chamorro, F., & Fernández, F. (2005). *Efecto del uso de un método artesanal para el tratamiento de agua en comunidades rurales de la región San Martín, Perú*. San Martín .
- De Sotomayor, P. Á. (2010). *Sistemas de abastecimiento de aguas en núcleos rurales. Variables que influyen en la cloración (Tesis Doctoral)*. universidad de Granada, Granada.
- Dirección general de salud ambiental. (2011). *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano*. Lima, Peru.
- Gonzales, A., Oseda, D., Ramirez, F., & Gave, J. (2011). *Aprender y enseñar investigación científica*. Huancavelica, Perú: Biblioteca Nacional del Perú.
- Hinostroza, I. L. (2008). *Investigación del sistema de cloración por goteo en zonas rurales y pequeñas ciudades (Teis de Pregrado)*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Horna, D. E. (2014). *Optimización del consumo del cloro en la potabilización del agua, haciendo uso del método del nivel estático en reservorio del sistema de agua potable rural del caserío el Tambo – Distrito de José Gálvez -2014*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.

- Madera, N. (2013). *Opciones tecnologías para desinfección de sistemas de agua potable*. Huancavelica, Peru.
- Michel, Y. (2014). *SISTEMA DE CLORACIÓN POR GOTEO Manual de instalación, operación y mantenimiento*. Cusco.
- Ministerio de Salud - División de saneamiento básico rural. (1989). *Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable y letrinas en el medio rural*. Lima.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2016). *Guía de Opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y Saneamiento en el ámbito rural*. Lima.
- Mompremier, R. (2009). *Difusión de sustancias en redes de tuberías a presión (Tesis de Maestría)*. Instituto Politécnico Nacional, México D. F.
- Organización panamericana de la salud. (16 de Enero de 2017). *Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades*. Obtenido de Principales sistemas rurales de abastecimiento de agua: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/2-3sas.htm#arriba>
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable [recurso electrónico]: incluye el primer apéndice. Vol. 1: Recomendaciones. Tercera edición*. Lima.
- Organización Panamericana de la Salud. (2003). *ALGORITMO PARA LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA PARA EL ABASTECIMIENTO RURAL DE AGUA*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).
- Programa nacional de saneamiento rural. (2012). *guía de opciones técnicas para abastecimiento de agua potable y saneamiento para centros poblados del ámbito rural*. Lima, Peru.
- Rodriguez, M. J., & Serodes, J. B. (1998). *Assessing empirical linear and non-linear modelling of residual chlorine in urban drinking water systems*. Canada.
- Rodriguez, M. J., West, J. R., Powell, J., & Serodes, J. B. (1997). *Application of two approaches to model chlorine residuals in severn trent water ltd (stw) distribution systems*. Quebec.
- salud, D. G. (2011). *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano*. Lima, Peru: Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2011-02552.
- Sánchez, H., & Reyes, C. (1996). *Metodología y diseños en la investigación científica*. Lima, Perú: Mantaro.
- Valle, J. (2015). *Metodología de la Investigación*. Huancavelica: Limusa.



ARTÍCULO CIENTÍFICO

# RELACIÓN DE LOS MÉTODOS POR GOTEO Y LA EFICIENCIA DEL CLORO RESIDUAL EN LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE CLORACIÓN EN ZONAS RURALES

(LANDEO ESPEZA, Anthony Franklin)

## RESUMEN

La presente investigación titulada “Relación de los métodos por goteo y la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales”, se realizó en la localidad de Lirpancca del distrito de Paucará del departamento de Huancavelica, 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, solución clorada, tanque dosador de 250 l y caudal de goteo de 248 gotas/minuto, para luego ver la eficiencia de estos métodos con los resultados de cloro residual que cada uno de estos obtengan. Como primera etapa se tuvo que verificar el caudal de ingreso al reservorio que fue de 0.39 l/s, y verificar la calidad del agua afluyente y la posibilidad de cloración, analizando la turbiedad y pH del agua. Como segunda etapa se procedió a instalar el nivel estático en el reservorio para evitar la pérdida de agua desinfectada, y luego desinfectar el reservorio. Ya con todos estos procedimientos se construyó la caseta de cloración encima del reservorio para proteger el sistema de cloración. 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). Finalmente 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.

**Palabras Claves:** Métodos por Goteo, Cloro Residual, Zonas Rurales y Nivel Estático.

## INTRODUCCIÓN

El acceso a los servicios de agua potable y saneamiento constituye un derecho humano reconocido por las Naciones Unidas, debido a que es fundamental para mantener la buena salud de las personas. Su limitado acceso o la inadecuada calidad de la prestación del

servicio, representan un grave riesgo para la salud humana, en especial de los niños, adultos mayores y personas con la salud disminuida.

La investigación tiene como objetivo principal 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.

En este sentido se propone desarrollar dos métodos de cloración como una herramienta para la adecuada cloración del agua en pequeños sistemas de abastecimiento de agua potable, buscando asistir de manera sencilla y efectiva a los operadores y demás actores involucrados en su implementación. Siguiendo una secuencia que va desde el fundamento teórico de la desinfección, cloración y hasta la presentación de instrumentos para la implementación del clorador, así como para su operación y mantenimiento (O&M).

La efectividad de estos dos sistemas de cloración ha sido probada en varios sistemas de abastecimiento de agua potable, se ha comprobado que estos sistemas de cloración se presentan como una tecnología apropiada para el ámbito rural. Con lo que se obtendrá un aporte importante en la calidad de vida de los pobladores de las zonas rurales y pequeñas ciudades disminuyendo la contaminación y enfermedades de origen hídrico.

## PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

La actual problemática que tienen los prestadores de servicio de agua y saneamiento rural en el Perú es que ha quedado en desuso el hipoclorador, dispositivo de cloración hasta hace poco utilizado para la desinfección y cloración del agua para consumo humano, ya que salió del mercado el hipoclorito de calcio al 33%. En su lugar, solo se dispone de hipoclorito de calcio al 70%, un insumo que requiere de otras tecnologías para suministrar adecuadamente cloro a los sistemas de agua potable de la zona rural.

Para ser viable en zonas rurales, tal sistema debe ser de bajo costo de instalación y mantenimiento, de operación simple y que demande poco tiempo y sea resistente. Una de las nuevas tecnologías adecuadas y considerando estos requisitos es el sistema de cloración por goteo presentado en esta investigación, que será de importancia para los profesionales y actores locales involucrados en el tema de agua y saneamiento, las Áreas Técnicas Municipales (ATM), el Sector Salud, o las ONGs trayendo asistencia técnica para que puedan ejecutar proyectos y post-ejecución de proyectos de cloración del agua utilizando esta tecnología. El propósito es difundir la información para mejorar la calidad de los sistemas de agua potable en zonas rurales.

Conociendo el riesgo que conlleva el consumir agua con un déficit de cloro en las zonas rurales, es de vital importancia trabajar en la prevención del brote de posibles enfermedades producto de los parásitos existentes en el agua, objetivo que se puede conseguir con un estricto control al momento de la dosificación del cloro. Cabe mencionar que si la dosis del desinfectante ni siquiera ha cubierto la demanda de cloro del agua se presentan sustancias tóxicas como cloraminas con elevado potencial cancerígeno. En caso contrario, cuando exista un exceso de cloro, las molestias que se pueden apreciar inmediatamente es el desagradable olor y sabor del líquido; a más de presentarse un problema aún mayor que es la aparición de subproductos de la cloración formando sustancias cancerígenas principalmente trihalometanos.

Ante esta problemática se promovió el desarrollo de esta investigación, con el fin de proporcionar un adecuado control al momento de la dosificación de cloro durante todo el proceso de desinfección, en la primera

casa, en la mitad y la última casa de la comunidad y verificar que el nivel de cloro residual este siempre en el rango deseado en todos estos puntos (0,5-1,0ppm).

## ESTUDIO CORRELACIONAL

### 1. ETAPA 1: ESTUDIOS EN CAMPO

Los estudios en campo se realizaron en el Centro poblado de Lirpancca, Distrito de Paucará, Provincia de Acobamba, Departamento de Huancavelica.

#### 1.1 Verificación del caudal de ingreso al reservorio

Para realizar la medición del caudal de ingreso se tuvo que vaciar el agua del reservorio en su totalidad e ingresar, y así realizar la medición del caudal, obteniéndose un caudal de 0.39 l/s como se muestra en la Tabla 3.

#### Resultados del caudal de ingreso al reservorio

Medición	Tiempo (s)	Volumen (lt)	Caudal(l/s)
1°	25	10	0.40
2°	26	10	0.38
3°	25	10	0.40
4°	24	10	0.42
5°	27	10	0.37
<b>Caudal promedio</b>			0.39

Los trabajos en campo se coordinaron y realizaron con la ayuda de los miembros de la JASS del Centro Poblado de Lirpancca.

Como el caudal de ingreso es mucho más alto que la demanda en agua de la comunidad, se recomienda ajustar la válvula de ingreso para reducir este caudal y dejar ingresar en el reservorio solamente el necesario para atender la demanda de los usuarios.

### 1.2 Verificación de la calidad del agua afluyente y la posibilidad de cloración

Para realizar la cloración del agua, se debe asegurar que se disponga de agua apta para consumo humano, esto quiere decir que se debe disponer de un análisis físico-químico y microbiológico reciente del agua según el (D.S. N°031-2010-SALUD).

Se analizaron los siguientes parámetros más importantes:

#### a) Turbiedad

La turbiedad no debe ser mayor que 5 unidades nefelométricas (UNT), según el Reglamento de calidad de agua para consumo humano (D.S. N°031-2010-SALUD). Cuando hay presencia importante de materia orgánica se puede formar con el cloro sustancias tóxicas o carcinogénicas (Trihalometanos) y en este caso no se debe clorar directamente el agua, sino instalar un sistema de filtración antes del ingreso al reservorio.

Se mandó a realizar el análisis de turbiedad por el **Laboratorio J RAMON**, en la captación del sistema de agua de la localidad de Lirpancca denominada "Huascapuquio", ubicada en las coordenadas UTM: N 8594666.43 E 537280.62 y cota de 3856.42, obteniéndose el siguiente resultado como muestra en la Tabla 3.

#### Resultado del análisis de turbiedad

Parámetro	Unidad	Resultado
Turbiedad	UNT	0.48

#### b) pH

Es recomendado que el pH sea en el rango 6.5 – 8.5, según el Reglamento de calidad de agua para consumo humano (D.S. N°031-2010-SALUD). Cuando el pH es superior a 8, la demanda en cloro aumenta y se requiere una cantidad de cloro mayor para tratar el

agua, volviendo la operación del sistema más cara. El pH es el que tiene mayor influencia sobre la actividad biocida del cloro en la solución. Un aumento en el pH disminuye sustancialmente la actividad biocida del cloro, y una disminución del pH aumenta esa actividad en la misma proporción.

Se mandó a realizar el análisis de pH por el **Laboratorio J RAMON**, en la captación del sistema de agua de la localidad de Lirpancca denominada "Huascapuquio", ubicada en las coordenadas UTM: N 8594666.43 E 537280.62 y cota de 3856.42, obteniéndose el siguiente resultado como muestra en la Tabla 4.

**Resultado del Análisis de pH**

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	Unidad. pH	7.2

Por lo tanto viendo que los resultados de análisis de Turbiedad y pH están en los rangos permisibles según el Reglamento de calidad de agua para consumo humano (D.S. N°031-2010-SALUD). Es permitido realizar la cloración de este sistema de agua potable.

**2. ETAPA 2: PREPARACIÓN PARA LA INSTALACIÓN**

**2.1 Instalación del nivel estático.**

Se instaló el nivel estático en el reservorio del centro poblado de Lirpancca para evitar la pérdida de agua desinfectada en el reservorio.

**2.2 Desinfección del reservorio**

**Resultado del cálculo del volumen del reservorio.**

H interior (m)	L interior (m)	A interior (m)	Volumen (m3)
1.8	2.4	2.4	10.368

Se calcula el peso del desinfectante (Hipoclorito de calcio), con la siguiente expresión:

$$P = \frac{C \times V}{(\%Cloro) \times 10}$$

Donde:

P = Peso Hipoclorito (gr)

C = Concentración aplicada (mg/l) - 50 para reservorios

% Cloro = 70

V = Volumen Reservorio

Al reemplazar los datos en la expresión, se tiene el siguiente resultado en la Tabla 7.

**Resultados de la dosis para la desinfección del reservorio.**

Tipo	V(m3)	C	% Cloro	P(kg)
Reservorio	10.37	50	70	0.74

**2.3 Construcción de la caseta de cloración**

Se construyó una caseta de cloración, con parantes de madera (cuartones de 2" x 2") y cubierta de calamina, cerrada con una puerta protegida con candado y con una puerta de ancho suficiente para poder sacar el tanque.

