



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tratamiento químico en la reducción de la dureza de las aguas subterráneas  
provenientes de la Urb. Huerta de Nievería – Chosica, 2017.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Helen Nedda Huallpa Trujillo

ASESOR:

Dr. Lorgio Gilberto Valdiviezo Gonzales

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de Recursos Naturales

LIMA — PERÚ

2017

## PÁGINA DEL JURADO



Dr. Antonio Leonardo Delgado Arenas  
PRESIDENTE



Dr. Sabino Muñoz Ledesma  
SECRETARIO



Dr. Lorgio Gilberto Valdiviezo Gonzales  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

A Dios, a mis queridos padres, a mis hermanitas; mi esposo, por significar en mi vida el pilar esencial para seguir logrando lo que una vez fueron sueños durante mi adolescencia. De la misma forma por dedicarme su apoyo incondicional, comprensión, los valores impartidos y por todo el amor recibido.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer primeramente a Dios quien me da vida, fortaleza y paz espiritual.

En especial a mis padres Ana Trujillo Jara y Walter Huallpa Salas, quienes con sacrificio, dedicación y amor me enseñaron a valorar cada uno de los retos que emprendí en mi vida; tanto en lo profesional como personal y por la cual siempre estaré infinitamente agradecida porque ser quien soy.

A mi mejor amigo, cómplice, esposo gracias por tu comprensión en los días ajetreados, por tu gran soporte emocional y apoyo incondicional; porque tu mejor que nadie sabe con todo lo que tuve que luchar para llegar a este hermoso momento.

A mi asesor, Dr. Lorgio Valdivieso Gonzales quien me apoyo con la reestructuración de esta tesis e interminables asesorías de corrección. Además, al Dr. Antonio Delgado Arenas, quien me facilito pautas en la metodología de la presente investigación; y siempre tuvo un espacio dentro de su agitada agenda para aconsejarme y orientarme cuando me sentía abatida. Y por último al Msc. Wilber Quijano Pacheco gracias por ser mi guía, brindarme fortaleza y palabras de aliento cuando pensé en rendirme.

A Daniel Neciosup por trasmitirme sus conocimientos, comprensión y apoyo en lo realizado en laboratorio de calidad.

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Helen Nedda Huallpa Trujillo con DNI N°70838041 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento De Graduados Y Titulados de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 14 de Julio del 2017



Helen Nedda Huallpa Trujillo

70838041

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento de reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada **“TRATAMIENTO QUÍMICO EN LA REDUCCIÓN DE LA DUREZA DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS PROVENIENTES DE LA URB. HUERTA DE NIEVERÍA – CHOSICA, 2017”**, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniera Ambiental.

Helen Nedda Huallpa Trujillo

## INDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
1.1 Realidad problemática.....	14
1.2 Trabajos previos.....	15
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	19
1.4 Formulación del problema.....	30
1.4.1 Problema general .....	30
1.4.2 Problemas específicos .....	30
1.5 Justificación del estudio.....	31
1.6 Hipótesis.....	32
1.6.1 Hipótesis general .....	32
1.6.2 Hipótesis específicos .....	32
1.7 Objetivos.....	33
1.7.1 Objetivo general .....	33
1.7.2 Objetivos específicos .....	33
<b>II. METODO.....</b>	<b>34</b>
2.1 Diseño de investigación.....	34
2.2 Variables y operacionalización de variables .....	34
2.3 Población y muestra.....	36

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	36
2.5 Método de análisis de datos .....	37
2.6 Aspectos éticos.....	45
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>46</b>
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>51</b>
<b>V. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>52</b>
<b>VI. RECOMENDACIÓN.....</b>	<b>53</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>58</b>
Anexo N°1: Primer muestreo de agua, segundo muestreo de agua y proceso de análisis de tratamientos químicos en laboratorio de calidad-UCV	
Anexo N°2: Cadena de custodia de Laboratorio Envirotest	
Anexo N°3: Informe del monitoreo de agua subterránea	
Anexo N°4: Matriz de consistencia	
Anexo N°5: Ficha de observación	
Anexo N°6: Obtención de dureza en laboratorio de calidad-UCV	
Anexo N°7: Reglamento de la Calidad de agua para consumo humano: Anexo II – Límites máximos permisibles de calidad organoléptico, microbiológico y parasitológico	
Anexo N°8: Hoja de Validación de instrumentos por profesionales	



## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro N°1.</b> Operacionalización de variables.....	35
<b>Cuadro N°2.</b> Valoración de expertos.....	37
<b>Cuadro N°3.</b> Recolección de muestras.....	39
<b>Cuadro N°4.</b> Tipo de envases.....	40
<b>Cuadro N°5.</b> Análisis de varianza para tratamiento con cal.....	42
<b>Cuadro N°6.</b> Análisis de varianza para tratamiento con tripolifosfato de sodio.....	43
<b>Cuadro N°7.</b> Análisis de varianza para tratamientos cal vs tripolifosfato de sodio .....	44
<b>Cuadro N°8.</b> Resultados de análisis del laboratorio Envirotest.....	46
<b>Cuadro N°9.</b> Tratamiento con cal.....	47
<b>Cuadro N°10.</b> Tratamiento con tripolifosfato de sodio.....	48
<b>Cuadro N°11.</b> Tratamiento con soda cáustica.....	49
<b>Cuadro N°12.</b> Tratamiento con cal sodada.....	50

## INDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen N°1.</b> Ablandamiento por precipitación química.....	20
<b>Imagen N°2.</b> Distribución de agua subterránea como potable.....	31
<b>Imagen N°3.</b> Zona de estudio.....	38
<b>Imagen N°4.</b> Poza subterránea-Urb.Huerta de Nievería-Chosica.....	38

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico N°1.</b> Tratamiento con cal.....	42
<b>Gráfico N°2.</b> Tratamiento con tripolifosfato de sodio.....	43
<b>Gráfico N°3.</b> Tratamiento con soda cáustica.....	44
<b>Gráfico N°4.</b> Tratamiento con cal sodada.....	45

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad reducir la dureza de las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería - Chosica, 2017 mediante la aplicación de tratamientos químicos para su posterior consumo humano. Por ello se analizaron las propiedades físico-químicas (alcalinidad-bicarbonato, alcalinidad-carbonato, conductividad, dureza cálcica, dureza magnésica, DBO, DQO y nitratos) y microbiológicas (escherichia coli y total coliformes) para conocer la calidad inicial del cuerpo de agua. Seguidamente el resultado del análisis mostró una elevada dureza cálcica de 665,8mg/L es por esto que, se inició con el empleo de los compuestos químicos que fueron cal, tripolifosfato de sodio, soda caústica y cal sodada para su respectiva disminución.

El tratamiento de reducción de dureza se realizó en el equipo llamado prueba de jarras considerando los siguientes parámetros: velocidad de 80 rpm, tiempo de mezcla de 20 minutos; en este equipo se simuló las mezclas con las dosificaciones de 0,11g, 0,22g y 0,33g de los compuestos químicos usados para el tratamiento en un volumen de 500ml de agua subterránea y con sus respectivas repeticiones. Posteriormente se dejó sedimentar las muestras por 40 minutos, para luego realizar las lecturas de dureza con el método EDTA.

Luego de realizar las pruebas experimentales en el laboratorio se pudo comparar los resultados de los cuatro tratamientos, donde se resaltó que el compuesto tripolifosfato de sodio tuvo mayor reducción de dureza y su comportamiento promedio fue de la siguiente manera: en la dosificación de 0,11g el pH manifestó neutralidad por su valor de 7 y dureza obtenida de 494.6ppm; para la dosificación de 0,22g el pH fue de 6.91 y la dureza obtenida de 482ppm y por último en la dosificación de 0,33g se obtuvo 6.83 de pH y dureza obtenida 387.3ppm.

Por ello se concluye que el tratamiento adecuado es el compuesto tripolifosfato de sodio con una dosificación óptima de 0,22g, ya que presenta mayor reducción de dureza por  $CaCO_3$  y mantiene óptimas condiciones de pH en el cuerpo de agua tratado.

**Palabras clave:** Agua subterránea, dureza de agua, tratamiento químico y ablandamiento químico.

## ABSTRACT

The present research aimed to reduce the hardness of the groundwater from Urb. Huerta de Nievería - Chosica, 2017 by applying chemical treatments for its subsequent human consumption. Therefore, the physical-chemical properties (alkalinity-bicarbonate, alkalinity-carbonate, conductivity, calcium hardness, magnesium hardness, DBO, DQO and nitrates) and microbiological (escherichia coli and total coliforms) were analyzed to know the initial quality of the water body. Then the result of the analysis showed a high calcium hardness of 665.8mg / L, which is why it started with the use of the chemical compounds that were lime, sodium tripolyphosphate, caustic soda and soda lime for its respective decrease.

The treatment of the reduction of the hardness was carried out in the test station equipment of jars considering the last parameters: the speed of 80 turns, 20 minutes mixing time; in this equipment the mixtures with the dosages of 0.11 g, 0.22 g and 0.33 g of the chemical compounds used for the treatment in a volume of 500 ml of groundwater and with their respective repetitions are simulated. Subsequently, the samples were allowed to settle for 40 minutes, and then to perform hardness readings with the EDTA method.

After performing the experimental tests in the laboratory looked for the results of the four treatments, where they were subtracted that the sodium tripolyphosphate compound had the mayor The reduction of the hardness and its average behavior was as follows: at the dosage of 0 , 11g The pH manifested neutrality by its value of 7 and hardness obtained of 494.6ppm; For the dosage of 0.22g the pH was 6.91 and the hardness obtained of 482ppm and finally in the dosage of 0.33g was obtained 6.83 of pH and the hardness 387.3ppm. Therefore, it is concluded that the proper treatment is the sodium tripolyphosphate compound with an optimal dosage of 0.22g, since it has mayor Hardness Reduction by  $CaCO_3$  and maintains optimum pH conditions in the body of treated water.

**Keywords:** Groundwater, water hardness, chemical treatment and chemical softening

## I. INTRODUCCIÓN

Es necesario conocer que el aprovisionamiento de agua potable es uno de los intereses esenciales de cada sociedad. La falta en cantidad y calidad tienen consecuencias severas en la salud. (Greissler, Gunther. 2011, p.97)

Por lo mencionado líneas superiores la presente investigación hace referencia al “Uso del tratamiento químico en la reducción de la dureza para las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería, distrito de Chosica, región Lima”. Para ello se iniciara en el capítulo 1 con la información de la realidad problemática de la zona de estudio, trabajos previos a nivel nacional e internacional como referencia y sustento de antecedentes a la investigación, la teoría o conceptos de los términos vinculados al tema de estudio, formulación de problemas generales y específicos, la justificación del estudio que involucra todas las razones que me motivan a perseguir la investigación, la hipótesis generales y específicos; y los objetivos generales y específicos.

Para ello se realizó un monitoreo del agua subterránea, con el fin de comprender el estado inicial de la calidad del agua donde se evaluó los siguientes indicadores; físico - químicos (Dureza, conductividad, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y nitrato) y biológicos (Escherichia coli y total coliforme bacteria). Los resultados se diagnosticaron por el método EDTA con el valor para la dureza de 665.80 mg/L superando los Límites Máximos Permisibles de Parámetros de Calidad Organoléptico para dureza total que es 500 mg/L establecidos en el Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA; es por ello que el exceso de 165.80 mg/L debe ser reducido para su posterior uso en calidad de agua para consumo humano. Sobre la reducción de dureza se utilizará tratamiento químico con cal y tripolifosfato de sodio en las muestras de agua subterránea conservadas en el Laboratorio de Calidad de la Universidad César Vallejo, de las cuales se controlará el tiempo y la dosis óptima para la obtención del mayor porcentaje de reducción; verificando de esa manera que tratamiento es mejor removedor de dureza.

## **1.1. Realidad problemática**

En los Estados Unidos, el agua subterránea significa el 33% del agua de abastecimiento público y el 98% de la proporción separada mediante redes domésticas. En Europa, la proporción de agua bebible de abastecimiento público que se separa de los acuíferos está comprendido entre casi el 100%, que es la situación de Dinamarca, Austria e Italia, dos terceras partes en Alemania, Suiza y Holanda, y menos de una tercera parte de Gran Bretaña y España. (Baird y Cann, 2014, p.478)

Actualmente en Lima metropolitana distritos como Carabaylo, San Antonio de Huarochirí, Comas, y otros; no cuentan con servicios de agua potable por lo que se recurre a la extracción de aguas subterráneas por medio de pozos convencionales o con el uso de motobombas. Para esto es importante tener en cuenta la calidad, disponibilidad, cantidad y confiabilidad del recurso hídrico que abastece a la sociedad, tomando en cuenta las condiciones físicas, químicas y biológicas para satisfacer adecuadamente el consumo humano e higiene personal. (Mejía, 2005, p.7).