**2.4 Instalación del sistema de cloración por goteo con flotador adaptado.**

**❖ Materiales Necesarios**

- 1 Tanque de 250L (incluido accesorios)
- 2 Tubos de PVC de Φ1/2" x 5m
- 2 Tubos de PVC de Φ3/4" x 5m
- 8 Codos de PVC x 90° de Φ1/2"
- 1 Codo mixto de PVC x 90° de Φ1/2"
- 14 Codos de PVC x 90° de 3/4"
- 1 Tee de PVC de Φ1/2"
- 4 Tees de PVC de Φ3/4"
- 1 Niple de PVC de Φ3/4" x 5"
- 1 Tapón hembra de PVC de Φ1/2" a presión
- Tapón hembra de PVC de Φ3/4" c/ rosca

- 1 Tapón hembra de PVC de  $\Phi 4''$  a presión (c/ fondo plano)
- 6 Adaptadores de PVC de  $\Phi 1/2''$
- 6 Adaptadores de PVC de  $\Phi 3/4''$
- 1 Unión universal de PVC de  $\Phi 1/2''$  c/ rosca
- 2 Uniones universal de PVC de  $\Phi 3/4''$  c/ rosca
- 2 Uniones mixtas de PVC de  $\Phi 1/2''$
- 1 Reducción de PVC de  $\Phi 3/4''$  a  $1/2''$
- 1 Válvula esférica de PVC de  $\Phi 1/2''$  c/ rosca
- 2 Válvulas esféricas de PVC de  $\Phi 3/4''$  c/ rosca
- 3 Grifos de PVC de  $\Phi 1/2''$  c/ rosca
- 1 Lata de cemento para PVC de 120mL
- 1 Hilo de nylon de 2m
- 5 Rollos de teflón
- 1 Manguera transparente flexible de 1,5m (Diámetro exterior 8mm y interior 6mm)

#### J. Determinación de la concentración de la solución clorada

##### Resultado del caudal máximo diario.

Pob. (h)	Dot. (l/h/d)	K1 (Coef. Var. Diaria)	Qmd (l/s)
168	80	1.3	0.20

Según el aforo en el reservorio ingresa un caudal de  $Q_i = 0.39$  l/s por lo tanto debemos de regular el caudal de oferta a nuestro  $Q_{md} = 0.20$  l/s graduando la válvula de ingreso del reservorio. Realizamos el cálculo del peso del hipoclorito para clorar el caudal de ingreso al reservorio en un periodo de 14 días con la siguiente expresión:

$$P = \frac{Q_{md} \times 14 \times 86400 \times C_2}{(\%Cloro) \times 10}$$

Donde:

P = Peso Hipoclorito (gr)

$Q_{md}$  = Caudal medio diario (l/s)

$C_2$  = Concentración aplicada (mg/l) – 1.5 mg/l (en reservorios)

% Cloro = 70

##### Resultado del peso del Hipoclorito de Calcio

$Q_{md}$ (l/s)	$C_2$ (mg/l)	% Cloro	P (gr)
0.20	1.5	70	518.4

##### Resultado del volumen del tanque dosador.

P (gr)	% Cloro	$C_1$ (mg/l)	$V_{tanque}$ (l)
518.4	70	5000	72.6

Realizamos el cálculo del caudal de goteo asumiendo que se dosificara las 24 horas del día con la siguiente expresión:

$$q_{goteo} = \frac{V}{T}$$

Donde:

$q_{goteo}$  = Caudal de goteo (gotas/segundos)

V = Volumen del tanque dosador (gotas), 1ml=20gotas

T = Tiempo de Goteo (minuto).

Al reemplazar los datos en la expresión, se tiene el siguiente resultado en la Tabla 11.

##### Resultados del caudal de goteo al reservorio.

V(gotas)	T(minuto)	$q_{goteo}$ (gotas/minuto)
5000000	20160	248

## 2.5 Control y medición del nivel de cloro en la red

Al día siguiente se tomó muestras de cloro residual en la primera, en la mitad y la última casa de la comunidad por 10 días seguidos.

**Resultados del cloro residual por método de Goteo con flotador adaptado.**

Puntos de muestreo	Tiempo (Días)												
	Final de red	Mitad de red	Inicio de red	12/06/17	13/06/17	14/06/17	15/06/17	16/06/17	17/06/17	18/06/17	19/06/17	20/06/17	21/06/17
				0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9
	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	0.8

- 02 Frascos filtro anti sarro
- 06 Adaptador UPR de 1/2 c/rosca
- 06 Niple de 1/2 x 5cm
- 06 Unión Universal de 1/2 c/rosca
- 01 Copa de plástico transparente
- 01 Grifo de PVC
- 08 Empaques de jebe de 1/2
- 04 Unión simple C/rosca 1/2
- 01 boya flotador
- 02 sella rosca hidro
- 01 pegamento para PVC
- 05 cinta teflón

**2.7 Control y medición del nivel de cloro en la red**

Al día siguiente se tomó muestras de cloro residual en la primera, en la mitad y la última casa de la comunidad por 10 días seguidos.

**Resultados del cloro residual por el método de Goteo por embalse.**

**2.6 Instalación del sistema de cloración por goteo por embalse.**

Luego de terminado la instalación y medición del cloro residual del sistema de cloración por goteo con flotador adaptado, se procede a instalar el segundo tipo de sistema de goteo por embalse con los mismos parámetros del primer sistema de cloración instalado que son:

- Volumen de reservorio 10.368 m<sup>3</sup>
- Caudal máximo diario de 0.20 l/s
- Tanque dosador de 250 l
- Peso del Hipoclorito de calcio de 518.4 g
- Caudal de goteo 248 gotas/minuto

**❖ Materiales necesarios.**

Para la instalación del sistema de cloración se necesitaron los siguientes materiales:

- 1 Tanque de 250L (incluido accesorios)
- 01 bidon de recipiente de 65 l
- 01 Tubo de 1/2 PVC
- 06 Codos de 1/2 x 90° PVC

Puntos de muestreo	Tiempo (Días)												
	Final de red	Mitad de red	Inicio de red	25/06/17	26/06/17	27/06/17	28/06/17	29/06/17	30/06/17	01/06/17	02/06/17	03/06/17	04/06/17
				0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

**CONCLUSIONES:**

- ❖ Los métodos por goteo favorecen significativamente en la eficiencia del

cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales, esto debido a que los resultados finales de cloro residual se encuentran en el rango de 0.5 mg/l – 1mg/l.

- ❖ El método por goteo con flotador adaptado favorece significativamente en la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales, siendo este método el que obtiene mejores resultados de cloro residual y se encuentra en el rango ideal.
- ❖ El método por goteo por embalse favorece significativamente en la eficiencia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales, ya que se encuentra en el rango ideal, pero a comparación del método por goteo con flotador adaptado tiene menores resultados de cloro residual y es más costoso su instalación.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Bases de la sostenibilidad. (17 de Enero de 2017). *BASES DE LA SOSTENIBILIDAD: APRENDIENDO DE LAS EXPERIENCIAS*. Recuperado el 17 de Enero de 2017, de BASES DE LA SOSTENIBILIDAD: APRENDIENDO DE LAS EXPERIENCIAS: [http://www.bivica.org/upload/modelos-gestion\\_b.pdf](http://www.bivica.org/upload/modelos-gestion_b.pdf)

Bowden, G. J., Nixon, J. B., Dandy, G. C., Maier, H. R., & Holmes, M. (2005). *Forecasting chlorine residuals in a water distribution system using a general regression neural network*. Australia.

Carlos, C. R. (2010). *Aspectos sanitarios en el sistema de abastecimiento de agua potable mediante camiones cisternas en los distritos de Ate, Villa el Salvador y Ventanilla y propuesta para su mejoramiento en Lima y Callao (Tesis de Maestro)*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.

Chaucachicaiza, F., & Orozco, L. S. (2012). *Diseño e implementación de un sistema automatizado para la dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable en la comunidad San Vicente de Lacas (Tesis de Pregrado)*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.

Cooperación Alemana, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. (2017). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural*. Lima.

Cruz, R., Arévalo, H., Chamorro, F., & Fernández, F. (2005). *Efecto del uso de un método artesanal para el tratamiento de agua en comunidades rurales de la región San Martín, Perú*. San Martín .

De Sotomayor, P. Á. (2010). *Sistemas de abastecimiento de aguas en núcleos rurales. Variables que influyen en la cloración (Tesis Doctoral)*. universidad de Granada, Granada.

Dirección general de salud ambiental. (2011). *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano*. Lima, Peru.

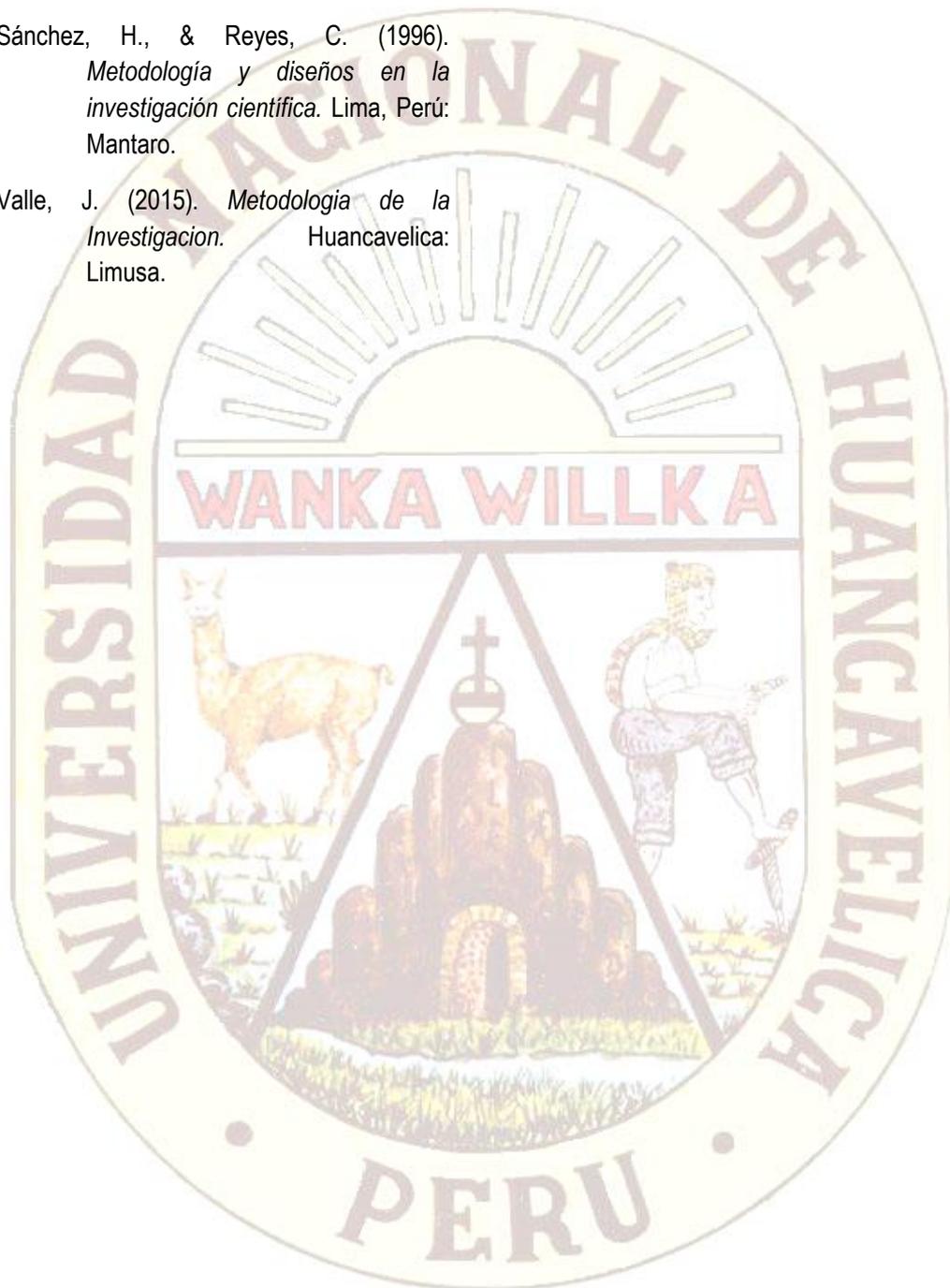
Gonzales, A., Oseda, D., Ramirez, F., & Gave, J. (2011). *Aprender y enseñar*

- investigación científica.*  
Huancavelica, Perú: Biblioteca Nacional del Perú.
- Hinostroza, I. L. (2008). *Investigación del sistema de cloración por goteo en zonas rurales y pequeñas ciudades (Teis de Pregrado)*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Horna, D. E. (2014). *Optimización del consumo del cloro en la potabilización del agua, haciendo uso del método del nivel estático en reservorio del sistema de agua potable rural del caserío el Tambo – Distrito de José Gálvez -2014*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Madera, N. (2013). *Opciones tecnologías para desinfección de sistemas de agua potable*. Huancavelica, Peru.
- Michel, Y. (2014). *SISTEMA DE CLORACIÓN POR GOTEO Manual de instalación, operación y mantenimiento*. Cusco.
- Ministerio de Salud - División de saneamiento básico rural. (1989). *Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable y letrinas en el medio rural*. Lima.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2016). *Guía de Opciones tecnológicas para sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y Saneamiento en el ámbito rural*. Lima.
- Mompremier, R. (2009). *Difusión de sustancias en redes de tuberías a presión (Tesis de Maestría)*. Instituto Politécnico Nacional, México D. F.
- Organización panamericana de la salud. (16 de Enero de 2017). *Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades*. Obtenido de Principales sistemas rurales de abastecimiento de agua: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guia/calde/2sas/2-3sas.htm#arriba>
- Organización Mundial de la Salud. (2006). *Guías para la calidad del agua potable [recurso electrónico]: incluye el primer apéndice*. Vol. 1: *Recomendaciones*. Tercera edición. Lima.
- Organización Panamericana de la Salud. (2003). *ALGORITMO PARA LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA PARA EL ABASTECIMIENTO RURAL DE AGUA*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).
- Programa nacional de saneamiento rural. (2012). *guía de opciones técnicas para abastecimiento de agua potable y saneamiento para centros poblados del ámbito rural*. Lima, Peru.
- Rodriguez, M. J., & Serodes, J. B. (1998). *Assessing empirical linear and non-linear modelling of residual chlorine in urban drinking water systems*. Canada.
- Rodriguez, M. J., West, J. R., Powell, J., & Serodes, J. B. (1997). *Application of two approaches to model chlorine residuals in severn trent water ltd (stw) distribution systems*. Quebec.
- salud, D. G. (2011). *Reglamento de la calidad del agua para consumo humano*.