La zona donde se realizó la investigación queda ubicada en mz. S lote 2 segunda etapa urbanización Huerta de Nievería en el distrito de Chosica, provincia y departamento de Lima. Como consecuencia determinar la calidad del agua subterránea en la zona de estudio es importante porque las personas que habitan en esta área lo emplean para actividades tales como el lavado de alimentos, aseo personal, uso para riego de plantas y otros. Asimismo, se consultó con algunos propietarios de los puntos de distribución sobre algún estudio previo de la calidad de las aguas subterráneas; coincidiendo de manera común que no tenían absolutamente nada que verificara lo mencionado. Las evidencias anteriores reflejan el estado de abandono por parte de las autoridades respectivas sin control ni fiscalización alguna; en efecto por la falta de decisiones y propuesta de soluciones inmediatas podrían ser perjudiciales a la salud pública.

## 1.2. Trabajos previos

Según YADIRA, V. y SANCHEZ, N. (2013). En su trabajo de investigación “Elaboración de un filtro activado a base de carbón activado obtenido del endocarpo de coco con el propósito de reducir la dureza en el agua potable” tuvo como objetivo específico cuantificar la dureza total presente en muestras de agua potable de las áreas seleccionadas antes y después del tratamiento con el filtro de carbón activado elaborado del endocarpio de coco. Asimismo, comparar los resultados de los análisis con el límite máximo permisible en la Norma Salvadoreña (NSO 13.07.01:08). La dureza total en el agua se determinó por el método de titulación volumétrico usando EDTA como titulante y negro de ericromo T como indicador. De acuerdo a la clasificación del agua según su dureza el agua potable analizado se clasifico como agua dura debido a que se lograron valores de  $CaCO_3$  comprendidos entre 241.44 y 301.8 mg/l antes del filtrado. Una vez realizado el filtrado del agua potable en el filtro de carbón activado, la dureza total se redujo porque al cuantificar el  $CaCO_3$  se alcanzó los valores comprendidos entre 30.18 y 40.24 mg/l. Concluyendo que el resultado para dureza total cumple con los limites decretados por la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01:08 para agua potable siendo menores que 500 mg/l de carbonato de calcio.

MARTINEZ, G. (2012). En su trabajo de investigación “Evaluación de dos agentes ablandadores de agua y su mezcla para ajustar el índice de langelier en recirculación de aguas de enfriamiento y estabilizar parámetros químicos en calderas de vapor” tuvo como objetivo específico determinar la dosificación optima de químico en función de la calidad del agua de alimentación. La determinación de dureza total fue por el método estándar AFNOR NF T 90-003, el tripolifosfato de sodio usa 3,2182 gramos por metro cubico y partes por millón y la sal tetrasódica del EDTA 3,9116 gramos por metro cúbico y partes por millón de dureza.

La combinación de ablandadores de agua más eficaz es la de 75% tripolifosfato de sodio y 25% de sal tetrasódica de EDTA, ya que se necesita 4,27082 gramos por metro cúbico y partes por millón de dureza. Llegando a la conclusión que el ablandamiento del agua más barato se consigue cuando se usa tripolifosfato de sodio, seguido por la mezcla de 75% tripolifosfato de sodio y 25% sal tetrasódica

del EDTA. Es por ello que para lograr que la dureza total se reduzca y se encuentre dentro de los límites permisibles se debe emplear ablandadores ya que son eficientes y porque se necesita menor proporción para neutralizar la misma cantidad de dureza que otros ablandadores.

SOLANO G. (2003). En el trabajo de investigación “Efecto del hidróxido de calcio sobre la calidad de agua y la producción de estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei* en aguas salobres” tuvo como objetivo específico determinar el efecto del hidróxido de calcio sobre la alcalinidad y dureza totales, las concentraciones de nitrógeno amoniacal total, pH, sólidos suspendidos totales y las bacterias y vibrios totales en los estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei* en aguas salobres. El comportamiento de la dureza total en el proceso de evaluación fue parecido en ambos tratamientos durante el cultivo. Después de dos horas del encalado, las alteraciones porcentuales correspondientes al valor inicial de la dureza total se reducen en ambos tratamientos, siendo mínimo para el tratamiento A (-0,80%) con afinidad al tratamiento B (-4,14%). El uso semanal de  $Ca(OH)_2$  en dosificaciones de 100 Kg/ha en aguas con alcalinidad total de 49 mg  $CaCO_3$ /L y dureza de 880 mg  $CaCO_3$  no tuvieron dominio sobre las concentraciones de alcalinidad y dureza totales. Asimismo la en sus conclusiones considera que el  $CaCO_3$  es el tratamiento más económico.

OLIVA, E. (2005) En el trabajo de investigación “Remoción de carbonatos de calcio de aguas subterráneas por medio de tratamiento químico con cal y soda Ash” tiene como objetivo la adquisición de la dosis adecuada de cal y soda Ash que debe ser usada en los procesos de tratamiento en aguas con concentraciones superiores a los 400 mg/L de dureza total, calcio y magnesio. Además, también como otro objetivo es reducir a 150 mg/L el valor de la dureza total de las aguas subterráneas. Las pruebas ejecutadas a las 10 muestras de agua subterránea (alta concentración de dureza) de varias zonas de Honduras, Guatemala y El Salvador fueron la determinación de Potencial de Hidrogeno(potenciómetro), la determinación de dureza total, calcio y magnesio fue realizada haciendo titulación con EDTA(etilendiaminotetracético). Para el cálculo de la proporción de químicos, se usó la prueba de jarras, en la que la mezcla rápida fue de 100 rpm por 1 minuto y



la mezcla lenta entre 80 – 90 rpm durante 20 minutos para posteriormente sedimentar por un periodo entre 15 a 90 minutos. La investigadora concluye indicando que las dosificaciones óptimas para retirar el 75% de  $CaCO_3$  varia de 250 y 1,100 mg/L de cal y 350 y 2,100 de soda Ash con tiempos de mezcla lenta de 15 a 25 minutos y rápida de 1 minuto y asimismo con periodos de sedimentación entre 30 a 90 minutos. Además menciona a mayor tiempo de sedimentación se obtendrá mejores resultados por el método de ablandamiento mediante cal y soda Ash, porque si los tiempos son cortos de 30 minutos de sedimentación no ayudaran a un correcta remoción de  $CaCO_3$  ya que se obtendrá solo 27% de remoción mientras que con tiempos largos a 30 minutos se obtiene una remoción del 75% . Se recomienda que para concentraciones menores de dureza (200 mg/L) usara dosificación de 250 mg/L y 350 mg/L de soda Ash y así retirar más del 75% y conservar las concentraciones mínimas de carbonatos de calcio y magnesio que son aptas para consumo humano.

NEIRA, A. (2006) En su investigación “Dureza en aguas de consumo humano y uso industrial, impactos y medidas de mitigación. Estudio de caso: Chile” menciona como objetivo estudiar las huellas y formas de atenuación de la dureza del agua en Chile, tanto en el dispendio humano como en el empleo industrial. El agua para dispendio humano en Chile usualmente es de carácter bebible. En relación a la dureza, se disponen de tres zonas a lo largo del país: la zona norte, con agua dura (300 - 500 mg/L de  $CaCO_3$ ) y muy dura (< 500 mg/L de  $CaCO_3$ ), la cual puede ser altamente incrustante en los sistemas de distribución; la zona central, es una zona de transformación entre el agua dura y el agua blanda, a excepción de la Región Metropolitana, que tiene una valoración promedio de 393,73 mg/L de  $CaCO_3$ , la cual se puede concretar como agua dura; y la zona sur, que posee concentraciones de dureza promedio que no asciende los 100 mg/L de  $CaCO_3$ , por lo que se puede determinar cómo agua blanda. Además, refiere sobre la normativa nacional para el agua potable (NCh 409/1 Of.2005), en el proceso de concentración del magnesio nunca es progresivo. Como datos muestra que 21 comunas excedieron los 500 mg/L de  $CaCO_3$  de dureza, valor estimado como máximo permisible. Sobre los tratamientos más usados para la remoción de dureza son de intercambio iónico y

el proceso de cal-carbonato. En Chile el proceso más utilizado para el ablandamiento doméstico es el intercambio iónico.

Según CACUA, C. (2004). En su trabajo de investigación “Caracterización Físico-Químico y Microbiológico para aguas subterráneas en zona de influencia del acueducto metropolitano de Bucaramanga e implementación de los métodos de análisis para arsénico, selenio y flúor” tuvo como objetivo hacer una evaluación preliminar de la calidad de agua en pozas subterráneas de Bucaramanga haciendo uso de la metodología es análisis estadístico en la cual los resultados sobrepasan los límites como turbiedad, alta concentración de carbonatos de calcio( $\text{CaCO}_3$ ), concentración de fluoruros, y pequeñas cantidad de hierro. Además, contiene gran presencia de microorganismos de tipo aerobio mesófilos y ausencia de contaminación patógena por parte del grupo de coliformes totales y fecales llegando a la conclusión de que el cuerpo de agua necesita tratamiento de desinfección previo antes de su consumo directo.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1 Teorías relacionadas al tema**

Greissler y Gunther (2011) Las aguas subterráneas en general tienen su procedencia en las lluvias o en la permeabilidad del agua de los ríos y lagos. Además, existen hallazgos de aguas fósiles confinados en reservorios hace millones de años atrás. Las aguas subterráneas se almacenan en sedimentos filtrables que se ubican encima de estratos impermeables del subsuelo. Su cota freática natural pende de las cualidades geológicas, de la abundancia de las precipitaciones y de las propiedades climáticas. Labores humanas, como la reglamentación de ríos, la extracción de agua también intervienen sobre su cota. Las aguas subterráneas simbolizan un surtidor considerable para producir agua bebible. Estas aguas se encuentran libres de microbios cuando los estratos del suelo y sedimentos, por las cuales se filtraron, muestran como consecuencia conveniente filtración y cuando su continuidad en el subsuelo ha perdurado por lo menos entre 50 y 60 días. (p.100)

Para Davis y Masten (2005) considera que el agua subterránea tiene diversas cualidades que la hacen empleable como fuente de suministro de agua, en similitud con el agua superficial. En primer lugar, las estructuras subterráneas crean un depósito natural, lo cual erradica el costo de tanques de acumulación, depósito y otras estructuras. En segundo lugar, el suministro continuamente está libre en el sitio de demanda, de manera que se disminuyen en forma representativa los costos de traslado del líquido. En tercero, los componentes geológicos nativos escurren el agua subterránea, más clara y menos turbia que el agua superficial. Por adición el agua subterránea esta escasamente adherida a variaciones estacionales y más protegida de la polución; pero, a menos que se implanten mayores limitaciones a fuentes de polución del tipo de las instalaciones grande agrícolas, las fuentes de aguas subterráneas estarán sujetas a una contaminación semejante y a la que afecta a las fuentes de agua superficial. (p.228)

Según Rigola (1990) nos menciona que la opción de emplear cal mezclada con sosa caustica para erradicar la dureza, cuando esta es mayor a la alcalinidad. La descarbonatación por cal continúa mostrando superioridad sobre las resinas.

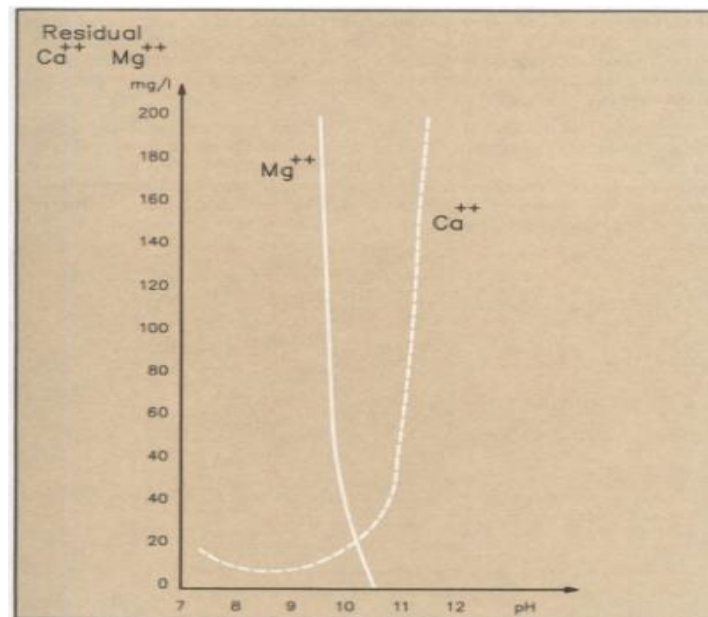
Las reacciones que producen son las siguiente:



Si hay presencia de magnesio resultara un precipitado de hidróxido magnésico:



**Imagen N°1:** Ablandamiento por precipitación química. Concentraciones residuales de equilibrio en función del pH como  $CO_3Ca$  y  $Mg(OH)_2$



**Fuente:** Rigola, 1990, p.57.

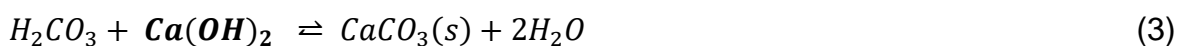
Próximo de un pH de 9,2 se obtiene la concentración teórica mínima de calcio (Imagen N°1), mientras que la de magnesio se localiza a un pH de 10,5. Lo normal es la eliminación del calcio, es por ello la misión es impedir exceder el pH de 9,2. En la praxis, para erradicar los bicarbonatos suele ser indispensable un exceso referente de cal que se verifica para proporcionar una alcalinidad próxima a 5ppm como hidroxilo(2P-M). En la mayoría de casos el agua producida es incrustante, además la concentración final del carbonato cálcico próximo a 35ppm, mientras que el ion magnesio se reduce próximo a 10%. Posterior al tratamiento con cal, sería adecuado agregar una mínima cantidad de ácido, 10 a 20 ppm, para un arreglo final del índice de langelier impedir la post-precipitación de carbonato cálcico.

Davis y Masten (2005) menciona que es probable deducir las dosis de reactivos suficientes para erradicar la dureza. La precipitación de la dureza se apoya en las dos reacciones de solubilidad siguientes:

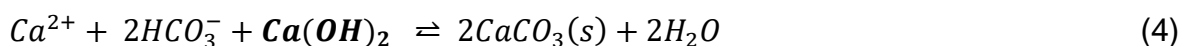


La finalidad es precipitar el calcio como  $CaCO_3$  y el magnesio como  $Mg(OH)_2$ . Precipitar el calcio requiere aumentar el pH del agua más o menos hasta 10.3. En la situación del magnesio debe aumentarse casi a 11. Si la alcalinidad del bicarbonato ( $HCO_3^-$ ) es deficiente para que se forme el precipitado de  $CaCO_3(s)$  (es decir, hay dureza no de carbonato), se debe añadir el  $CO_3^{2-}$  en forma de  $Na_2CO_3$ . Como la erradicación del magnesio es más caro que la del calcio, se deja tanto  $Mg^{2+}$  en el agua como sea factible. Asimismo, es más caro erradicar dureza no de carbonato que de carbonato, ya que se debe añadir otro reactivo que suministre el  $CO_3^{2-}$ . Además, habla que las reacciones de ablandamiento: estas reacciones se normalizan vigilando el pH. Primero se neutralizan todos los ácidos libres. Después se aumenta el pH para precipitar el  $CaCO_3$ ; si es suficiente, se aumenta más para eliminar el  $Mg(OH)_2$ . Finalmente, si es necesario, se añade  $CO_3^{2-}$  para precipitar la dureza no de carbonato. Las siguientes reacciones se muestran en estructura secuencial, aunque en verdad suceden en forma paralela:

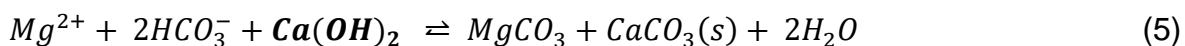
1.- Neutralización del ácido carbónico ( $H_2CO_3$ ). Aumentar el pH primero necesita ácido libre que haya en el agua. El principal ácido natural existente en el agua no contaminada es el ácido carbónico. En este paso no se erradica dureza.



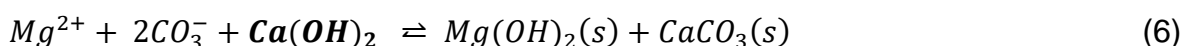
2.- Precipitación de dureza de carbonato debido al calcio: Se debe aumentar el pH hasta casi 10.3 para precipitar el carbonato de calcio. Obtener ese pH necesita transformar todo el bicarbonato en carbonato. Entonces el carbonato actúa como ion usual para la reacción de precipitación.



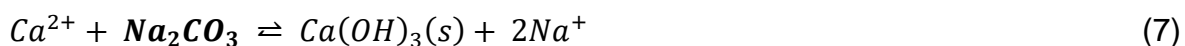
3.- Precipitación de dureza de carbonato debido al magnesio: si se debe erradicar la dureza de carbonato ocasionado a la existencia de magnesio, habrá que adicionar más cal para lograr un pH casi de 11. Es posible examinar que la reacción suceda en dos fases. La primera es cuando se transforma todo el bicarbonato en carbonato, como se realizó en el paso 2.



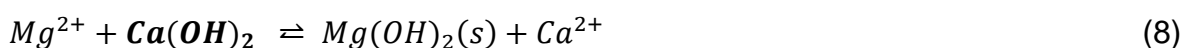
Visualice que la dureza del agua no varío, ya que el  $MgCO_3$  es soluble. El factible añadir más cal para eliminar la dureza debido al magnesio.



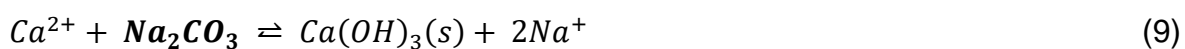
4.- Eliminación de dureza no de carbonato debida al calcio: si se debe erradicar dureza no de carbonato debido al calcio no es necesario elevar más el pH. En su lugar, se debe añadir más carbonato en forma de cenizas de soda.



5.- Eliminación de dureza no de carbonato debido al magnesio: si se quiere erradicar dureza no de carbonato debido al magnesio, habrá que añadir cal y también carbonato de sodio. La cal facilita los iones hidróxido para la precipitación de magnesio.



Observe que, aunque se erradique el magnesio, no cambia a la dureza, ya que el calcio aun esta en solución. Para eliminarlo se debe agregar carbonato de sodio.



Visualice que esta es la misma reacción que la que se utilizó para erradicar la dureza no de carbonato debido al calcio. (p.361-362)

### 1.3.2 Marco conceptual

**Agua:** Es un solvente universal líquido sin color, sin sabor e sin olor, fundamental para la vida animal y vegetal. (Romero, 2009, p.337)

**Aguas subterráneas:** Es aquella proporción del agua real en la parte inferior de la extensión terrestre que puede ser recaudada por perforaciones, galerías de drenaje o la que emana naturalmente hacia el exterior a través de manantiales o filtraciones a los cursos fluviales. (Ordoñez, 2012, p.9)

La proporción mayor del agua separada para uso doméstico, industrial y agrícola es agua meteórica procedente de la lluvia y de su escurrimiento como parte del ciclo hidrogeológico. La química del agua subterránea se modificará a través de las unidades geológicas, estos cambios penderán de factores como las condiciones de temperatura y presión, los minerales con la cual este en contacto y el tiempo de reacción disponible entre los minerales y el agua. La transformación física-química del agua subterránea de origen meteórico en su movimiento del suelo y subsuelo es la continuación de la evolución química del agua. (Price, 2012, p.179)

**Caracterización del agua:** Tiene como finalidad comprender sus características físicas, químicas y biológicas con el fin de determinar su idoneidad para su empleo humano, agrario, industrial, recreacional. La presentación conveniente de los parámetros de caracterización permite la determinación de la calidad del agua para su aplicación específica y admite visualizar no solo la apariencia vinculada con su composición sino además los requisitos económicos, legales y del método para su uso. (Romero, 2009, p.346)

**Dureza:** Es una característica que surge de la mayor o menor proporción de sales disueltas presentes, principalmente  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , su grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de sales de calcio y magnesio presentes pueden hallarse junto a diferentes aniones, si se encuentran asociados de  $\text{HCO}_3^-$  componen la dureza temporaria o carbónica, si lo están de  $\text{SO}_4$ ,  $\text{Cl}^-$ , etc. Componen la dureza permanente o no carbonatada. (Botanni y Odetti, 2006, p.104)

### **Causas de la Dureza**

En la praxis, se estima que la dureza es ocasionada por iones metálicos divalentes, con aptitud de reaccionar con el jabón para producir precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para conformar acoplamientos. Los cationes

principales que generan la dureza en el agua y los primordiales aniones asociados con ellos son los siguientes:

<b>Cationes</b>	<b>Aniones</b>
$Mg^{++}$	$SO_4^-$
$Ca^+$	$HCO_3^-$
$Fe^{++}$	$NO_3^-$

Desde la perspectiva sanitaria, las aguas duras son tan convenientes para uso humano; pero un agua dura necesita excesivo jabón para la creación de espuma y genera dificultades en el lavado, asimismo sedimenta lodos e incrustaciones encima de las superficies en las cuales se calienta. (Romero, 2009, p.130). Según el autor citado líneas anteriores, en la mayoría de las aguas se estima que la dureza total es casi igual a la dureza provocada por los iones de calcio y magnesio es afirmar:

$$\text{Dureza total} = \text{dureza por Ca} + \text{Dureza por Mg}$$

La anterior diferenciación es primordial para el cálculo de la cantidad de cal y soda ash utilizadas en la precipitación de la dureza con estos insumos.

**Dureza carbonácea:** En aguas naturales, la principal forma de alcalinidad son los bicarbonatos; por eso, la fracción de la dureza total químicamente similar a los bicarbonatos existentes en el agua es valorado como la dureza carbonácea, es decir:

$$\text{Alcalinidad (mg/L)} = \text{dureza carbonácea (mg/L)}$$

Pueden exhibirse dos situaciones:

- Cuando la alcalinidad es menor que la dureza total; entonces,  
 $\text{Dureza carbonácea (mg/L)} = \text{alcalinidad (mg/L)}$
- Cuando la alcalinidad es mayor o igual a la dureza total; entonces,  
 $\text{Dureza carbonácea (mg/L)} = \text{dureza total (mg/L)}$



La dureza carbonácea se entiende igualmente como “dureza temporal” o “no permanente” porque desaparece cuando se hierve el agua, o sea, que alcanza precipitarse por medio de ebullición continua. Esto se obtiene porque los bicarbonatos se usan como fuente de iones carbonato para precipitar  $Ca^{++}$  como  $CaCO_3$  a temperaturas altas, lo cual ocurre en calderas.