Lima, Peru: Depósito Legal en la  
Biblioteca Nacional del Perú N°  
2011-02552.

Sánchez, H., & Reyes, C. (1996).  
*Metodología y diseños en la  
investigación científica*. Lima, Perú:  
Mantaro.

Valle, J. (2015). *Metodología de la  
Investigación*. Huancavelica:  
Limusa.



## Anexos

- ANEXO 01:** Panel Fotográfico del proceso de ejecución de la presente Tesis.
- ANEXO 02:** Resultados del análisis de agua emitido por el laboratorio J Ramon - INFORME DE ENSAYO N° MA16120275 CON VALOR OFICIAL (Laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL – DA con registro N° LE-0.28).
- ANEXO 03:** Padrón de usuarios de la comunidad de Lirpancca.
- ANEXO 04:** Plano de la caseta de cloración.
- ANEXO 05:** Plano de los puntos de muestro en la red de distribución de agua de Lirpancca.
- ANEXO 06:** Planos, presupuesto e insumos del sistema de cloración por goteo con flotador adaptado.
- ANEXO 07:** Planos, presupuesto e insumos del sistema de cloración por goteo por embalse.

**ANEXO 01:** Panel Fotográfico del proceso de ejecución de la presente Tesis.



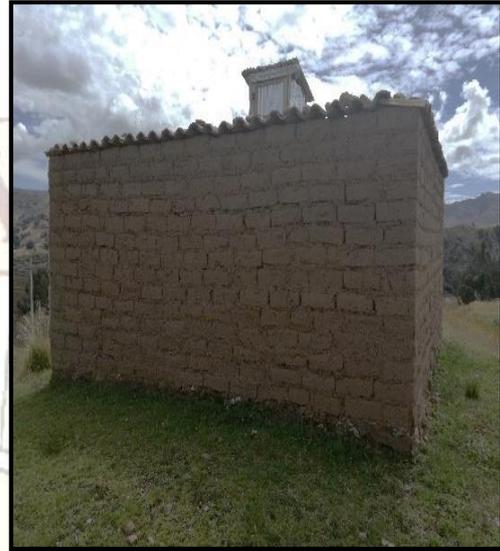
**Fotografía A 1.** Recojo de muestras de agua de la captación Huascapuquio-Lirpancca.



*Fotografía A 2. Limpieza y desinfección del reservorio del centro poblado de Lirpancca.*



*Fotografía A 3. Instalación del nivel estático.*



Fotografía A 4. Caseta de cloración y reservorio del centro poblado de Lirpancca.



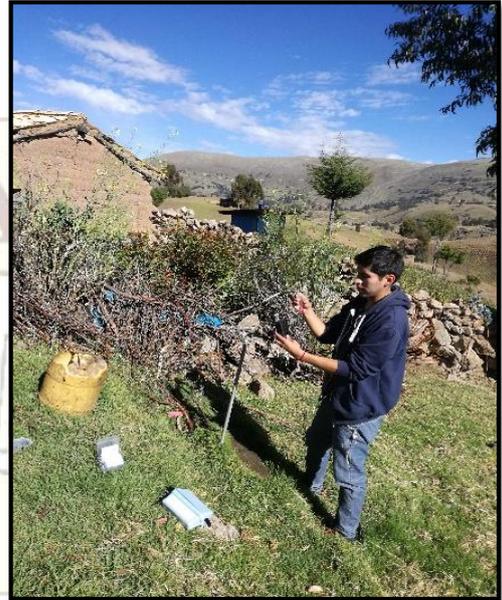
PERU



*Fotografía A 5. Instalación del sistema de cloración por goteo con flotador adaptado.*



*Fotografía A 6. Preparación de la solución madre, con Hipoclorito de Calcio.*



WANKA WILLKA



PERU



Fotografía A 7. Medición del cloro residual del sistema de cloración por goteo con flotador adaptado.





*Fotografía A 8. Instalación del sistema de cloración por goteo por embalse*



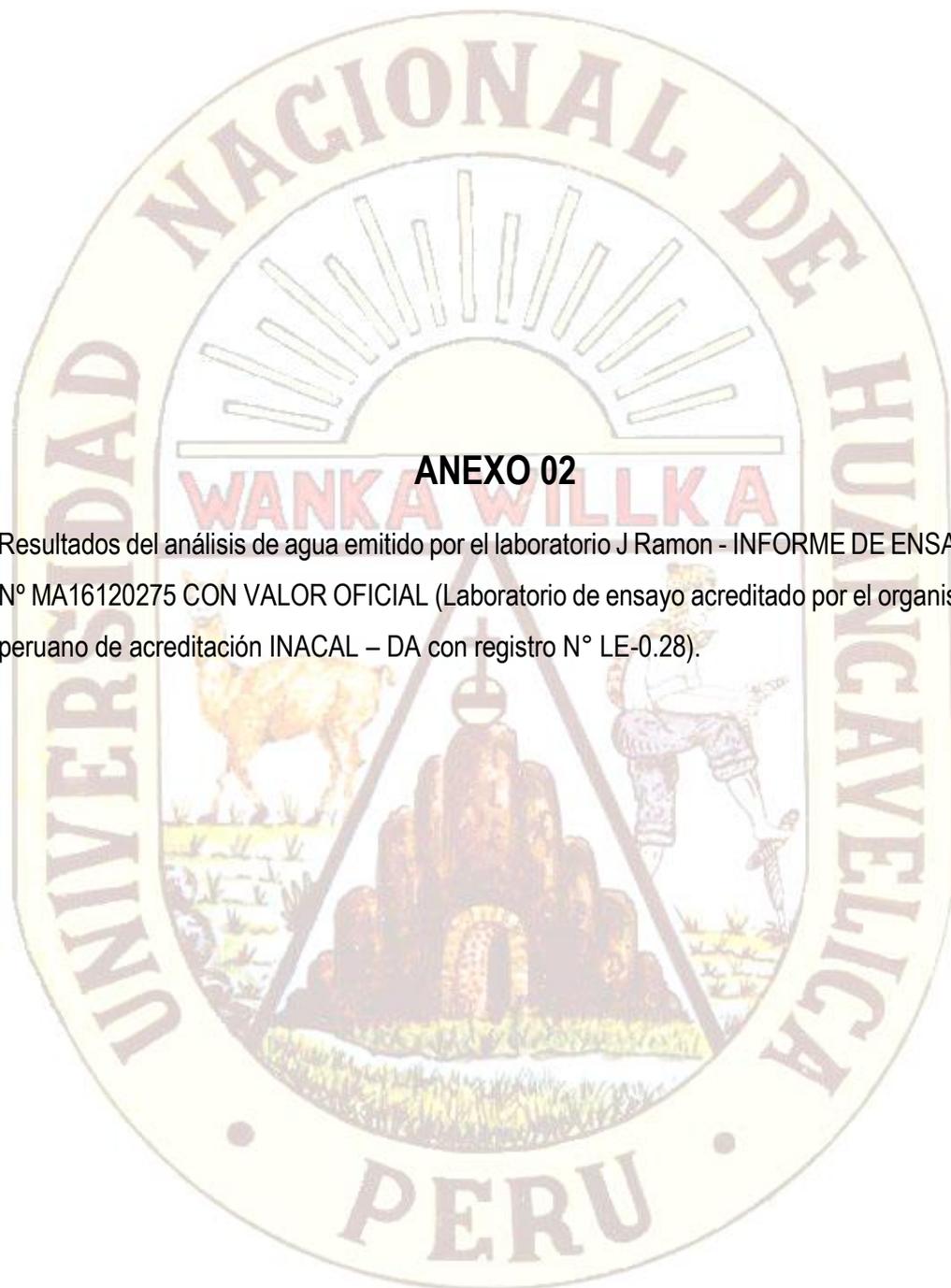


WANKA WILLKA



**Fotografía A 9.** Medición del cloro residual del sistema de cloración por goteo por embalse.

PERU



## **ANEXO 02**

Resultados del análisis de agua emitido por el laboratorio J Ramon - INFORME DE ENSAYO N° MA16120275 CON VALOR OFICIAL (Laboratorio de ensayo acreditado por el organismo peruano de acreditación INACAL – DA con registro N° LE-0.28).



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA  
CON REGISTRO N° LE - 028**



**INFORME DE ENSAYO N° MA16120275  
CON VALOR OFICIAL**

**Nombre del Cliente** : ANTHONY FRANKLIN LANDEO ESPEZA  
**Domicilio Legal** : Av. 28 de Abril N° 1135  
**Solicitado Por** : ANTHONY FRANKLIN LANDEO ESPEZA  
**Referencia** : RELACIÓN DE LOS MÉTODOS POR GOTEY Y LA EFICIENCIA DEL CLORO RESIDUAL EN LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE CLORACIÓN EN ZONAS RURALES

**DATOS DE LA MUESTRA**

**Procedencia** : HUANCVELICA-ACOBAMBA-PAUCARA-LIRPANCCA      **Fecha de Muestreo** : 25/05/2017  
**Plan de Muestreo** : Realizado por el Cliente      **Fecha de Recepción** : 26/05/2017  
**Cantidad de Muestras** : 1      **Fecha Inicio Ensayo** : 26/05/2017  
**Condición de la Muestra** : Frascos de plástico y/o vidrio, preservados y refrigerados

**MÉTODOS DE ENSAYO**

Parámetros	Normas
Aniones (fluoruros, cloruros, nitratos, nitritos, fosfatos, sulfatos)	JRAMON-AG-01. (Basado EPA 300.1), Rev 01, 2014
Color	SM Part 2120 C, 22nd Ed., 2012
Conductividad	SM Part 2510 B, 22nd Ed., 2012
Conteo de heterótrofos en placa (*)	SM Part 9215 B, 22nd Ed. 2012
Dureza total (*)	SM Part 2340 C, 22nd Ed., 2012
Mercurio total	SM Part 3112 B, 22nd Ed., 2012
Metales Totales (ICP)	EPA Method 200.7, Revisión 4.4, May 1994
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes (NMP)	SM Part 9221 E, 22nd Ed. 2012
Numeración de Coliformes Totales (NMP)	SM Part 9221 B, 22nd Ed. 2012
pH Referencial en Aguas (*)	SM 4500 H <sup>+</sup> B
Turbiedad	SM Part 2130-B, 22nd Ed, 2012

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

SIGLAS: "SM": Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF, "EPA": U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes.

**USO DEL INFORME**

- 1 - El presente informe solo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2 - El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras dirimentes en el caso que sean solicitadas por el cliente o la entidad licitante serán descartadas a los 30 días calendario de la fecha de emisión de este documento, salvo que su perecibilidad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia será definido por los requisitos del método empleado.
- 3 - el presente informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal. Está prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramón del Perú S.A.C.
- 4 - Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Más de 45 años al servicio de la Minería y el Medio Ambiente. Visítenos en : [www.jramoncorp.com](http://www.jramoncorp.com)





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA  
CON REGISTRO N° LE - 028



INFORME DE ENSAYO N° MA16120275  
CON VALOR OFICIAL

Cod. Cliente		HUASCAPUQUIO	
Cod. Lab.		1623203	
Tipo de Producto		Agua N. Subterránea	
Fecha de Muestreo		25/05/2017	
Hora de Muestreo		10:55	
Cadena de Custodia		41994	
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados
<b>Metales Totales (ICP)</b>			
Aluminio	mg/L	0.0185	0,0232
Antimonio	mg/L	0.006	<0,006
Arsénico	mg/L	0.0092	<0,0092
Bario	mg/L	0.0013	0,1289
Berilio	mg/L	0.0006	<0,0006
Bismuto (*)	mg/L	0.008	<0,008
Boro	mg/L	0.0016	0,0138
Cadmio	mg/L	0.0017	<0,0017
Calcio	mg/L	0.046	32,61
Cerio	mg/L	0.0074	<0,0074
Cobalto	mg/L	0.0064	<0,0064
Cobre	mg/L	0.0025	<0,0025
Cromo	mg/L	0.0016	<0,0016
Estaño	mg/L	0.0138	<0,0138
Estroncio	mg/L	0.0018	0,0857
Fósforo	mg/L	0.0228	0,0244
Hierro	mg/L	0.0083	<0,0083
Litio	mg/L	0.002	0,004
Magnesio	mg/L	0.0146	2,911
Manganeso	mg/L	0.0012	<0,0012
Molibdeno	mg/L	0.0046	<0,0046
Niquel	mg/L	0.0064	<0,0064
Plata	mg/L	0.002	<0,002
Plomo	mg/L	0.003	<0,003
Potasio	mg/L	0.0296	0,7345
Selenio	mg/L	0.0079	<0,0079
Silicio	mg/L	0.0202	6,380
Sodio	mg/L	0.0284	4,178
Talio	mg/L	0.0126	<0,0126
Titanio	mg/L	0.0012	0,0274
Vanadio	mg/L	0.0028	<0,0028
Zinc	mg/L	0.0075	<0,0075

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

USO DEL INFORME

- 1.- El presente informe solo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2.- El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras dirimentes en el caso que sean solicitadas por el cliente o la entidad licitante serán descartadas a los 30 días calendarios de la fecha de emisión de este documento, salvo que su perecibilidad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia será definido por los requisitos del método empleado.
- 3.- el presente informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal. Está prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramon del Perú S.A.C.
- 4.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Más de 45 años al servicio de la Minería y el Medio Ambiente. Visítenos en : [www.jramoncorp.com](http://www.jramoncorp.com)





LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA  
CON REGISTRO N° LE - 028



INFORME DE ENSAYO N° MA16120275  
CON VALOR OFICIAL

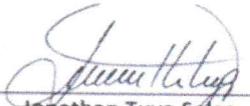
Cod. Cliente	HUASCAPUQUIO		
Cod. Lab.	1623203		
Tipo de Producto	Agua N. Subterránea		
Fecha de Muestreo	25/05/2017		
Hora de Muestreo	10:55		
Cadena de Custodia	41994		
Parámetros	Unidad	L.D.	Resultados
Color	U.C.	1.13	<1,13
Conductividad	µS/cm	r	272,4
Conteo de heterótrofos en placa (*)	UFC/mL	1	5 100
Dureza total (*)	mg/L CaCO <sub>3</sub>	1	94
Mercurio total	mg/L	0.0001	<0,0001
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes (NMP)	NMP/100mL	1.8	11,0
Numeración de Coliformes Totales (NMP)	NMP/100mL	1.8	49,0
pH Referencial en Aguas (*)	Und. pH	r	7,2
Turbiedad	NTU	0.27	0,48
<b>Aniones (Fluoruros, Cloruros, Nitratos, Nitritos, Fosfatos, Sulfatos)</b>			
Cloruros	mg/L	0.015	2,100
Nitratos	mg NO <sub>3</sub> -N/L	0.001	2,969
Sulfatos	mg/L	0.015	34,43

Leyenda: L.D = Limite de detección r = Resolución

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

Tiempo de Perecibilidad de Muestras		
Color : 48horas	Aniones por Cromatografía Ionica : 2días	Turbiedad, Bacterias Heterotrofas : 24horas
Mercurio Total y Disuelto, Metales Totales y Disueltos por ICP, Dureza Total : 26días		

Lurín, 01 de Junio del 2017

  
**Jonathan Tuya Salas**  
Supervisor de Lab. Biológico  
CBP 11271

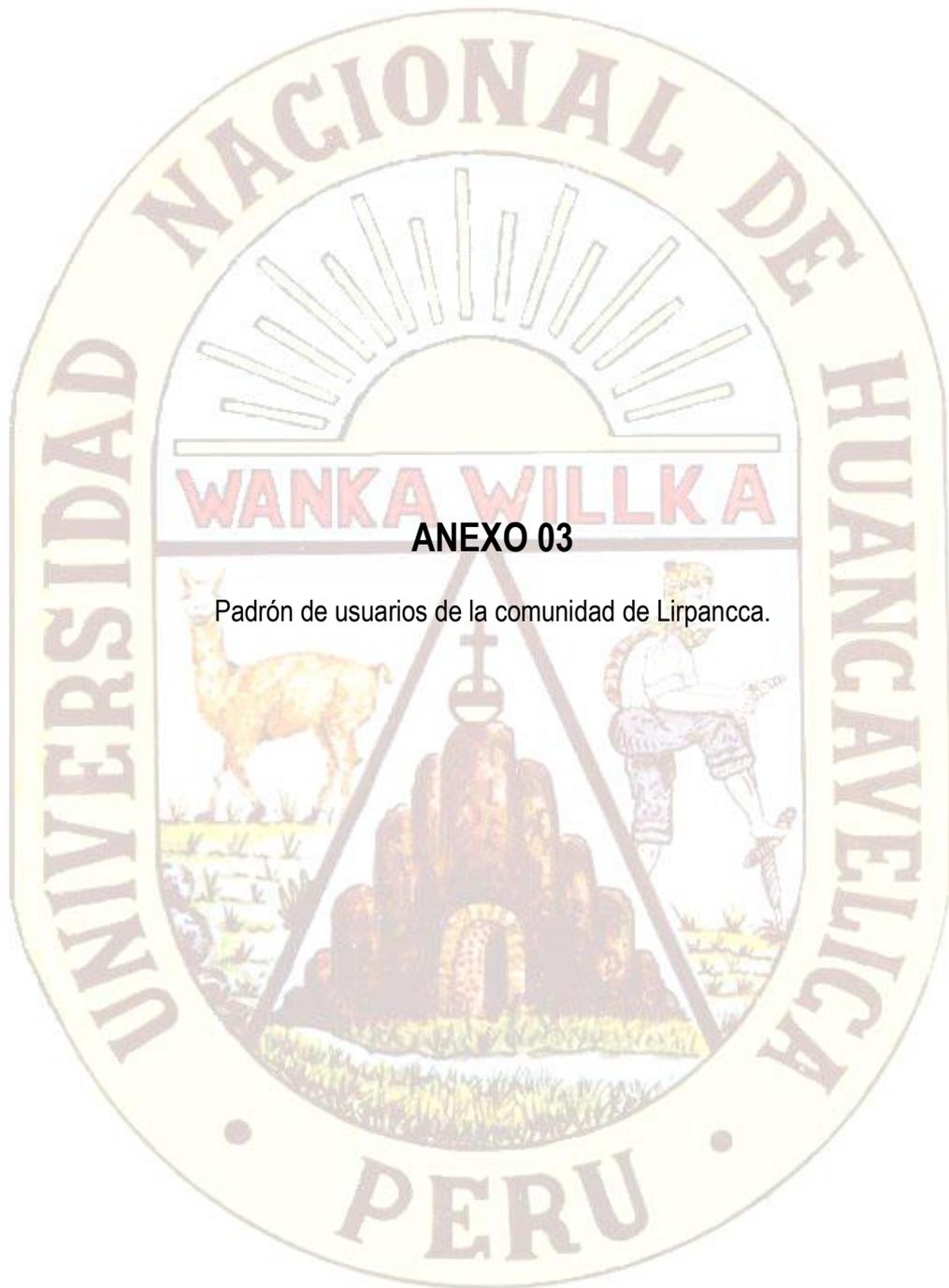
  
**Milagros Ramirez Arroyo**  
Jefe de Operaciones Medio Ambiente  
CQP 689

USO DEL INFORME

- 1.- El presente informe solo es válido para el lote de muestras de la referencia.
- 2.- El lote de muestras que incluye el presente informe y/o muestras dirimientes en el caso que sean solicitadas por el cliente o la entidad licitante serán descartadas a los 30 días calendarios de la fecha de emisión de este documento, salvo que su perecibilidad exija un periodo menor, en este caso el periodo de custodia será definido por los requisitos del método empleado.
- 3.- el presente informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y es regulada de acuerdo a las leyes vigentes tanto en materia civil como penal. Está prohibida la reproducción parcial o total del presente informe, salvo autorización escrita de J. Ramón del Perú S.A.C.
- 4.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Más de 45 años al servicio de la Minería y el Medio Ambiente. Visítenos en : [www.jramoncorp.com](http://www.jramoncorp.com)



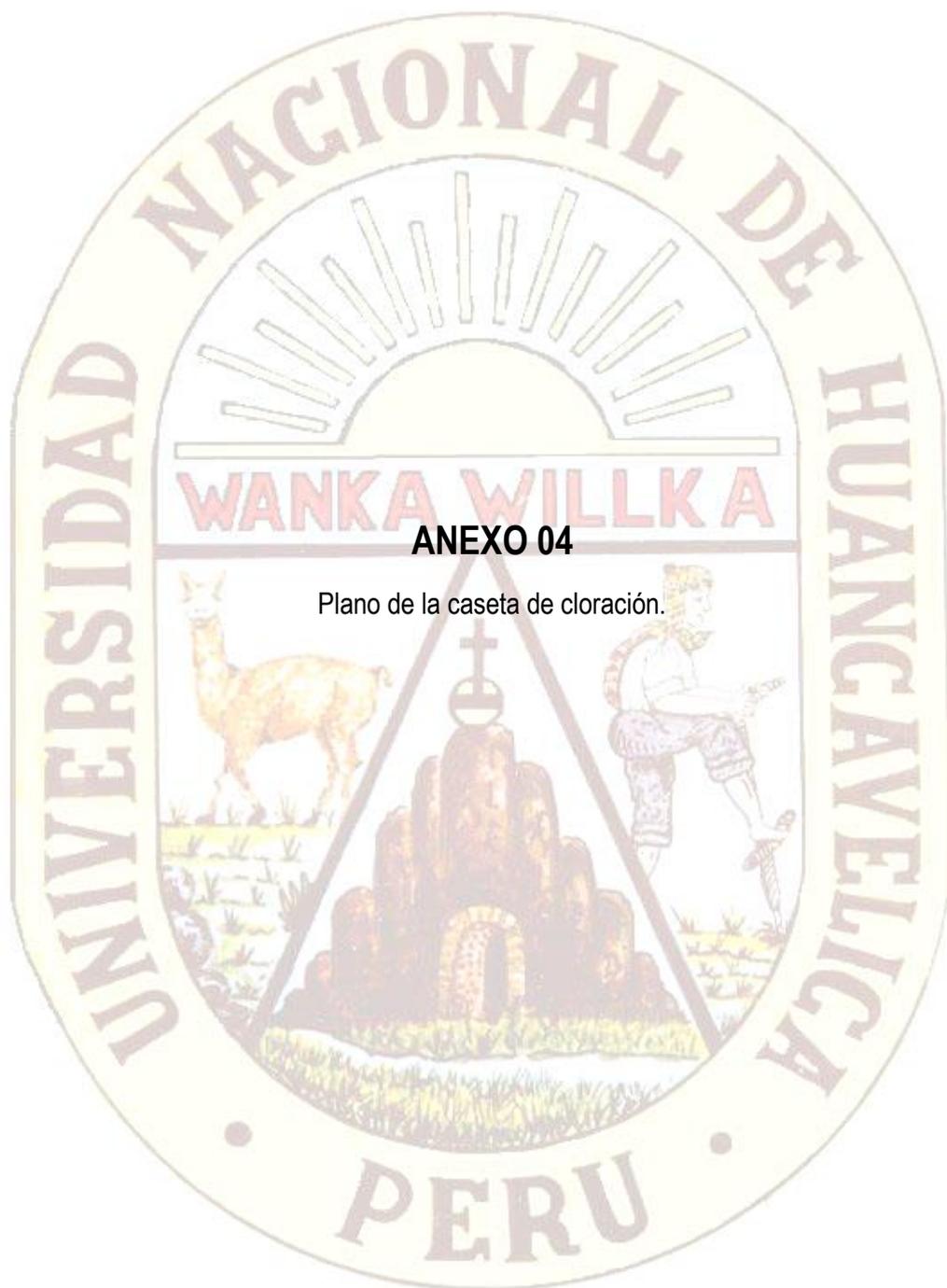


**ANEXO 03**

Padrón de usuarios de la comunidad de Lirpancca.