La precipitación de la dureza carbonácea genera una incrustación o acumulación suave que puede eliminarse sencillamente mediante soplado u agua a presión. (Romero, 2009, p.131)

**Dureza no carbonácea:** Se considera no carbonácea toda dureza que no esté químicamente vinculada con los carbonatos. Es decir:

$$\text{Dureza carbonácea} = \text{dureza total} - \text{alcalinidad}$$

La dureza no carbonácea comprende primordialmente cloruros, sulfatos y nitratos de calcio y magnesio. La evaporación de aguas que incluye estos iones provocan la cristalización de compuestos como el sulfato de calcio, que originan incrustaciones duras y débil en las paredes y tubos de calderas y calentadores. La incrustación promueve una pérdida en la conductividad del calor y aparece como producto un aumento de consumo de combustible por libra de vapor generado. (Romero, 2009, p.131)

## MÉTODO DE REMOCION DE DUREZA

**Ablandamiento químico:** Se fundamenta en la adición de compuesto al agua que reaccionan con los iones de magnesio y calcio, convirtiéndolos en sustancias insolubles, que son expulsados del agua por métodos físicos convencionales. (Espigares y Pérez, 2015, p.1)

**Química del ablandamiento:** las transformaciones químicas usados en el ablandamiento del agua son una aplicación directa de la Ley de acción de masas. Se incrementa concentración de  $CO_3^{2-}$  o de  $OH^-$  (o de ambos) añadiendo reactivos e estimulando las reacciones de las ecuaciones 1 y 2 hacia la derecha. Siempre

que sea factible, la alcalinidad natural de bicarbonato ( $HCO_3^-$ ) se convierte en carbonato ( $CO_3^{2-}$ ) agregando iones hidroxilos ( $OH^-$ ). Estos impulsan el desplazamiento del sistema regulador (ecuación 2-77) hacia la derecha para que de esa forma proporcione carbonato para la reacción de precipitación (1). (Davis y Masten, 2005, p.361)

Tripolifosfato de sodio: tiene extraordinarias características como medio secuestrante. Tiene efectos al crear aglomeraciones con iones de carga +2 y +3. (Barrow, 1975, p.648)

### **Calidad del agua para consumo humano**

El empleo benéfico principal del agua es para el consumo humano. La regulación sobre la calidad del agua dependerá de cada país, asumiendo la ejecución de la normativa vigente de la calidad de agua potable con el fin de preservar la fuente de agua de diferentes contaminantes a través de las entidades correspondientes. (Romero, 2009, p.372)

En la explicación de la calidad de agua se emplean cuatro tipos de propiedades (Davis y Masten, 2005, p.343):

1.- **FÍSICAS:** las propiedades físicas se vinculan con la calidad del agua para empleo doméstico, y se suelen vincular con el aspecto del agua, como su turbiedad o color, temperatura y, específicamente su olor y sabor (Davis y Masten, 2005, p.344).

a) Conductividad eléctrica: Es un indicador de las sales disueltas en el agua y valora la proporción de iones principalmente de Ca, Mg, Na, P, bicarbonatos, cloruros y sulfatos. Se mide en micromhos/cm o siemens/cm. (Sierra, 2011, p.60)

b) pH: es la expresión usada para manifestar la magnitud de las propiedades ácidas o básicas del agua. (Sierra, 2011, p.59-60)

- c) Temperatura: Los cambios pueden originar variaciones en el medio de aumento de la fauna y flora existente en él, aumentan el potencial dañino de ciertos elementos disueltos y general baja del oxígeno disuelto. (Sierra, 2011, p.82)
- d) Color: El color es esencial en el tratamiento del agua ya que su existencia origina rechazo en los usuarios. (Sierra, 2011, p.57)
- e) Olor y sabor: son dos parámetros del agua vinculados entre sí. El origen del olor y sabor son de los metales, minerales, sales del suelo, entre otros. (Romero,2009, p.110).

2.- QUÍMICAS: la interpretación química del agua para tomar incluye el reconocimiento de sus elementos y las concentraciones de estos. (Davis y Masten, 2005, p.344)

- a) Oxígeno disuelto (OD): Es uno de los indicadores más importantes porque representa la existencia de cualidades anaerobias o aerobias en un ambiente exclusivo, además se usa como base para cuantificar DBO. (Romero, 2009, p.173)
- b) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5): Mide la cantidad de oxígeno que requieren los elementos orgánicos para ser degradados. (Romero, 2009, p.175)
- c) Demanda química de oxígeno (DQO): es un parámetro fisicoquímico que compete la capacidad del oxígeno equivalente para oxidar la materia orgánica por proceso químicos con la ayuda de un agente oxidante fuerte llamado dicromato de potasio. (Ramalho, 1996, p.29)
- d) Nitratos: su presencia puede ocasionar metahemoglobina (color azul en la piel) en los niños nutridos con leche preparada. (Sierra, 2011, p.85)
- e) Alcalinidad: es la aptitud que tiene para neutralizar los ácidos. Además, puede valorarse como la existencia de componentes básicos en el agua,

esencialmente, sales de ácidos débiles o bases fuertes (componentes diferenciados por el radical  $OH^-$ ), ejemplo la soda caustica. (Sierra, 2011, p.61-62)

3.- MICROBIOLÓGICAS: los elementos microbiológicos son significativos para la salud humana y asimismo suelen serlo en la transformación de las propiedades químicas del agua. (Davis y Masten, 2005, p.344)

a) Escherichia coli: principal indicador bacteriano del grupo fecal, debido a su presencia permanente en la flora intestinal del hombre y animales de sangre caliente. (Romero, 2009, p.218)

b) Coliformes totales: la existencia de coliformes totales señala que el cuerpo de agua ha sido o está infectado con materia orgánica de origen fecal, ya sea por humanos o animales. (Sierra, 2011, p.82)

### **Contaminación de las Aguas Subterráneas**

Esta puede ser por componentes químicos y microbios puede originar la descomposición severa de la calidad del agua subterránea. La contaminación se puede deber a diversas causas como:

- Descarga de sistemas sépticos mal operados o localizados
- Recarga de agua subterránea como agua superficial contaminadas
- Derrame de oleoductos o accidentes de transporte

Los tipos de contaminantes suficiente de ensuciar un acuífero son diversos, algunos de los más frecuentes son:

- Sales de diferentes procesos químicos
- Nitratos de los trabajos agrícolas
- Organismos patógenos, de los sistemas sépticos

Muchas sustancias son poco solubles en agua y cuando emigran en el agua subterránea lo hacen comúnmente en forma de fase no acuosa separada. (Davis y Masten, 2005, p.329)

### **1.3.3 Marco legal**

Detalla la información esencial sobre las características físicas, químicas y biológicas orientadas al punto de muestreo asegurando su vigilancia y cumplimiento de la calidad del agua para el consumo humano.

#### **a. Reglamento de Calidad del Agua para Consumo Humano mediante el Decreto Supremo N°031-2010-SA**

Mediante el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM de fecha 19 de diciembre del año 2015, el gobierno peruano modificó los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA) donde establecen las disposiciones complementarias para su aplicación las cuales constan de once (7) artículos y dos (2) disposiciones complementarias modificatorias. Definiendo la Ley General del Ambiente al Estándar de Calidad Ambiental (ECA), como la medida que establece el nivel de concentración o grado de elementos, sustancias, parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el aire, agua suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Para la presente investigación será de utilidad los estándares de calidad ambiental (ECA), Categoría 1: Poblacional y Recreacional; Subcategoría A. Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable, A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.

#### **b. Protocolo de Monitoreo de la Calidad Sanitaria de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales**

El Ministerio de Salud por medio de la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA en calidad de Autoridad Sanitaria y en cumplimiento al mandato establecido por el Decreto Ley N° 17752 “Ley General de Aguas” como responsable de la preservación, monitoreo, y control de la calidad sanitaria de los Recursos Hídricos. Tiene como objetivo establecer los procedimientos usados en la ejecución del Programa Nacional de Vigilancia de la Calidad de los Recursos Hídricos de la Autoridad Sanitaria – DIGESA para evaluar.

## **1.4. Formulación del problema**

### **General**

- ¿Será posible reducir la dureza en las aguas subterráneas en la Urb. Huerta de Nievería - Chosica, 2017?

### **Específico**

- ¿Cuál es la reducción máxima de dureza obtenida por el compuesto óptimo en las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería – Chosica, 2017?
- ¿Cuál es la dosis óptima para la reducción de dureza de las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería - Chosica, 2017?

## 1.5. Justificación del estudio

Se conoce que el agua es un componente esencial para la continuidad de la vida en la tierra. La interrogación sobre la existencia del agua para el consumo del hombre, siempre es objeto de intercambio de palabras e incluso conflictos, sin embargo, existe un acuerdo en cuanto a la carencia de gestión y equilibrio. En una ciudad se habitúa a comprender que las aguas se emplean para consumo humano y que, por tanto, su calidad debe ser la apropiada para tal fin.

En vista del cuestionamiento en relación con el uso bebible de las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería-Chosica, es necesario averiguar un tratamiento de ablandamiento químico que pueda estar al alcance de los pobladores, así mejorar la calidad de las aguas subterráneas de esta zona. Realizando una secuencia de estudios y ensayos del cuerpo de agua diagnosticarán la dureza; de esa forma poder conocer la dosis óptima de los compuestos químicos, que son insumos asequibles de comprar y de bajo precio, que proporcionen la disminución de la dureza. A diferencia de las resinas que tienen costos más elevados y generan mayores desechos, que a su vez son contaminantes.

Los alcances de esta investigación será el aporte que significa usar un método de ablandamiento químico de bajo precio y de procesamiento ágil.

**Imagen N°2:** Distribución de agua subterránea como potable



**Fuente:** Propia

## **1.6. Hipótesis**

### **General**

- Los tratamientos químicos reducen la dureza en las aguas subterráneas de la Urb. Huerta de Nievería - Chosica, 2017 y su uso como agua potable.

### **Específico**

- El compuesto óptimo seleccionado permitirá reducir la dureza en un 50% en las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería – Chosica, 2017.
- La dosis óptima permitirá obtener reducciones mayores al 50% en la reducción de dureza en las aguas subterráneas de la Urb. Huerta de Nievería – Chosica, 2017.



## **1.7. Objetivos**

### **General**

- Reducir la dureza en las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería - Chosica, 2017 y su uso como agua potable.

### **Específico**

- Determinar el compuesto óptimo para el ablandamiento en las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería - Chosica, 2017.
- Determinar la dosis óptima para la reducción de dureza en las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería – Chosica, 2017.

## **II. MÉTODO**

### **2.1. Diseño de investigación**

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se usó la metodología experimental debido a que el cuerpo de agua subterránea fue analizado y manipulado mediante los tratamientos químicos de ablandamiento para reducir la dureza.

SAMPIERI señala que en el estudio experimental es donde se utilizan de forma premeditada una o más variables independientes (causas-antecedentes), para examinar los resultados que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (efectos-consecuentes), dentro de una realidad de control para el investigador. (Sampieri, 1996, p.160)

#### **2.1.1 Tipo de estudio**

SAMPIERE menciona que la investigación exploratoria se emplea cuando la finalidad es analizar un tema o incógnita de la exploración poco examinada o que no ha sido planteada con anterioridad. (Sampieri, 1997, p.13)

### **2.2. Variables**

#### **2.2.1 Variable independiente**

Tratamiento químico

#### **2.2.2 Variable dependiente**

Reducción de dureza en aguas subterráneas

### 2.2.3 Operacionalización de variables

**Cuadro N° 1:** TRATAMIENTO QUÍMICO EN LA REDUCCIÓN DE LA DUREZA EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS PROVENIENTES DE LA URB. HUERTA DE NIEVERÍA – CHOSICA, 2017

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
<b>Variable independiente</b>					
<b>TRATAMIENTO QUÍMICO</b>	Ablandamiento químico se fundamenta en la adición de compuesto al agua que reacciona con los iones de magnesio y calcio, convirtiéndolos en sustancias insolubles, que son expulsados del agua por métodos físicos convencionales. (Espigares y Pérez, 2015)	El tratamiento químico se dará mediante la dosis de cal, soda cáustica, tripolifosfato de sodio y cal sodada en un tiempo determinado.	COMPUESTOS	Cal ( $CaO$ )	g
				Soda cáustica ( $NaOH$ )	g
				Tripolifosfato de sodio ( $Na_5P_3O_{10}$ )	g
				Cal sodada $Ca(OH)_2$	g
			PARÁMETRO ÓPTIMO	Tiempo	Min
				Dosis	g
<b>Variable dependiente</b>					
<b>REDUCCIÓN DE DUREZA EN AGUAS SUBTERRÁNEAS</b>	El proceso de la evaluación de la calidad del agua subterránea consiste en saber su naturaleza física, química relacionada con la salud humana y el ambiente. (FAO, 1993)	Las aguas subterráneas serán medidas a través de los parámetros físicos (conductímetro) y químicos (potenciómetro y método EDTA); posteriormente se realizará la comparación con los Límites Máximos Permisibles	PARÁMETROS FÍSICOS	Temperatura	C°
				Conductividad	μS/cm
			PARÁMETROS QUÍMICOS	pH	Unidad de pH
				Dureza	mg/L

Fuente: Propia

## **2.3. Población y muestra**

### **2.3.1 Población:**

Comprende las aguas subterráneas de la Urb. Huerta de Nievería, distrito de Chosica, departamento de Lima.

### **2.3.2 Muestra:**

Las muestras serán tomadas considerando el Protocolo de Monitoreo de DIGESA. Remontando a 1L.

### **2.3.3 Unidad de análisis:**

Tratamientos químicos.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de medición de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1 Instrumentos de medición de datos:**

#### **Técnica**

Se usó la observación, porque produce datos en circunstancias controladas por el investigador en el laboratorio.

#### **Instrumento**

Para la técnica de observación se empleó una ficha de campo y laboratorio de calidad.

Ficha de observación para resultados de dureza y pH en Laboratorio (AnexoN°5)

### **2.4.2 Validez**

Para la ejecución de validez del instrumento tendrá como requisito la opinión y valoración de varios expertos relacionados con tema de investigación (Anexo N°8). Además, fue un requisito presentar la ficha de observación para la rúbrica.