## PADRÓN DE BENEFICIARIOS - LIRPANCCA

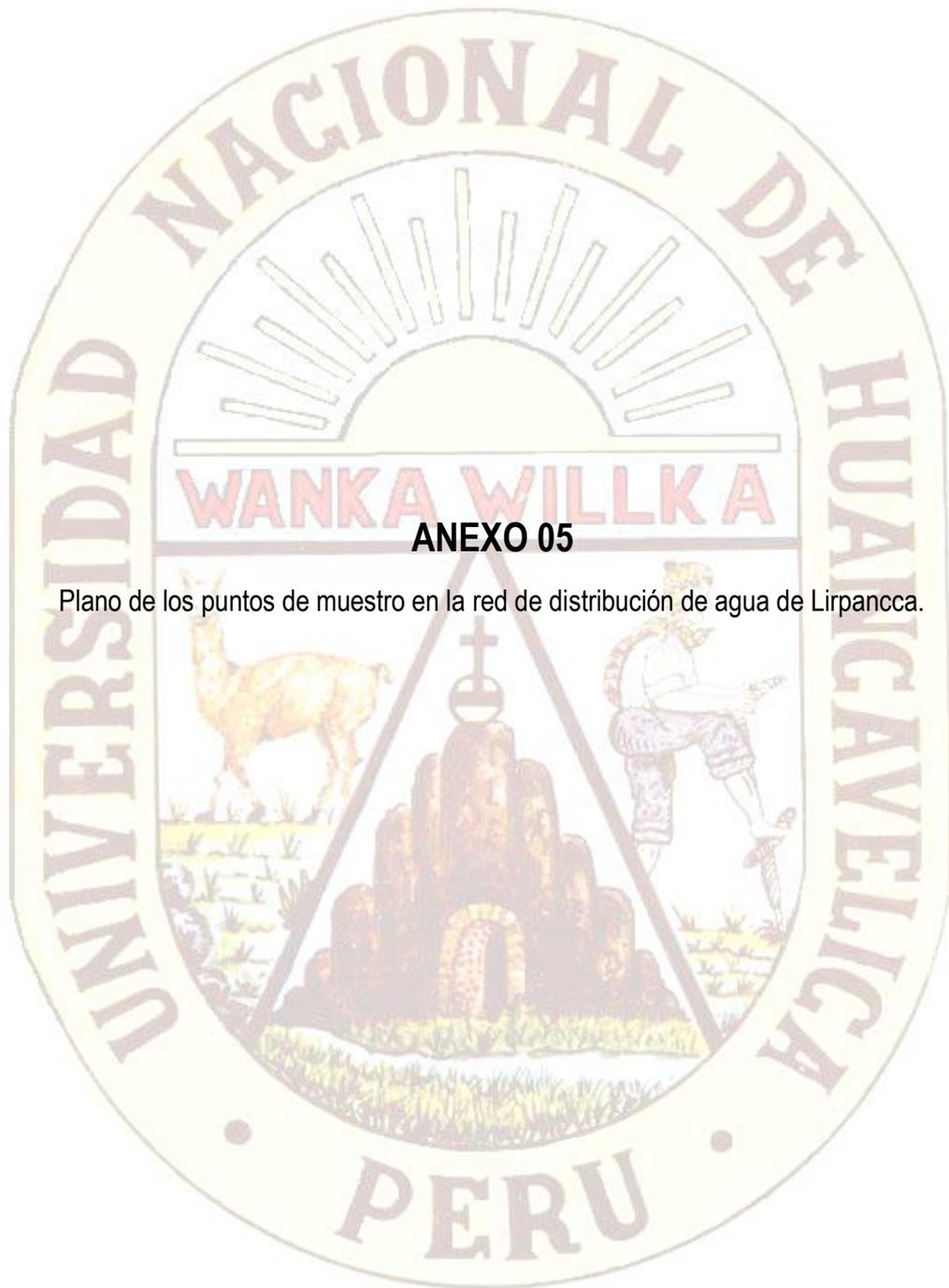
N° VIVIENDA	NOMBRES Y APELLIDOS	DNI	N° DE HABITANTES
1	ROSALIA HUARCAYA MUÑOZ	23371843	6
2	SANTIAGO DE LA CRUZ DIAZ	23373925	7
3	FRANCISCO TANTAHUILLCA DE LA CRUZ	23371423	5
4	CEPIRIANA GUZMAN ESCOBAR	23383527	6
5	AQUILINA CARBONE RODRIGUEZ	23374246	4
6	BASILIO DE LA CRUZ HUAMANI	23374324	7
7	NICOLAS HUARCAYA MAYHUA	23561836	7
8	CELESTINO HUAMANI MALLASCA	40722752	5
9	PAULINA JUAREZ LIZANA	40927431	6
10	MARCIAL SANCHEZ LIZANA	23561743	7
11	MIGUEL DE LA CRUZ HUAMANI	23562742	3
12	ANTONIA HUAMNI SULLCA	45931482	2
13	VIVIANA ESCOBAR TAIFE	40722615	7
14	YOLANDA CUAREZ HUAMAN	45131967	6
15	KARINA HUAMANI PAYTAN	45691067	5
16	PAULA HUARCAYA MUÑOZ	45939461	5
17	ALEJANDRO HUAMANI SULLCA	41932314	8
18	IRENEO CESAR LANDEO PEREZ	46535921	6
19	JESUS SANCHEZ ESCOBAR	23372072	5
20	PELAGIA HUAMAN HUAMANI	44805302	4
21	VICTOR MALLASCA MUNOZ	23373235	5
22	MAXIMILIANA MALLASCA TARDEO	23371428	4
23	MARITHZA VERA MATOS	19806241	5
24	MAURICIA PEREZ PARIONA	23563169	4
25	VICENTA MALLASCA TANTAHUILLCA	42335059	5
26	MARGARITA LANDEO PARIONA	23373898	7
27	PAULINO PEREZ TORRE	23374407	7
28	MARIANO CUAREZ ESCOBAR	23561771	5
29	MAURA HUAMAN ESCOBAR	23374431	6
30	FREDY MALLASCA TANTAHULLCA	43984062	5
31	ELIAS MALLASCA TANTAHUILLCA	23374437	4
<b>TOTAL</b>			<b>168</b>



## ANEXO 04

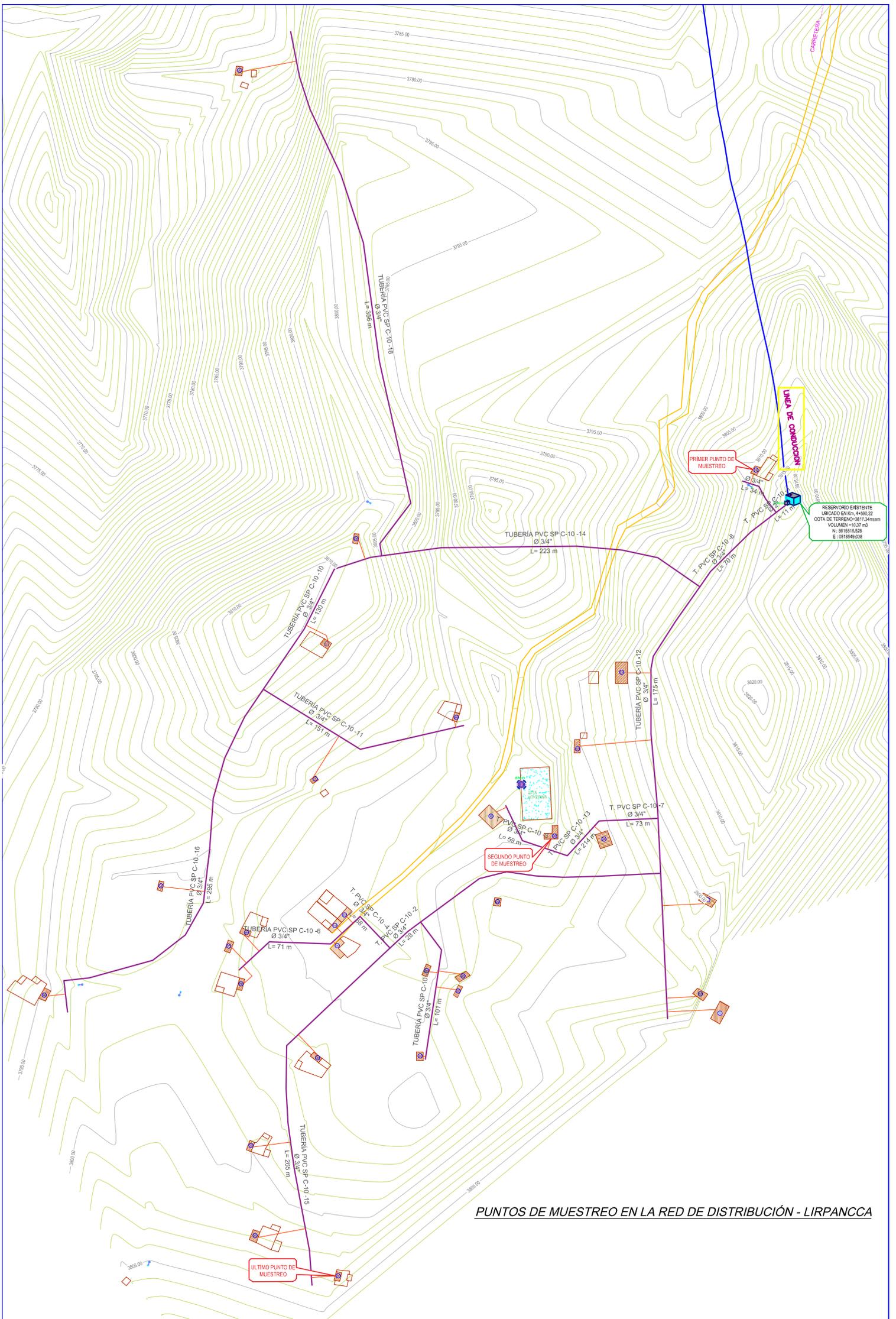
Plano de la caseta de cloración.



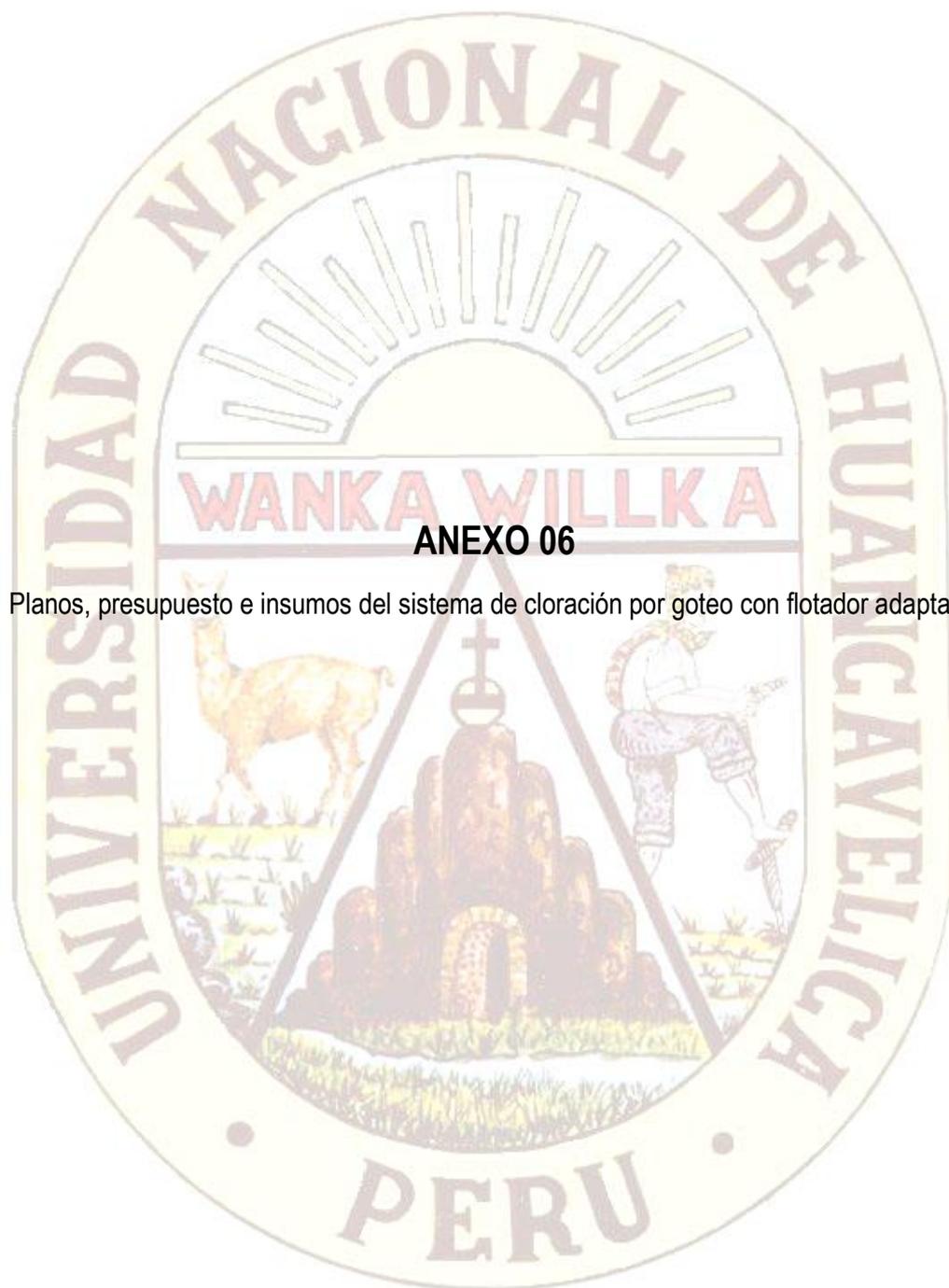


### ANEXO 05

Plano de los puntos de muestro en la red de distribución de agua de Lirpancca.

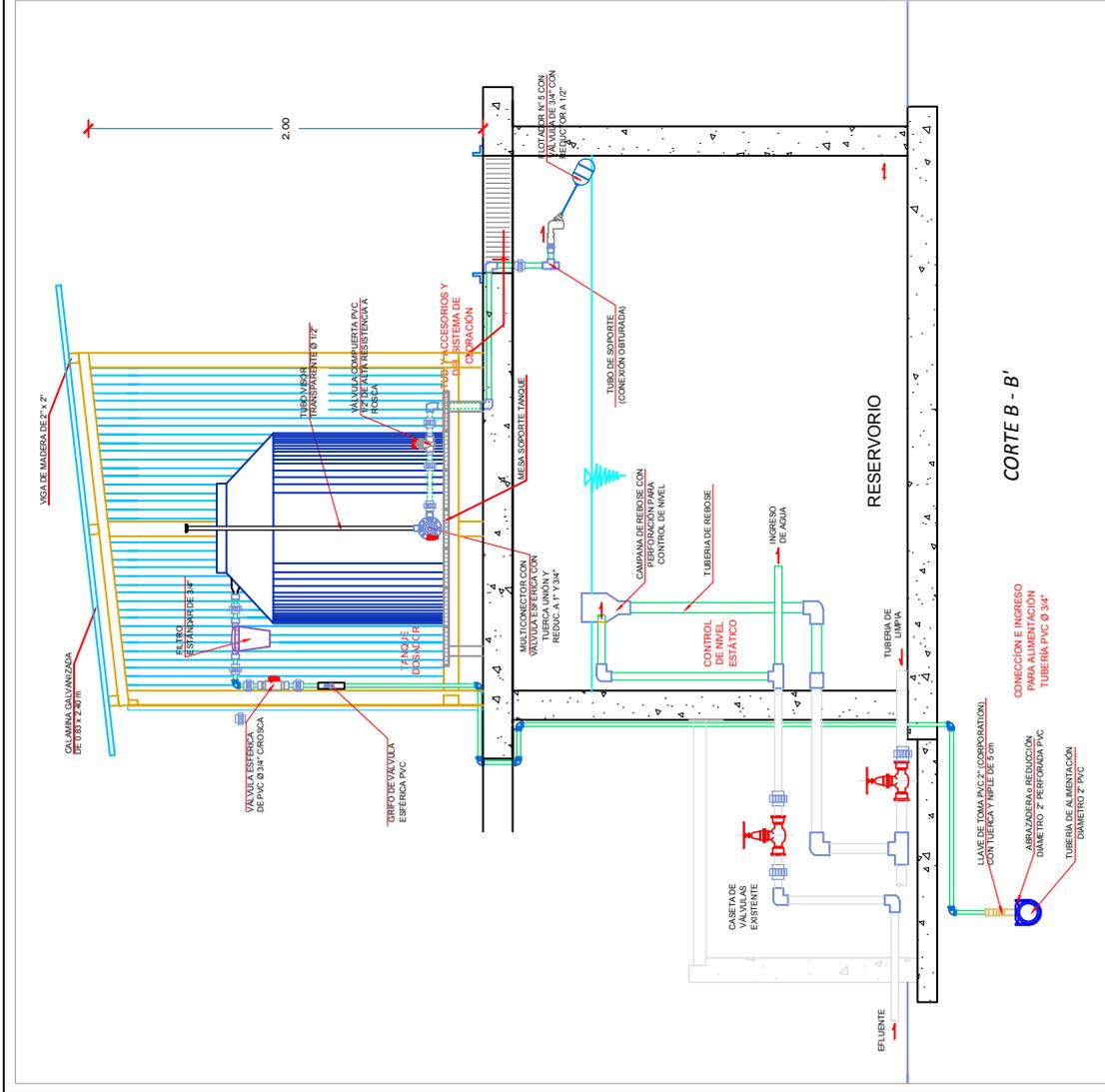


**PUNTOS DE MUESTREO EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN - LIRPANCCA**

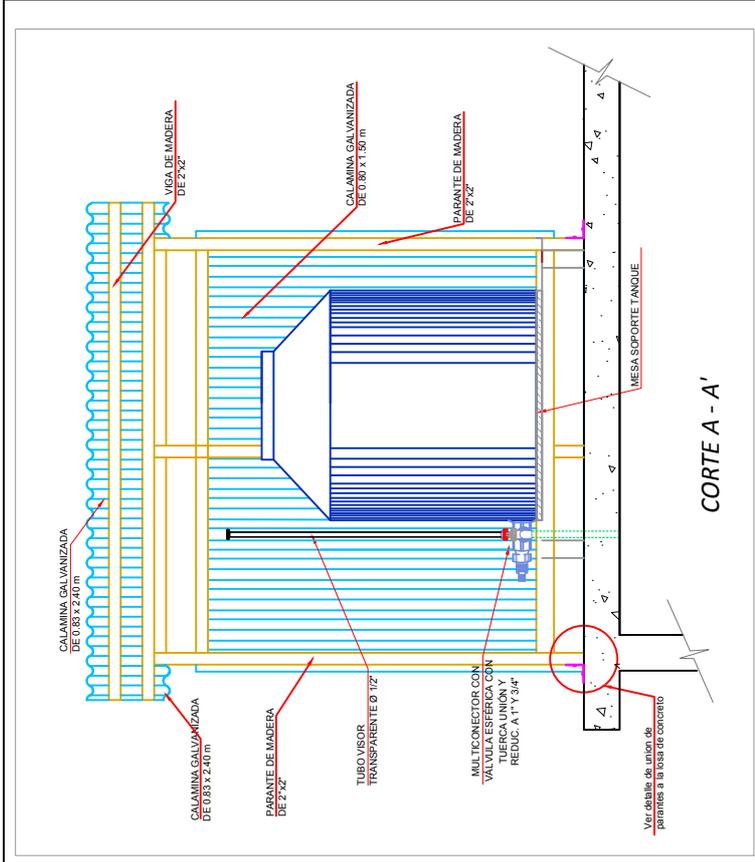


### ANEXO 06

Planos, presupuesto e insumos del sistema de cloración por goteo con flotador adaptado.



CORTE B - B'



CORTE A - A'

ACCESORIOS	UNID.	CANT.
<b>FLOTADOR ADAPTADO</b>		
Tubo de PVC 3/4" x 20cm.	und.	03
Tubo de PVC 3/4" x 8cm.	und.	03
Codos de PVC x 90° de Ø 3/4"	und.	04
Tee de PVC de 3/4"	und.	02
Niple de PVC de 3/4" x 5" c/roscas	und.	01
Tapón de PVC de Ø 3/4" hembra (cortar con sierra una tapa Ø 1 1/8")	und.	01
Manguera flexible (diam. interior 4mm. y exterior 6mm.)	m	2.0
<b>GUIA DE HILO NYLON</b>		
Tubo de PVC de Ø 1/2" longitud igual a la altura del tanque dosador	und.	01
Tubo de PVC de Ø 1/2" longitud diam. del tanque dosador	und.	01
Tubo de PVC de Ø 1/2" de 4cm.	und.	01
Codo de PVC x 45° de Ø 1/2"	und.	02
Codo de PVC x 90° de Ø 1/2"	und.	01
Tapón de PVC de Ø 1/2" hembra	und.	01
Hilo nylon	m	2.0

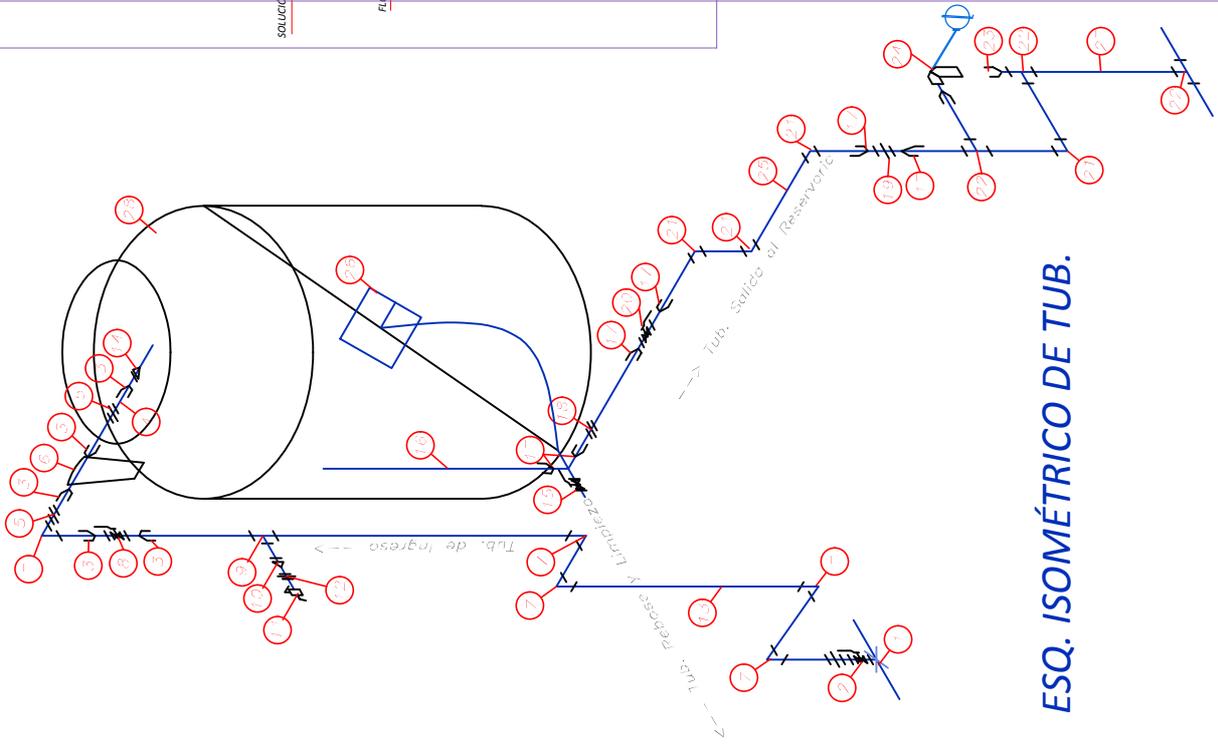
Proyecto: "RELACION DE LOS MÉTODOS POR GOTEO Y LA EFICIENCIA DEL CLORO RESIDUAL EN LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE CLORACIÓN EN ZONAS RURALES "

Universidad Nacional de Huancavelica

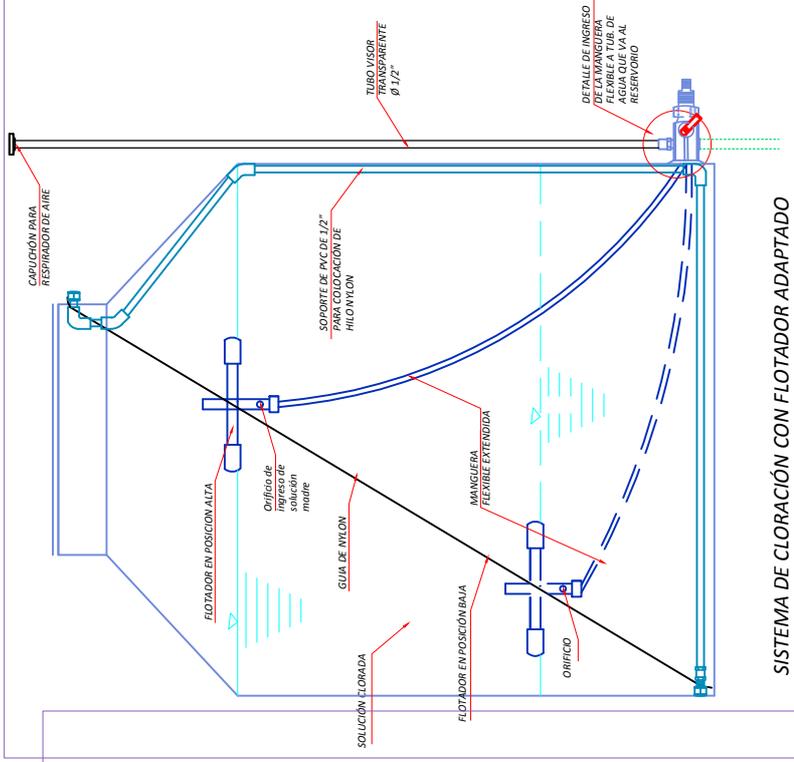
Folio: SC-1

Ubicación: URBANICA  
 DISTRITO: PALOCHA  
 PROVINCIA: ACCOBAMBA  
 REGION: HUANCABELICA

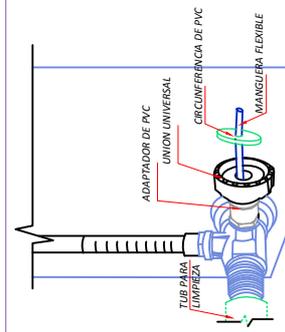
Fecha: 18/05/2018



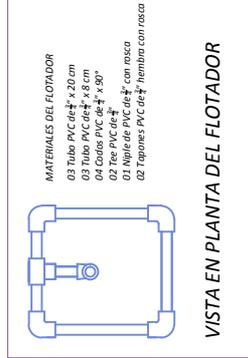
**ESQ. ISOMÉTRICO DE TUB.**



**SISTEMA DE CLORACIÓN CON FLOTADOR ADAPTADO**



**DETALLE DE INGRESO DE LA MANGUERA FLEXIBLE A TUB. DE AGUA QUE VA AL RESERVORIO**



**VISTA EN PLANTA DEL FLOTADOR**

- MATERIALES DEL FLOTADOR**
- 03 Tubo PVC de 1/2" x 20 cm
  - 03 Tubo PVC de 1/2" x 5m
  - 04 Codo PVC de 1/2" x 90°
  - 01 Niple de PVC de 1/2" con rosca
  - 02 Tapones PVC de 1/2" herméticos con rosca