**Cuadro N°2:** Valoración de expertos

<b>EXPERTOS</b>	<b>PROMEDIO DE VALORACIÓN</b>
Dr. Delgado Arenas, Antonio	90%
Msc. Quijano Pacheco, Wilber	90%
Dr. Cuellar Bautista, Eloy	85%
Dr. Sabino Muñoz Ledesma	80%
Dr. Gamarra Chavarry, Luis	90%

**Fuente:** Propia

### **2.4.3 Confiabilidad**

Las opiniones de los expertos consignadas fueron calculadas por promedios facilitándonos una confiabilidad de 87%.

## **2.5. Métodos de análisis de datos**

### **2.5.1 Metodología aplicada en el desarrollo de la investigación**

#### **Metodología de recolección de datos**

La metodología de trabajo que se realizara para la recolección de datos tanto en actividades de campo como en gabinete se detalla a continuación:

#### **A. Trabajo en campo**

Primero Paso: La población de la zona de investigación hace uso del agua subterránea de manera directa sin ningún tratamiento previo; para su empleo como agua potable en sus actividades rutinarias. El acceso al pozo subterráneo fue complicado, es por ello que se toma las muestras desde la red de distribución ubicado a un metro aproximadamente del pozo.

**Imagen N°3: Zona de estudio**



Fuente: Google Maps (20/05/17)

**Imagen N°4: Pozo Subterráneo, Urbanización Huerta de Nievería – Chosica**



Fuente: **Propia**

Segundo Paso: Se toma las medidas de seguridad según el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de Agua – Digesa y se consignan los datos necesarios para la cadena de custodia (Cuadro N°3).

**Cuadro N°3: Recolección de muestra**

Procedencia: Lurigancho – Chosica																			
N° de muestra	Código de cliente	Muestreo		Matriz o Producto	Ubicación UTM	Numero de frascos por punto de muestreo	Dureza total	DBO	DQO	Escherichia Coli	Nitrito	Total coiforme	Dureza Cálctica	Dureza Magnésica	Alcalinidad Bicarbonato	Alcalinidad Carbonato	Conductividad		
		Fecha (d-m-a)	Hora (24:00)																
1	AS1	28/12/16	16:01	Agua Subterránea	E:0294672.14 N:8671724.32	1	X												
2	AS2	28/12/16	16:04			1		X											
3	AS3	28/12/16	16:08			1			X										
4	AS4	28/12/16	16:11			1				X									
5	AS5	28/12/16	16:14			1					X								
6	AS6	28/12/16	16:17			1						X							
7	AS7	20/05/17	9:35			1							X	X					
8	AS8	20/05/17	9:37			1										X	X	X	

**Fuente:** Propia

Tercer Paso: Se realizó la toma de muestra cómo se visualiza en las imágenes del Anexo 1. Se homogenizó las muestras, luego se ejecutó el envasado en frascos respectivamente esterilizados(Cuadro N°3); rotulados para finalmente adicionar 20 gotas solo a los parámetros que necesitaban la preservación con sustancias químicas, para inmediatamente almacenarlos en un cooler con bolsas de refrigerantes (gel pack) y transportarlas hacia el laboratorio por un tiempo no mayor de 2 horas, además se

resalta que los parámetros analizados son acreditados por el laboratorio Environmental Testing Laboratory S.A.C.

**Cuadro N°4: Tipo de envases**

<b>MUESTREO 1: 28/12/16</b>		
<b>PARÁMETRO</b>	<b>TIPO DE ENVASE</b>	<b>ADICIÓN DE SUSTANCIAS QUÍMICAS</b>
Escherichia Coli Total Coliforme	Vidrio	Ninguno
Dureza total	Polietileno	20 gotas de ácido sulfúrico( $H_2SO_4$ )
DQO	Polietileno	20 gotas de ácido sulfúrico( $H_2SO_4$ )
DBO	Polietileno	Ninguno
Nitrato	Polietileno	Ninguno
<b>MUESTREO 2: 20/05/17</b>		
Conductividad Alcalinidad Carbónica Alcalinidad Bicarbonato	Polietileno	Ninguno
Dureza Cálcica Dureza Magnésica	Polietileno	20 gotas de ácido nítrico( $HNO_3$ )

**Fuente:** Investigadora

**Obtención de dureza:**

Para la determinación de este parámetro, se empleó 50ml de cada muestra (agua más tratamiento respectivo) depositada en un matraz, luego se agregó 2ml de buffer de amonio, 1ml de solución inhibidora (clorhidrato de hidroxiamina) y por último una pizca de negro de ericromo (indicador). Posteriormente se agitó el matraz para uniformizar donde tomo una coloración roja seria alta y si la coloración es azul sería menor, sin



embargo las muestras con los tratamientos químicos fueron al inicio coloración violeta, después de la titulación de la muestras con la solución EDTA en mg/L de  $CaCO_3$  a 0,01N. Observar el Anexo 1. La determinación de dureza total ( $CaCO_3$ ), se detalla a continuación:

$$\text{Dureza total EDTA en } \frac{mg}{L} \text{ de } CaCO_3 = \frac{ml \text{ del titulador EDTA } \times f \times 1000}{ml \text{ de la muestra}}$$

Donde:

$$f = 1^*$$

\* Porque la solución EDTA en mg/L de  $CaCO_3$  está a 0,01N

### 2.5.2 Metodología aplicada en el tratamiento estadístico

Será no probabilístico (elegido íntegramente al azar) se empleó el DCA (diseño completamente al azar) con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Se empleó TUKEY para la Prueba de contraste del software SAS (statistical analysis system).

Diseño Completamente al Azar (DCA)= 3Tx 3R x 1VE

**El modelo aditivo lineal fue:**

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

**Donde:**

$Y_{ij}$  = efecto del i-énésimo tratamiento de la j- énésima unidad experimental

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto en el i-énésimo tratamiento

$E_{ij}$  = Efecto aleatorio del error

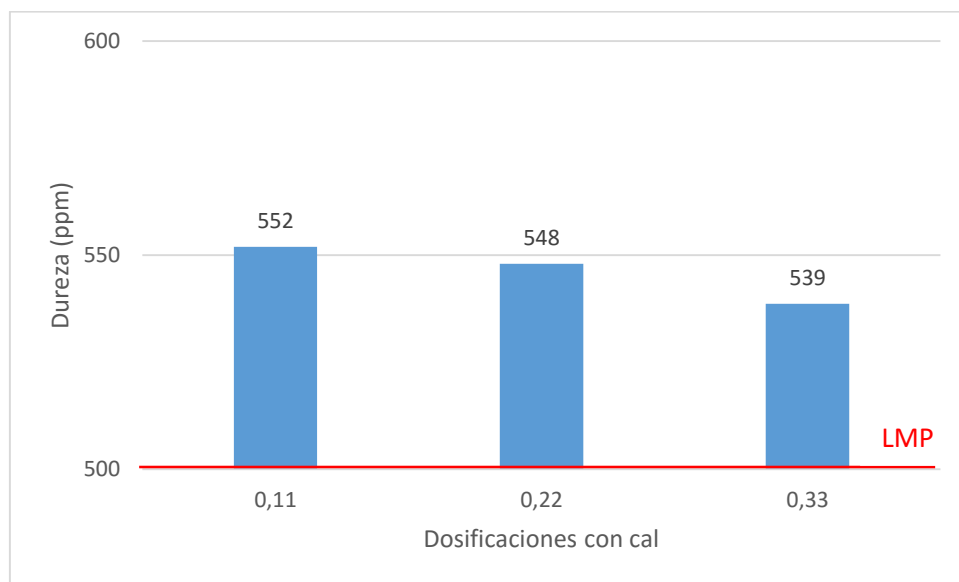
Microsoft Excel

Se utilizó para almacenar datos numéricos y luego procesarlo en tablas.

Para comprobar la alteración de los datos de forma visual se transformó en gráficos.

## TRATAMIENTO QUÍMICO CON CAL

**Grafico N° 1:** Tratamiento con cal



**Fuente:** Propia

El valor promediado, de las tres dosificaciones de cal en relación a la dureza obtenida no es bueno (Grafico N°1), ya que el límite máximo permisible para la dureza es de 500mg/L.

**Cuadro N°5:** Análisis de varianza para tratamiento con cal

The SAS System

Dependent Variable: Reducción de dureza en aguas subterráneas

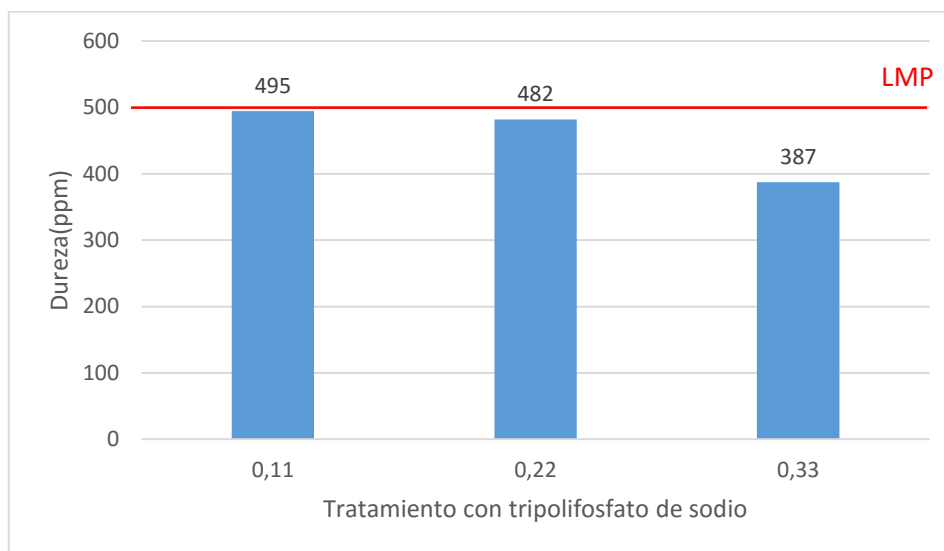
Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Entre tratamientos	2	280.888889	140.444444	0.66	0.5521
Error	6	1282.666667	213.777778		
Total	8	1563.555556			

**Fuente:** Propia

Del cuadro N°5 el análisis de varianza para las dosificaciones del tratamiento con cal indico un valor (Pr > F) mayor al nivel de significancia (0,05), estableciendo que no hay diferencia en las dosificaciones por lo tanto son iguales.

## TRATAMIENTO QUÍMICO CON TRIPOLIFOSFATO DE SODIO

**Grafico N° 2:** Tratamiento con tripolifosfato de sodio



**Fuente:** Propia

El valor promediado, de las tres dosificaciones de tripolifosfato de sodio en relación a la dureza obtenida es bueno (Grafico N°2), ya que el límite máximo permisible para la dureza es de 500mg/L.

**Cuadro N°6:** Análisis de varianza para tratamiento como tripolifosfato de sodio

The SAS System					
Dependent Variable: Reducción de dureza en aguas subterráneas					
Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Entre tratamientos	2	20642.66667	10321.33333	4.85	0.558
Error	6	12765.33333	2127.55556		
Total	8	33408.00000			

**Fuente:** Propia

Del cuadro N°6 el análisis de varianza para las dosificaciones del tratamiento con tripolifosfato de sodio indico un valor (Pr > F) mayor al nivel de significancia (0,05), estableciendo que no hay diferencia en las dosificaciones por lo tanto son iguales.