N°	ACCESORIOS	UNID.	CANT.
<b>CONEXIÓN E INGRESO AL TANQUE DOSADOR</b>			
1	Abrazadera o Reducción PVC de 2" a 3/4"	und.	01
2	Llave de toma PVC (corporación) de 3/4" con tuerca y niple de 5 cm	und.	01
3	Adaptador UPR de PVC de 3/4"	und.	05
4	Niple de PVC de 3/4" x 15 cm	und.	02
5	Unión universal de PVC de 3/4" c/ rosca	und.	06
6	Filtro Estándar de 3/4" (viene incluido con el tanque)	und.	01
7	Codo de PVC x 90° de 3/4"	und.	07
8	Válvula esférica PVC de 3/4" c/ rosca	und.	01
9	Tee de PVC 3/4" presión	und.	01
10	Reducción de PVC de 3/4" a 1/2" presión	und.	01
11	Grifo de esfera 1/2" con salida manguera a 1/2"	und.	01
12	Unión mixta PVC 1/2" rosca y presión	und.	01
13	Tubo de PVC de 3/4" x 5m	und.	02
14	Reducción de PVC de 2" a 3/4"	und.	01
<b>SISTEMA DE CLORACIÓN CON FLOTADOR ADAPTADO</b>			
15	Multiconector c/ válvula esférica c/ tuerca unión y reduc. a 1" y 3/4" (incl. el tanque)	und.	01
16	Tubo visor de 1/2" inc. capuchón (viene incluido con el tanque)	ml.	02
17	Adaptador UPR de PVC de 1/2"	und.	06
18	Unión universal de PVC de 1/2" presión	und.	01
19	Unión universal de PVC de 1/2" c/ rosca	und.	02
20	Válvula compuerta PVC 1/2" de alta resistencia c/ rosca	und.	01
21	Codo de PVC x 90° de 1/2"	und.	04
22	Tee de PVC de 1/2"	und.	03
23	Cono de reboses PVC de 2" a 1/2"	und.	01
24	Flotador N° 5 con válvula de 3/4" con reductor a 1/2" (incl. el tanque)	und.	01
25	Tubo de PVC de 1/2" x 5m	und.	02
26	Flotador Adaptado de PVC 3/4" con guía de hilo nylon	glb.	01
27	Tubo de PVC de 1/2" con perforaciones de 1/4"	glb.	01
<b>TANQUE DOSADOR DE 250 lts</b>			
28	Tanque dosador de 600 lts	und.	01
	Filtro Estándar de 3/4"	und.	01
	Tubo visor de 1/2"	ml.	02
	Flotador N° 5 con válvula de 3/4" con reductor a 1/2"	und.	01
	Multiconector con válvula esférica 1" con tuerca unión	und.	01
<b>CONTROL DE NIVEL ESTÁTICO</b>			
29	Cono reboses PVC de 4" x 2"	und.	01
30	Tubo de PVC de 2" x 5m	und.	01
31	Codo de PVC x 90° de 2"	und.	01
32	Tubo de PVC de 2" x 5m	und.	01
33	Codo de PVC x 90° de 2"	und.	01
34	Tee de PVC de 2"	und.	01

Proyecto: "RELACION DE LOS MÉTODOS POR GOTEO Y LA EFICIENCIA DEL CLORO RESIDUAL EN LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE CLORACIÓN EN ZONAS RURALES "

Unidad: LIRPANCA  
 Lugar: LIRPANCA  
 Distrito: FAUGARA  
 Provincia: ACORONIA  
 Región: HUANCVELICA

Fecha: MAYO 2018

ISC-1

Instalación de ACCESORIOS-SISTEMA DE CLORACIÓN POR GOTEO CON FLOTADOR ADAPTADO

Proyectista: [Nombre]

Cooperante: [Nombre]

**UNIVERSIDAD DE HUANCVELICA**

## Presupuesto

Presupuesto 1103004 SISTEMA DE CLORACION POR GOTEO CON FLOTADOR ADAPTADO  
 Subpresupuesto 001 SISTEMA DE CLORACION Y DESINFECCION  
 Cliente LANDEO ESPEZA, ANTHONY  
 Lugar HUANCAVELICA - HUANCAVELICA - HUANCAVELICA

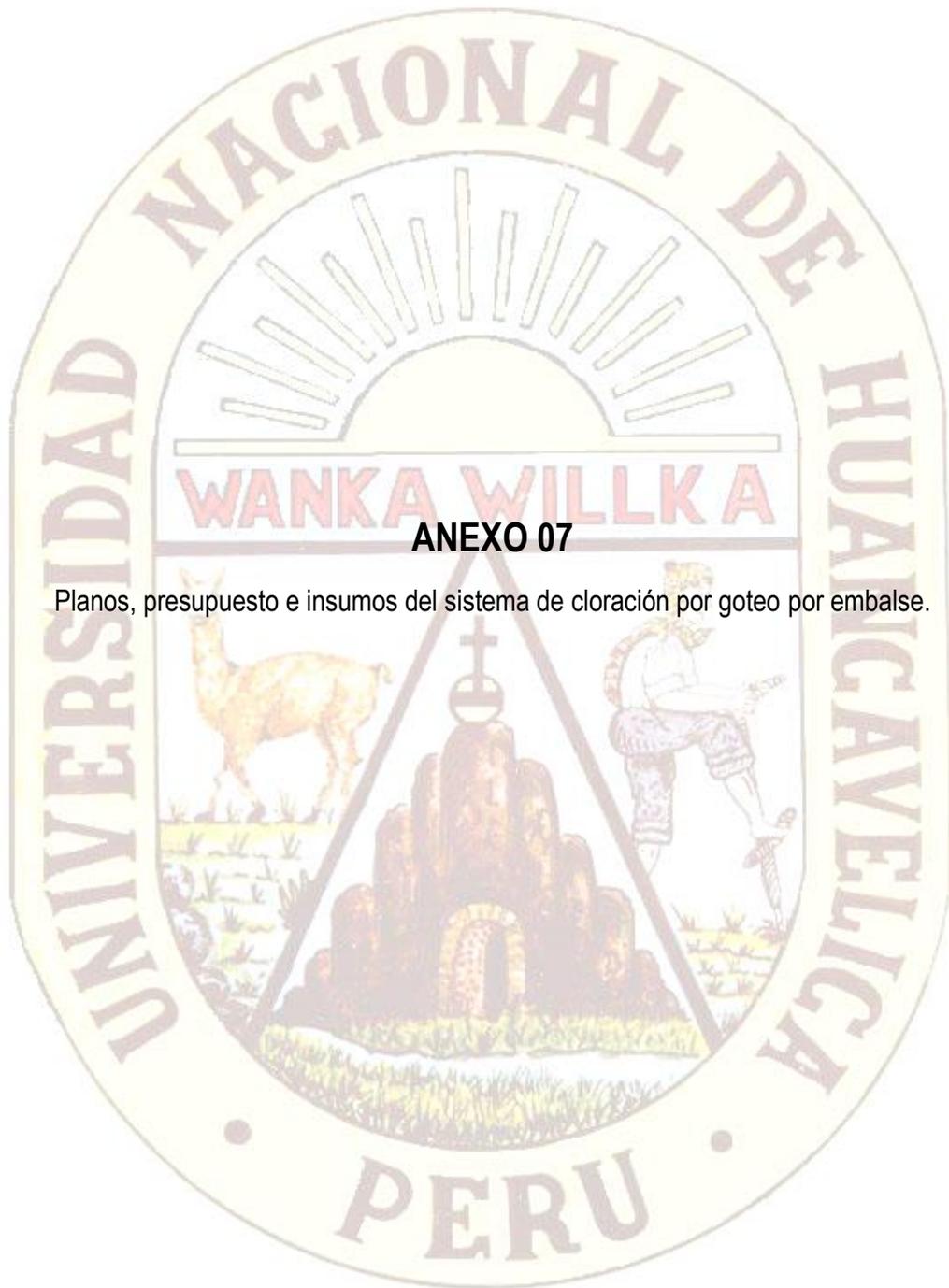
Costo al 26/04/2018

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
001	SISTEMA DE CLORACION POR GOTEO CON FLOTADOR ADAPTADO				2,960.03
001.01	CASETA DE MADERA				1,346.84
001.01.1	SUM. E INST. CASETA 1.8mX1.8m H=2.00m C/PLN DE CALAMINA e=0.18mm, C/MADERA 2"x3" Y COBERTURA DE CALAMINA	glb	1.00	1,346.84	1,346.84
001.02	SISTEMA DE CLORACION TANQUE DOSADOR DE 250L				1,613.19
001.02.1	SUM. E INST. SISTEMA DE CLORACION POR GOTEO CON FLOTADOR ADAPTADO TANQUE DE 600 lts	glb	1.00	1,613.19	1,613.19
	<b>Costo Directo</b>				<b>2,960.03</b>
	<b>SON : DOS MIL NOVECIENTOS SESENTA Y 03/100 NUEVOS SOLES</b>				

### Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra **1103004** SISTEMA DE CLORACION POR GOTEJO CON FLOTADOR ADAPTADO  
 Subpresupuesto **001** SISTEMA DE CLORACION Y DESINFECCION  
 Fecha **01/04/2018**  
 Lugar **090101** HUANCAVELICA - HUANCAVELICA - HUANCAVELICA