## COMPARATIVO CAL VS TRIPOLIFOSFATO DE SODIO

**Cuadro N°7:** Análisis de varianza para tratamientos cal vs tripolifosfato de sodio

The SAS System

Dependent Variable: Tratamientos químicos en la reducción de dureza en aguas subterráneas

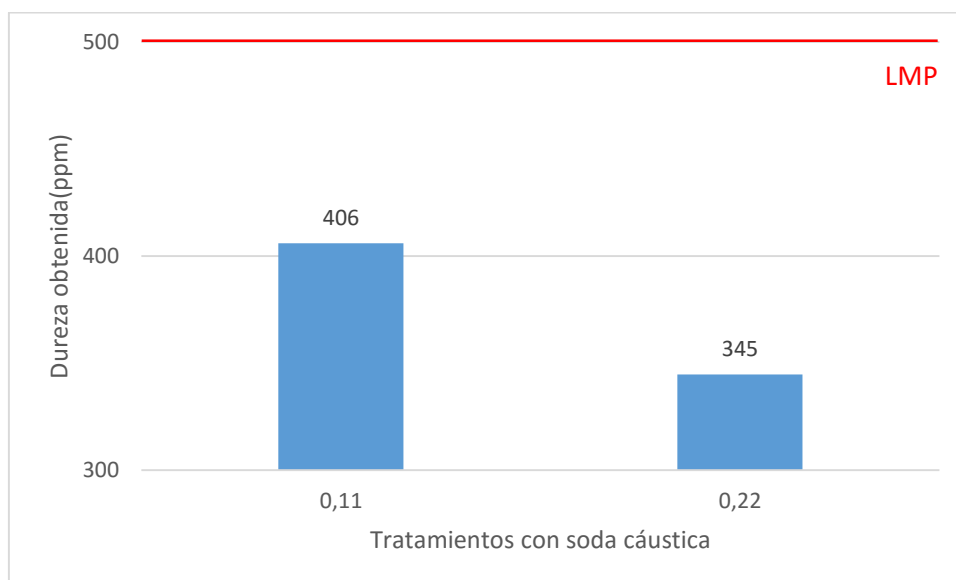
Fuente de variación	Grado de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Entre tratamientos	1	12573.62963	12573.62963	7.21	0.0549
Error	4	6975.23410	1743.80852		
Total	5	19548.86373			

**Fuente:** Propia

Del cuadro N°7 el análisis de varianza para comparar los tratamientos químicos aplicados en la reducción de la dureza en las aguas subterráneas indico un valor (Pr > F) mayor al nivel de significancia (0,05), estableciendo que no hay diferencia en los tratamientos por lo tanto son iguales.

## TRATAMIENTO QUÍMICO CON SODA CÁUSTICA

**Gráfico N° 3:** Tratamiento con soda cáustica

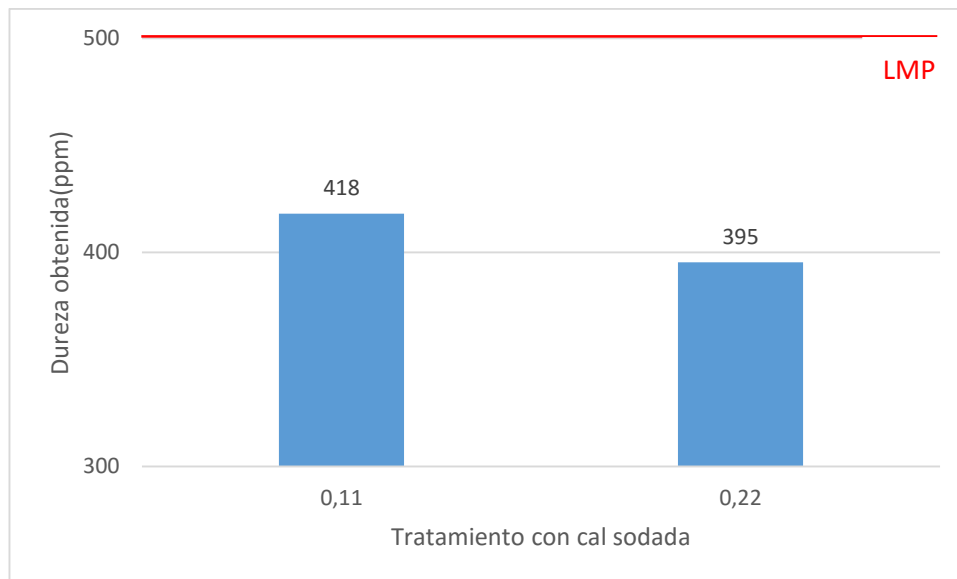


**Fuente:** Propia

El valor promediado, de las dos dosificaciones de soda cáustica en relación a la dureza obtenida es muy bueno (Grafico N°3), ya que el límite máximo permisible para la dureza es de 500mg/L.

## TRATAMIENTO QUÍMICO CON CAL SODADA

**Grafico N° 4:** Tratamiento con cal sodada



**Fuente:** Propia

El valor promediado, de las dos dosificaciones de cal sodada en relación a la dureza obtenida es muy bueno (Grafico N°4), ya que el límite máximo permisible para la dureza es de 500mg/L.

### 2.6. Aspectos éticos

La ética profesional promueve la práctica de una ética independiente, que establece que el humano emplea su aptitud racional para razonar sobre su proceder en el ejercicio de su profesión y prefiere aquella que considere apropiado y aceptado por la sociedad. (Gutiérrez, 2011, p. 92)

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Calidad inicial del agua subterránea

Se realizó análisis de la calidad inicial del agua subterránea proveniente de la Urb. Huerta de Nievería, Chosica. Al comparar los resultados emitidos por el Laboratorio Envirotest con el Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano: D.S.N° 031-2010-SA, Anexo II Límites Máximos Permisibles de Calidad Organoléptico, Microbiológicos y Parasitológicos. Se verificó los valores establecidos para dureza total están por encima de los LMP - 500 mg/L., como se puede observar en el Cuadro N°8.

**Cuadro N°8:** Resultados de análisis del laboratorio Envirotest

PROPIEDADES	PARÁMETROS	UNIDADES	NORMA REFERENCIA	AS2	AS3	AS4	AS5	AS6	AS7	AS8
FÍSICO – QUÍMICOS	Alcalinidad Bicarbonato	mg/L								163,2
	Alcalinidad Carbonato	mg/L								<5,00
	Conductividad	µS/cm								1722
	Dureza Cálcica	mg/L							665,8	
	Dureza Magnésica	mg/L	SM 2340 C						89,70	
	DBO	mg/L	SM 5210 B	<2,0						
	DQO	mg/L	SM 5220 D		<5,0					
	Nitratos	mg/L	SM 4500-NO3 – E				15,57			
MICROBIOLÓGICOS	Escherichia Coli	NMP/1 00ml	SM 9221 B / 9221C			<1,8E+00				
	Total Coliformes	NMP/1 00ml	SM 9221 B / 9221C					<2,3E+02		

**Fuente:** Propia

### 3.2. Tratamientos químicos aplicados en agua subterránea

**Primer tratamiento:** Para la prueba de jarras se programó el equipo a 80 RPM con un tiempo de mezcla de 20 minutos, además se utilizó 3 vasos precipitados(1000ml.) aplicando tres dosificaciones diferentes de cal y enrasando con 500ml. de agua subterránea; para cada una de ellas se realizó tres repeticiones como se visualizará en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 9:** Tratamiento con cal

	<b>Dosificación de tratamiento</b>	<b>Nivel de pH</b>	<b>Tiempo de Sedimentación</b>	<b>Dureza obtenida</b>
<b>C1-1</b>	0,11g	6.97	40 minutos	532ppm
<b>C1-2</b>	0,11g	7.45		558ppm
<b>C1-3</b>	0,11g	7.81		566ppm
<b>C2-1</b>	0,22g	7.05	40 minutos	538ppm
<b>C2-2</b>	0,22g	7.36		544ppm
<b>C2-3</b>	0,22g	7.78		562ppm
<b>C3-1</b>	0,33g	11.02	40 minutos	526ppm
<b>C3-2</b>	0,33g	11.10		538ppm
<b>C3-3</b>	0,33g	11.21		552ppm

**Fuente:** Propia

De acuerdo al cuadro N°9 con el tratamiento con cal se obtuvo resultados de dureza, midiendo el nivel pH y tiempo de sedimentación; resultan que, para la dosificación de 0,11g se obtuvo el promedio de 552ppm, en la siguiente de 0,22g su rendimiento promedio fue de 548ppm y finalmente en 0,33g se obtuvo 539ppm.

**Segundo tratamiento:** Para la prueba de jarras se programó el equipo a 80 RPM con un tiempo de mezcla de 20 minutos, además se utilizó 3 vasos precipitados(1000ml.) aplicando tres dosificaciones diferentes de tripolifosfato de sodio y enrasando con 500ml. de agua subterránea; para cada una de ellas se realizó tres repeticiones como se visualizará en el siguiente cuadro.

**Cuadro N° 10:** Tratamiento con tripolifosfato de sodio

	<b>Dosificación de tratamiento</b>	<b>Nivel de pH</b>	<b>Tiempo de Sedimentación</b>	<b>Dureza obtenida</b>
<b>T1-1</b>	0,11g	6.99	40 minutos	482ppm.
<b>T1-2</b>	0,11g	7.00		498ppm
<b>T1-3</b>	0,11g	7.03		504ppm.
<b>T2-1</b>	0,22g	6.88	40 minutos	568ppm.
<b>T2-2</b>	0,22g	6.90		460ppm.
<b>T2-3</b>	0,22g	6.95		418ppm.
<b>T3-1</b>	0,33g	6.82	40 minutos	376ppm.
<b>T3-2</b>	0,33g	6.83		380ppm.
<b>T3-3</b>	0,33g	6.84		406ppm.

**Fuente:** Propia

De acuerdo al cuadro N°10 con el tratamiento con tripolifosfato de sodio se obtuvo resultados de dureza, midiendo el nivel pH y tiempo de sedimentación; resultan que, para la dosificación de 0,11g se obtuvo el promedio de 495ppm, en la siguiente de 0,22g su rendimiento promedio fue de 582ppm y finalmente en 0,33g se obtuvo 387ppm.



**Tercer tratamiento:** Para la prueba de jarras se programó el equipo a 80 RPM con un tiempo de mezcla de 20 minutos, además se utilizó 3 vasos precipitados(1000ml.) aplicando tres dosificaciones diferentes de soda cáustica y enrasando con 500ml. de agua subterránea; para cada una de ellas se realizó tres repeticiones como se visualizará en el siguiente cuadro.

**Cuadro N°11:** Tratamiento con soda cáustica

	<b>Dosificación de tratamiento</b>	<b>Nivel de pH</b>	<b>Tiempo de Sedimentación</b>	<b>Dureza obtenida</b>
<b>S1-1</b>	0,11g	10.43	40 minutos	384ml.
<b>S1-2</b>	0,11g	10.47		424ml
<b>S1-3</b>	0,11g	10.65		410ml.
<b>S2-1</b>	0,22g	11.54	40 minutos	412ml.
<b>S2-2</b>	0,22g	11.55		374ml.
<b>S2-3</b>	0,22g	11.58		248ml.

**Fuente:** Propia

**Observación:** Al incrementarse la dosis (gramos) de soda cáustica se observó que el pH tiende a incrementarse, haciéndose ligeramente alcalino lo cual no es adecuado para este proceso ya que influye negativamente en el proceso. Además, en el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano: anexo ii límites máximos permisibles de calidad organoléptico, microbiológicos y parasitológicos indica que el límite máximo permisible de 6.5 a 8 en valor de pH.

**Cuarto tratamiento:** Para la prueba de jarras se programó el equipo a 80 RPM con un tiempo de mezcla de 20 minutos, además se utilizó 3 vasos precipitados(1000ml.) aplicando tres dosificaciones diferentes de cal sodada y enrasando con 500ml. de agua subterránea; para cada una de ellas se realizó tres repeticiones como se visualizará en el siguiente cuadro.

**Cuadro N°12:** Tratamiento con cal sodada

	<b>Dosificación de tratamiento</b>	<b>Nivel de pH</b>	<b>Tiempo de Sedimentación</b>	<b>Dureza obtenida</b>
<b>CS1-1</b>	0,11g	11.53	40 minutos	416ppm
<b>CS1-2</b>	0,11g	11.59		410ppm
<b>CS1-3</b>	0,11g	11.66		428ppm
<b>CS2-1</b>	0,22g	11.45	40 minutos	384ppm
<b>CS2-2</b>	0,22g	11.50		390ppm
<b>S2-3</b>	0,22g	11.57		412ppm

**Fuente:** Propia

**Observación:** Al incrementarse la dosis (gramos) de cal sodada se observa que el pH tiende a incrementarse, haciéndose ligeramente alcalino lo cual no es adecuado para este proceso ya que influye negativamente en el proceso. Además, en el Reglamento de la calidad de agua para consumo humano: anexo ii límites máximos permisibles de calidad organoléptico, microbiológicos y parasitológicos indica que el límite máximo permisible de 6.5 a 8 en valor de pH.

#### IV. DISCUSIÓN

- Además, RIGOLA (1990) menciona que a un pH de 9,2 se obtiene la concentración teórica mínima de calcio, mientras que la de magnesio se localiza a un pH de 10,5. Al ser comparado con el Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA menciona que el pH debe estar en un rango de 6.5 a 8.5. Por ello se tuvo que considerar este parámetro para mantener la calidad del agua subterránea. Luego este autor menciona que lo normal en la eliminación del calcio, es impedir exceder el pH de 9,2 lo cual se verificó en la parte experimental ya que esto generaba mejor disminución de dureza en los compuestos químicos.
- OLIVA, E. (2005) tiene como finalidad encontrar la dosis adecuada de los compuestos químicos cal y soda, para el cálculo de la proporción de químicos, se aplicó una la mezcla lenta entre 80 – 90 rpm durante 20 minutos para posteriormente sedimentar por un periodo entre 15 a 90 minutos. Según los resultados obtenidos en mi investigación para la mezcla lenta se dio a una velocidad de 80 rpm durante 20 minutos con una sedimentación de 40 minutos y se obtuvo una remoción de hasta el 58% de dureza por  $CaCO_3$ .
- En relación a la reducción de dureza YADIRA, V. & SANCHEZ, N. (2013) indica que el filtro activado a base de carbón activado producido del endocarpo de coco se retuvo desde 85% a 89% para los tres filtros elaborados (25, 50, 100 gr de carbón activado) mientras en mi trabajo de investigación usando el tripolifosfato de sodio conseguí disminuir hasta el 58% de dureza total en las aguas subterráneas.
- Por último, SOLANO, G. (2003) observó en su investigación que el pH es el único parámetro físico-químico influenciado por el empleo del material calcáreo así mismo se verificó que, en la presente exploración también se muestra el cambio de comportamiento del pH desde neutro hasta alcalino en los cuatro tratamientos realizados.

## V. CONCLUSIÓN

- Se determinó que el compuesto óptimo utilizado en la reducción de dureza para las aguas subterráneas es el tripolifosfato de sodio, ya que los resultados obtenidos de la parte experimental fueron comparados con la normativa vigente, donde se llega a reducir de manera significativa la dureza por  $CaCO_3$  además se mantienen los valores establecidos para el pH. Asimismo, como se aprecia en el cuadro N°10 se obtuvieron las siguientes concentraciones: 406ppm, 380ppm y 376ppm, cumpliendo con el Decreto Supremo N° 031-2010-SA en donde el valor máximo permisible es de 500mg/L.
- Para la reducción del 58% de dureza del agua subterránea se empleó una dosificación óptima de 0,33g de tripolifosfato de sodio en 500ml. de muestra con tiempo de mezcla en la prueba de jarras de 20 minutos y asimismo con tiempo de sedimentación de 40 minutos.

## VI. RECOMENDACIÓN

- En las siguientes investigaciones se debería tener mayor énfasis en la cantidad de los compuestos químicos, ya que podrían usarse intervalos más cortos de dosificaciones de los tratamientos como 0,14g; 0,16g; 0,18g, 0,20g, 0,24g; 0,26g; 0,28g, 0,30g y observar el comportamiento de la dureza.
- A superiores dosificaciones del compuesto químico se obtendrá mejores rendimientos en la reducción de dureza de las aguas subterráneas, por lo que se debería tener en cuenta el control del pH, ya que este parámetro disminuirá a medida que reduzca la dureza por  $CaCO_3$ . En consecuencia, se debería reducir la alcalinidad después del ablandamiento del cuerpo de agua, para luego acidificarla usando ácido sulfúrico hasta obtener valores entre 6.5 – 8.5 y poder analizar las consecuencias que tendría en la dureza o en los parámetros organolépticas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AMERICAN WATER WORKS, ASSOCIATION WATER POLLUTION CONTROL FEDERATION. Standard methods for the analysis of potable and residual water. 1992. 541p.
2. BAIRD, B. Y CANN, M. Química ambiental. 2<sup>da</sup> ed. Barcelona: Reverté,2014.
3. BOTTANI, E. y ODETTI, H. Química inorgánica. Santa Fe: Universidad Nacional del Litoral, 2006. 420p.  
ISBN: 987-508562-6
4. BARROW, G. Química general. España: Reverte, 1975.  
ISBN: 84-291-7035-9
5. CACUA P., Cristina. Caracterización físico-química y microbiológica para aguas subterráneas en zona de influencia del acueducto metropolitano de Bucaramanga e implementación de los métodos de análisis para arsénico, selenio y flúor. Tesis (Ingeniero Químico). Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander, Escuela de Química, 2004. 85p.
6. DAVIS M. y MASTEN S. Ingeniería y ciencias ambientales, México: Editorial McGraw-Hill Interamericana. 2005.736p.  
ISBN 13: 978-970-10-4978-5
7. Disponible en internet:  
<[http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/Precipitacion\\_quimica\\_ablandamiento.pdf](http://cidta.usal.es/residuales/libros/logo/pdf/Precipitacion_quimica_ablandamiento.pdf)>
8. Disponible en internet:  
<[http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes\\_tecnicos/PROTOCOLO-](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-)

MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-  
(CONTINENTALES).pdf>

9. FOSTER, S. y GOMES, D. Monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas una evaluación de métodos y costos. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (CEPIS). 1989. 111p.
  
10. GEISLER, GUNTHER. El agua: como un recurso natural renovable. México: Trillas, 2011.  
ISBN: 978-607-17-0982-0
  
11. GUTIERREZ, María. Ética profesional. Lima: Editorial San Marcos.2011.  
ISBN:978-612-302-552-6
  
12. MARTINEZ, G. Evaluación de dos agentes ablandadores de agua y su mezcla para ajustar el índice de langelier en recirculación de aguas de enfriamiento y estabilizar parámetros químicos en calderas de vapor. Tesis (Ingeniero Químico). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012.
  
13. MEJÍA, M. Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. Tesis (Magister en Manejo de Cuencas Hidrográficas). Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Tropical. Turrialba, 2005. 110p.
  
14. NEIRA, Marco. Dureza en aguas de consumo humano y uso industrial, impactos y medidas de mitigación. Estudio de caso: Chile. Tesis (Ingeniero Civil). Chile: Santiago de Chile, 2006. 89p.

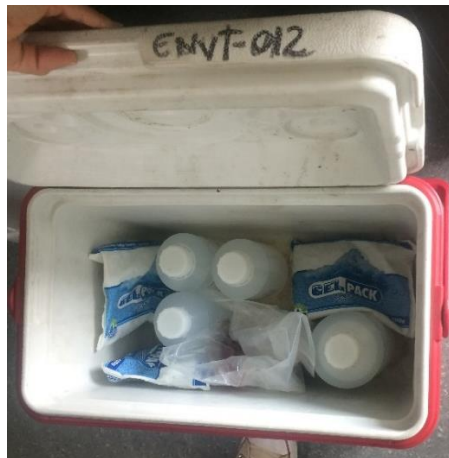
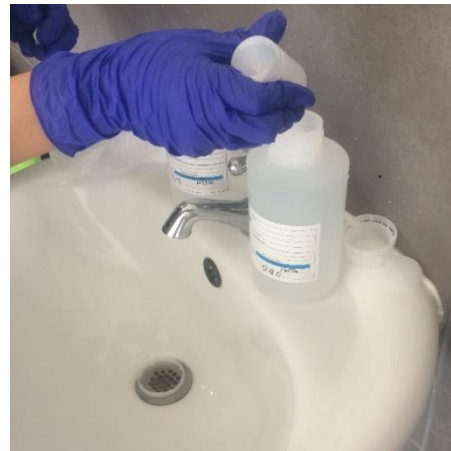
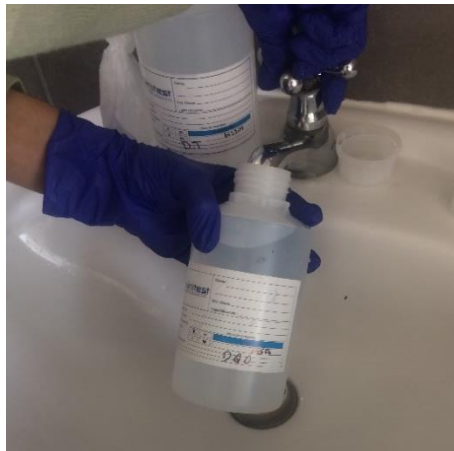
15. OLIVA, Evelyn. Remoción de carbonatos de calcio de aguas subterráneas por medio de tratamiento químico con cal y soda ash. Tesis (Magister en Ingeniería Sanitaria). Guatemala, 2005. 38p.
16. ORDOÑEZ J. Aguas subterráneas acuíferos. Lima: Sociedad Geográfica del Perú, 2012. 41p.  
ISBN: 978-9972-602-78-8
17. PEÑA, Yazmín, SANTACRUZ, Germán y CHARCAS, Hilario. Calidad del agua en pozos de la red de monitoreo del acuífero del valle de San Luis Potosí. *Aqua-LAC*, 4(1): 49-59. Marzo 2012.
18. PRICE, Michael. Agua subterránea. México: Limusa, 2012. 344p.
19. RAMALHO, R. Tratamiento de aguas residuales. Barcelona: Editorial Reverté, 2003. 704p.  
ISBN: 84-291-7975-5
20. Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA / Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental – Lima: Ministerio de Salud; 2011. 44 p.
21. RIGOLA, Miguel. Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales. España: Marcobo, 1990. 161p.  
ISBN: 84-267-0740-8
22. RODRÍGUEZ, Roberto. y CANDELA, Lucila. La Contaminación de las Aguas Subterráneas MOA. HOLGUIN. CUBA. En: Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: Un problema pendiente (1°: 1998: Valencia, España). Trabajos. Valencia, España: 1998. 312p.



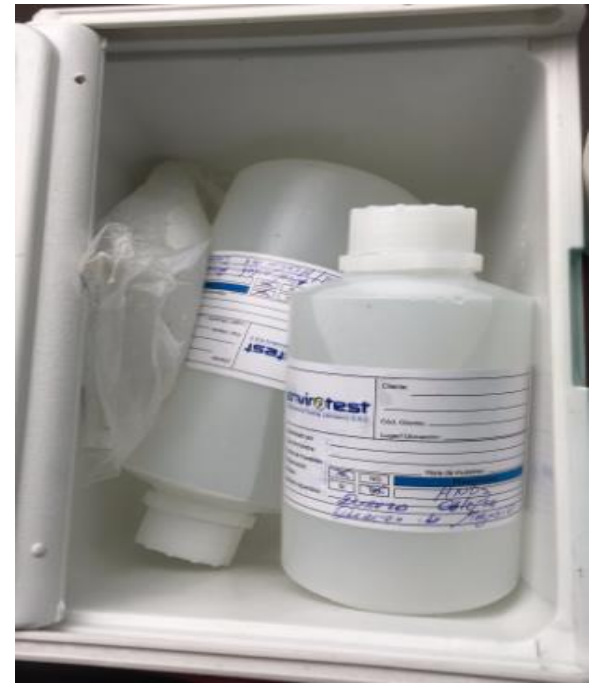
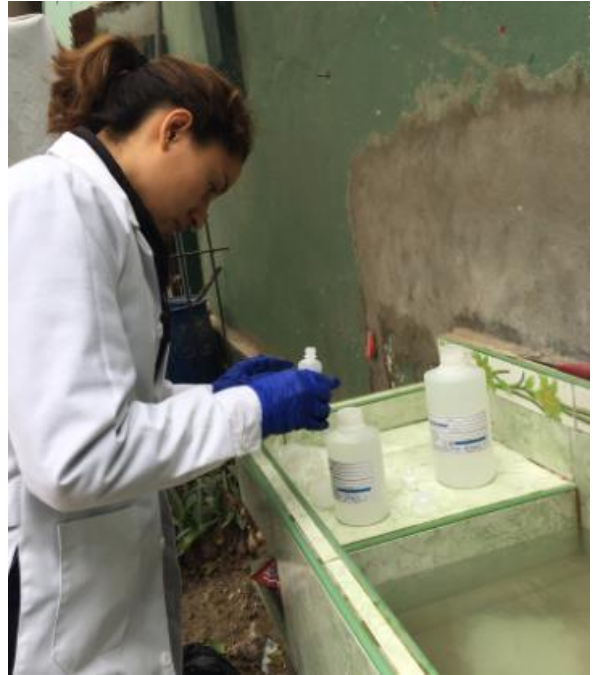
23. ROMERO, Jairo. Calidad del agua. Medellín: Ediciones de la U. 2009. 457p.  
ISBN: 978-958-8692-06-7
24. SAMPIERI, R., COLLADO, C. & BAPTISTA, L. Metodología de la investigación.  
México: McGraw-Hill, 1996.
25. SAMPIERI, R., COLLADO, C. & BAPTISTA, L. Metodología de la investigación.  
México: McGraw-Hill, 1997.
26. Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater. 19a. Edición,  
Washington USA: American public Health Association, American Water Works  
Association, Water Enviroment Federation, 1995.
27. SIERRA, Carlos. Calidad del agua. Bogotá: Editorial escuela colombiana de  
ingeniería. 2011. 484p.
28. SOLANO, Galo. Efecto del hidróxido de calcio sobre la calidad de agua y la  
producción de estanques de cultivo de *Litopenaeus vannamei* en aguas  
salobres”, Tesis (Magister en Ciencias). Ecuador: Guayaquil, 2003.83p.
29. YADIRA, Venera y SANCHEZ, Nancy. Elaboración de un filtro a base de carbón  
activado obtenido del endocarpo de coco con el propósito de reducir la dureza en  
el agua potable, Tesis (Licenciatura en Química y Farmacia). San Salvador, El  
Salvador: Universidad de El Salvador, 2013.119p.