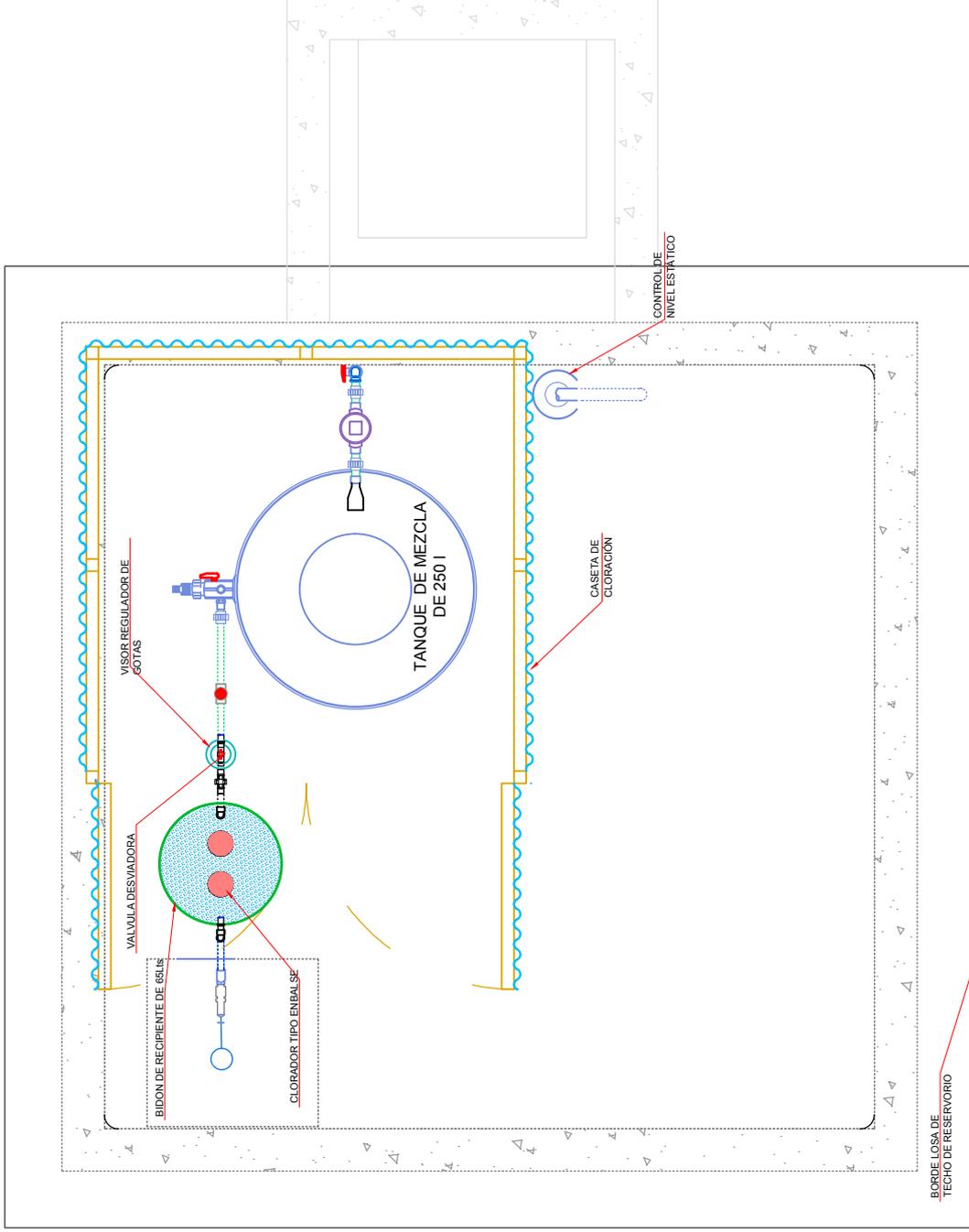
Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>MANO DE OBRA</b>					
0101010003	OPERARIO	hh	32.0000	21.00	672.00
0101010005	PEON	hh	32.0000	15.33	490.56
					<b>1,162.56</b>
<b>MATERIALES</b>					
02041200010009	CLAVOS PARA MADERA DE 2"	kg	1.0000	5.00	5.00
02041200010010	CLAVOS PARA MADERA DE 3"	kg	1.0000	5.00	5.00
02041200010011	CLAVOS DE CALAMINA	kg	3.0000	7.00	21.00
02041200010012	TIRAFONDO CABEZA HEXAGONAL 3/8 X 3 1/4 INC. TARUGO	und	12.0000	8.00	96.00
02041200010013	TORNILLO AUTOPERFORANTE 2"	und	12.0000	1.00	12.00
02041200010014	ANGULO 3" X 3" X 1/4"	und	6.0000	5.00	30.00
02041200010015	MADERA DE 2" X 3" X 10'	und	9.0000	12.50	112.50
02041200010016	MADERA DE 2" X 2" X 10'	und	6.0000	10.00	60.00
02041200010017	CALAMINA GALVANIZADA DE 2.4X0.80X0.18MM	und	3.0000	25.00	75.00
02041200010018	CALAMINA GALVANIZADA DE 1.8X0.80X0.18MM	und	12.0000	20.00	240.00
02041200010019	MADERA DE 1" X 8" X 10'	und	4.0000	20.00	80.00
0204240032	Abrazadera PVC de 2" a 3/4"	und	1.0000	6.00	6.00
0204240033	Adaptador UPR de PVC de 1/2"	und	6.0000	2.00	12.00
0204240034	Adaptador UPR de PVC de 3/4"	und	5.0000	3.00	15.00
0204240035	Cinta Teflon	und	10.0000	1.00	10.00
02051000010020	CODO PVC SAP 1/2" X 90° A PRESION	und	6.0000	1.50	9.00
02051000010021	CODO PVC SAP 1/2" X 45° A PRESION	und	2.0000	1.50	3.00
02051000010022	CODO PVC SAP 2" X 90°	und	2.0000	7.00	14.00
02051000010024	CODO PVC SAP 3/4" X 90° A PRESION	und	11.0000	2.00	22.00
02051000010025	Cono de rebose PVC de 2" a 1/2"	und	1.0000	7.00	7.00
02051000010026	Cono rebose PVC de 4"x 2" (al diámetro de rebose del reservorio)	und	1.0000	18.00	18.00
02051000010027	Grifo de esfera PVC de 1/2" con salida manguera a 1/2"	und	1.0000	13.00	13.00
02120400010004	Reducción de PVC de 3/4" a 1/2" presión	und	1.0000	1.50	1.50
02120400010006	Tapon de PVC de 1/2" hembra	und	1.0000	1.50	1.50
02120400010007	Tapón de PVC de 2" hembra	und	1.0000	7.00	7.00
02120400010008	Tapón de PVC de 3/4" hembra c/ rosca	und	1.0000	2.00	2.00
02120400010009	Tanque dosador de 250 lts inc. Kid accesorios	und	1.0000	500.00	500.00
02150200020005	Hilo nylon	m	2.0000	1.00	2.00
02150200020006	Llave de toma PVC (corporation) de 3/4" con tuerca y niple de 5 cm	und	1.0000	24.00	24.00
02150200020007	Niple de PVC de 3/4" x 15 cm c/rosca	und	3.0000	3.50	10.50
02150200020008	Reducción de PVC de 2" a 3/4"	und	1.0000	5.50	5.50
02150300010005	Tee de PVC de 3/4" presión	und	3.0000	2.00	6.00
02150300010006	Tee de PVC de 1/2" presión	und	3.0000	1.50	4.50
02150300010007	Tee de PVC de 2"	und	1.0000	13.00	13.00
02150300010008	Tubo de PVC de 3/4" x 5m	und	3.5000	12.50	43.75
02150300010009	Tubo de PVC de 1/2" x 5m	und	3.0000	9.00	27.00
02150300010010	Tubo de PVC de 2" x 5m	und	0.5000	56.00	28.00
02150300010011	Tubo de PVC de 3" x 5m	und	0.5000	120.00	60.00
02150300010012	Tubo visor transparente Ø 1/2"	und	1.0000	5.00	5.00
02150300010013	Unión mixta PVC de 1/2" rosca y presión	und	1.0000	2.00	2.00
02150300010014	Unión universal de PVC de 1/2" c/ rosca	und	3.0000	6.00	18.00
02150300010015	Unión universal de PVC de 1/2" presión	und	2.0000	6.00	12.00
02150300010016	Unión universal de PVC de 3/4" c/rosca	und	6.0000	7.00	42.00
02150300010017	Válvula compuerta PVC 1/2" de alta resistencia c/rosca	und	1.0000	10.00	10.00
02150300010018	Válvula esférica PVC de 3/4" c/ rosca	und	1.0000	25.00	25.00
02220800120003	PEGAMENTO PARA PVC	gal	0.2000	98.00	19.60
02540300010002	Manguera flexible (diam. interior 4mm. y exterior 6mm.)	m	2.0000	2.00	4.00
					<b>1,739.35</b>
<b>Total</b>				<b>S/.</b>	<b>2,901.91</b>



### ANEXO 07

Planos, presupuesto e insumos del sistema de cloración por goteo por embalse.





## PLANTA SISTEMA DE CLORACIÓN

Proyecto: "RELACIÓN DE LOS MÉTODOS POR GOTEO Y LA EFICIENCIA DEL CLORO RESIDUAL EN LA INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE CLORACIÓN EN ZONAS RURALES "

Elaboración:	LIRIPANCCA DIERITTO, PAUCARA PROYONICA, ACORAMAY REGION: HUANCAYVELICA
Fecha:	MAYO 2016
Proyecto:	ISC-1
Instalación de Accesorios - Sistema de Cloración por Embalse	
Elaborado por:	Proyectista
Revisado por:	
Fecha:	INDICADA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAYVELICA

## Presupuesto

Presupuesto 1103005 SISTEMA DE CLORACION POR GOTEO POR EMBALSE

Subpresupuesto 001 SISTEMA DE CLORACION Y DESINFECCION

Cliente LANDEO ESPEZA, ANTHONY

Costo al 26/04/2018

Lugar HUANCAVELICA - HUANCAVELICA - HUANCAVELICA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
001	SISTEMA DE CLORACION POR GOTEO POR EMBALSE				3,071.53
001.01	CASETA DE MADERA				1,346.84
001.01.1	SUM. E INST. CASETA 1.8mX1.8m H=2.00m C/PLN DE CALAMINA e=0.18mm, C/MADERA 2"x3" Y COBERTURA DE CALAMINA	glb	1.00	1,346.84	1,346.84
001.02	SISTEMA DE CLORACION TANQUE DOSADOR DE 250L				1,724.69
001.02.1	SUM. E INST. SISTEMA DE CLORACION POR GOTEO CON FLOTADOR ADAPTADO TANQUE DE 600 lts	glb	1.00	1,724.69	1,724.69
	<b>Costo Directo</b>				<b>3,071.53</b>

**SON : TRES MIL SETENTIUNO Y 53/100 NUEVOS SOLES**

### Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra 1103005 SISTEMA DE CLORACION POR GOTEJO POR EMBALSE  
 Subpresupuesto 001 SISTEMA DE CLORACION Y DESINFECCION  
 Fecha 01/04/2018  
 Lugar 090101 HUANCAVELICA - HUANCAVELICA - HUANCAVELICA

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
MANO DE OBRA					
0101010003	OPERARIO	hh	32.0000	21.00	672.00
0101010005	PEON	hh	32.0000	15.33	490.56
					<b>1,162.56</b>
MATERIALES					
02041200010009	CLAVOS PARA MADERA DE 2"	kg	1.0000	5.00	5.00
02041200010010	CLAVOS PARA MADERA DE 3"	kg	1.0000	5.00	5.00
02041200010011	CLAVOS DE CALAMINA	kg	3.0000	7.00	21.00
02041200010012	TIRAFONDO CABEZA HEXAGONAL 3/8 X 3 1/4 INC. TARUGO	und	12.0000	8.00	96.00
02041200010013	TORNILLO AUTOPERFORANTE 2"	und	12.0000	1.00	12.00
02041200010014	ANGULO 3" X 3" X 1/4"	und	6.0000	5.00	30.00
02041200010015	MADERA DE 2" X 3" X 10'	und	9.0000	12.50	112.50
02041200010016	MADERA DE 2" X 2" X 10'	und	6.0000	10.00	60.00
02041200010017	CALAMINA GALVANIZADA DE 2.4X0.80X0.18MM	und	3.0000	25.00	75.00
02041200010018	CALAMINA GALVANIZADA DE 1.8X0.80X0.18MM	und	12.0000	20.00	240.00
02041200010019	MADERA DE 1" X 8" X 10'	und	4.0000	20.00	80.00
0204240032	Abrazadera PVC de 2" a 3/4"	und	1.0000	6.00	6.00
0204240033	Adaptador UPR de PVC de 1/2"	und	6.0000	2.00	12.00
0204240034	Adaptador UPR de PVC de 3/4"	und	5.0000	3.00	15.00
0204240035	Cinta Teflon	und	10.0000	1.00	10.00
02051000010020	CODO PVC SAP 1/2" X 90° A PRESION	und	6.0000	1.50	9.00
02051000010022	CODO PVC SAP 2" X 90°	und	2.0000	7.00	14.00
02051000010024	CODO PVC SAP 3/4" X 90° A PRESION	und	11.0000	2.00	22.00
02051000010026	Cono reboso PVC de 4"x 2" (al diámetro de reboso del reservorio)	und	1.0000	18.00	18.00
02051000010027	Grifo de esfera PVC de 1/2" con salida manguera a 1/2"	und	1.0000	13.00	13.00
02051900010007	Sella rosca hidro	und	2.0000	2.00	4.00
02120400010004	Reducción de PVC de 3/4" a 1/2" presión	und	1.0000	1.50	1.50
02120400010006	Tapon de PVC de 1/2" hembra	und	1.0000	1.50	1.50
02120400010008	Tapón de PVC de 3/4" hembra c/ rosca	und	1.0000	2.00	2.00
02120400010009	Tanque dosador de 250 lts inc. Kid accesorios	und	1.0000	500.00	500.00
02150200020006	Llave de toma PVC (corporation) de 3/4" con tuerca y niple de 5 cm	und	1.0000	24.00	24.00
02150200020007	Niple de PVC de 3/4" x 15 cm c/rosca	und	6.0000	3.50	21.00
02150200020008	Reducción de PVC de 2" a 3/4"	und	1.0000	5.50	5.50
02150300010005	Tee de PVC de 3/4" presión	und	3.0000	2.00	6.00
02150300010006	Tee de PVC de 1/2" presión	und	3.0000	1.50	4.50
02150300010007	Tee de PVC de 2"	und	1.0000	13.00	13.00
02150300010008	Tubo de PVC de 3/4" x 5m	und	3.5000	12.50	43.75
02150300010009	Tubo de PVC de 1/2" x 5m	und	3.0000	9.00	27.00
02150300010010	Tubo de PVC de 2" x 5m	und	0.5000	56.00	28.00
02150300010012	Tubo visor transparente Ø 1/2"	und	1.0000	5.00	5.00
02150300010013	Unión mixta PVC de 1/2" rosca y presión	und	1.0000	2.00	2.00
02150300010014	Unión universal de PVC de 1/2" c/ rosca	und	3.0000	6.00	18.00
02150300010015	Unión universal de PVC de 1/2" presión	und	2.0000	6.00	12.00
02150300010016	Unión universal de PVC de 3/4" c/rosca	und	6.0000	7.00	42.00
02150300010017	Válvula compuerta PVC 1/2" de alta resistencia c/rosca	und	1.0000	10.00	10.00
02150300010018	Válvula esférica PVC de 3/4" c/ rosca	und	1.0000	25.00	25.00
02220800120003	PEGAMENTO PARA PVC	gal	0.2000	98.00	19.60
0253050002	Empaque de jebe de 1/2	und	10.0000	1.00	10.00
02903200090040	Bidon para agua de 65 lt c/tapa	und	1.0000	150.00	150.00
02903200090041	Frasco filtro antisarro	und	2.0000	10.00	20.00
					<b>1,850.85</b>
<b>Total</b>				<b>S/.</b>	<b>3,013.41</b>