# ANEXOS

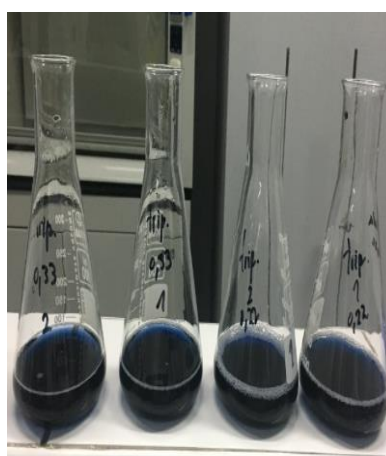
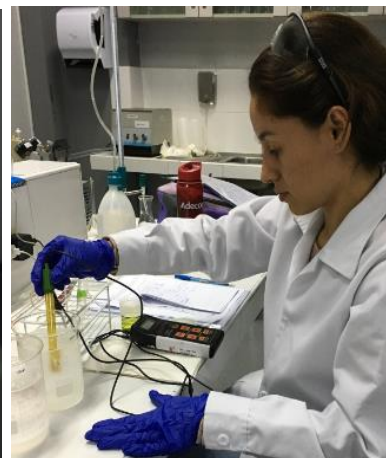
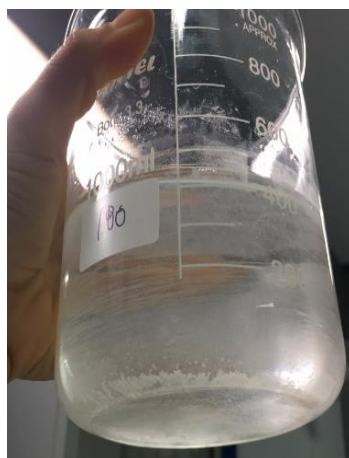
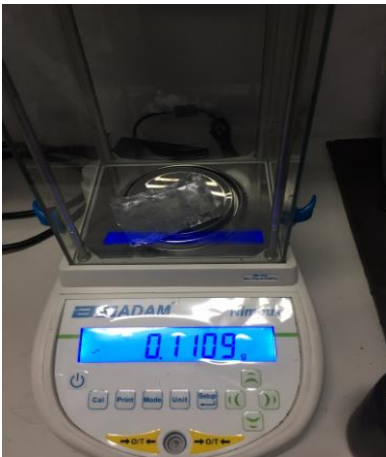
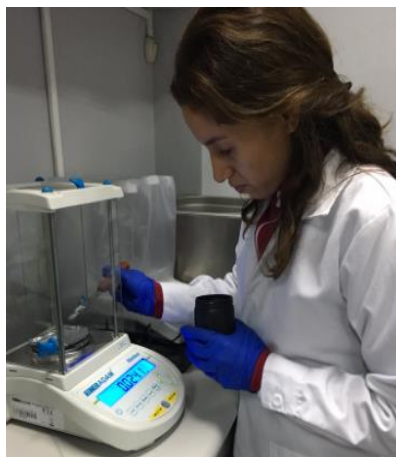
## Anexo N°1: PRIMER MUESTREO DE AGUA



## SEGUNDO MUESTREO DE AGUA



# PROCESO DE ANALISIS DE TRATAMIENTOS QUÍMICOS EN LABORATORIO DE CALIDAD – UCV



Anexo N° 2: Cadena de custodia de Laboratorio Envirotest

FOLOPEC: PM-OPE-1  
N° 018473

I.E. N°01: 104023 SM

43

Pág. de

**envirotest**  
Environmental Testing Laboratory S.A.C.

**CADENA DE CUSTODIA**

**DATOS DEL CLIENTE**

ENVÍAR INFORME DE ENSAYO A:  Agua  M.S.  C.A.  S.O.  Eml.  Otro

RAZÓN SOCIAL: Huero-Nacado Huelipa Trojillo

DIRECCIÓN: Av. Petit-Mocars No 1535 - Lince

TELÉFONO: 983504623 E-MAIL: huelipa.trojillo@huelipa.com

ORDEN DE SERVICIO N°: 983504623 COTIZACIÓN N°: 983504623

OTRA REFERENCIA: VENTICORP LOGISTICA SAC

ENVÍAR FACTURA A: VENTICORP LOGISTICA SAC

RAZÓN SOCIAL: VENTICORP LOGISTICA SAC

DIRECCIÓN: Av. Petit-Mocars No 1535 - Lince

NOMBRE DEL PROYECTO: Lungáncho - Chobitca

PROCEDENCIA: Dureza total

**ANÁLISIS REQUERIDOS**

Indicar con una (X) en los recuadros inferiores, los análisis requeridos por cada muestra

N° de muestra	Código de Cliente	Fecha (d-m-a)	Hora (24:00)	Muestra	Matriz o Producto	Ubicación UTM	Envío	Envío	Envío
01	A51	28/12/16	4:01	A. Subterránea	C.N.: 261324.32ms	01			
02	A52	28/12/16	4:04	A. Subterránea	C.N.: 261324.32ms	01			
03	A53	28/12/16	4:08	A. Subterránea	C.N.: 261324.32ms	01			
04	A54	28/12/16	4:11	A. Subterránea	C.N.: 261324.32ms	01			

**INFORMACIÓN DEL MUESTREO**

PLANIFICACION DEL MUESTREO: LABORATORIO - RECEPCION DE MUESTRAS

CODIGO DE EQUIPOS UTILIZADOS: 19-30

RECEPCION DEL MUESTREO: 19-30

RECEBIDO POR: [Firma]

FECHA (d-m-a): 28/12/16 Hora (24:00): 19:30

FIRMA: [Firma]

**LABORATORIO / REPRESENTANTE DEL CLIENTE**

Nombre: HELEN HUALLPA TROJILLO

Cargo: Seguridad y Salud Ocupacional

Firma: [Firma]

**CONDICIÓN DE LA MUESTRA:**

Origen de las empaques de las muestras: Envio

Condición de la muestra: Envio

FE: 04/09

RF: 13/Ago 16

Envirotest S.A.C., RUC 20523205836, Calle B Niz C lote 40 Urb. Paramaricoma-Lima 31-Perú, Centda Telefónica (511) 522-3758 / 533-1828, RPC 989114649, E-mail: info@envirotest.com.pe / www.envirotest.com.pe

**CONTROL - MANTENIMIENTO**

Fuente: Envirotest

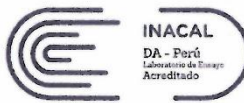
**CADENA DE CUSTODIA**

DATOS DEL CLIENTE		M.S.		C.A.		S.O.		Emi.		Otro		I.E. Nººº		164092		Pág		de																														
<b>ENVÍAR INFORME DE ENSAYO A:</b>																																																
Razón social: <u>Helen Nedda Hualpa Trojillo</u>																																																
Dirección: <u>Hualpa 2100 gmca.com</u>																																																
Teléfono: <u>420224112</u> E-MAIL: <u>h.hualpa@envirotest.com</u>																																																
Orden de servicio Nº: <u>320224112</u> COTIZACIÓN Nº: <u></u>																																																
Otra referencia: <u></u>																																																
Enviar factura a: <u></u>																																																
Razón social: <u></u>																																																
RUC: <u></u>																																																
Dirección: <u></u>																																																
Nombre del proyecto: <u></u>																																																
Procedencia: <u>Luzimacho - ZONAS</u>																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nº de muestra</th> <th rowspan="2">Código de Cliente</th> <th colspan="2">Muestreo</th> <th rowspan="2">Muestra o Producto</th> <th rowspan="2">Ubicación UTM</th> <th rowspan="2">Número de frascos por punto de muestreo</th> <th rowspan="2">Análisis requeridos</th> <th rowspan="2">Incluir con una (X) en los recuadros inferiores, los análisis requeridos por cada muestra</th> </tr> <tr> <th>Fecha (d-m-a)</th> <th>Hora (24:00)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>05</td> <td>AS5</td> <td>28/12/16</td> <td>4:14</td> <td>A. Subterránea (C.E. 240623214112)</td> <td></td> <td>01</td> <td>Nitrito</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>06</td> <td>AS6</td> <td>28/12/16</td> <td>4:17</td> <td>A. Subterránea (C.E. 240623214112)</td> <td></td> <td>01</td> <td>Total Coliform Bact.</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>																				Nº de muestra	Código de Cliente	Muestreo		Muestra o Producto	Ubicación UTM	Número de frascos por punto de muestreo	Análisis requeridos	Incluir con una (X) en los recuadros inferiores, los análisis requeridos por cada muestra	Fecha (d-m-a)	Hora (24:00)	05	AS5	28/12/16	4:14	A. Subterránea (C.E. 240623214112)		01	Nitrito	X	06	AS6	28/12/16	4:17	A. Subterránea (C.E. 240623214112)		01	Total Coliform Bact.	X
Nº de muestra	Código de Cliente	Muestreo		Muestra o Producto	Ubicación UTM	Número de frascos por punto de muestreo	Análisis requeridos	Incluir con una (X) en los recuadros inferiores, los análisis requeridos por cada muestra																																								
		Fecha (d-m-a)	Hora (24:00)																																													
05	AS5	28/12/16	4:14	A. Subterránea (C.E. 240623214112)		01	Nitrito	X																																								
06	AS6	28/12/16	4:17	A. Subterránea (C.E. 240623214112)		01	Total Coliform Bact.	X																																								
<p>(a) : Información solicitada por Resolución de Muestras</p> <p>(b) MATRIZ O PRODUCTO: Salud Ocupacional (S.O.) [Respirables (Rm.), Inhalables (Im.), Polvos (Pw), PVC, MCE], Calidad de Aire (C.A.) [PM-10, PM-2.5 (RV/LV), PTS, Sol. Cap.], Orina</p> <p>Agua (A.) [Agua Natural (A. Superficial, A. Subterránea, A. de Manantial, A. Termal, A. de Llave o Fuelle), Agua Residual (A.R.), A. R. Doméstica, A. R. Industrial, A. R. Municipal], Agua de Llave y Consumo Humano (A. de Piedad, A. de bebida = A. Potable/A. Embotellada, de mesa, A. de Fuente artificial), Agua Balnea (A. de Mar, A. Submarina, Salina), Agua de Proceso (A. de extracción o envasado, A. de alimentación para caldera, A. de calderas, A. de lavación, A. perfumada, A. de higiene y desinfección), Emulsiones (Em.), Partículas loc. (S.O.), Muestra Salada (M.S.), Lodo (Lod.), Sólidos (Soc.)</p>																																																
<b>MUESTREO REALIZADO POR</b>										<b>PLAN/PROCEDIMIENTO DE MUESTREO</b>																																						
Empresa: <u>Helen Hualpa Trojillo</u>										CÓDIGO DE EQUIPOS UTILIZADOS																																						
Responsable: <u>Hualpa Trojillo</u>										OBSERVACIONES																																						
Firma: <u>Hualpa Trojillo</u>										SUPERVISOR / REPRESENTANTE DEL CLIENTE																																						
										Nombre: <u>Helen Hualpa Trojillo</u>																																						
										Cargo: <u></u>																																						
										Firma: <u>Hualpa Trojillo</u>																																						
Entregado por: <u>Hualpa Trojillo</u>										LABORATORIO - RECEPCIÓN DE MUESTRAS																																						
Fecha (d-m-a): <u>28/12/16</u>										Recibido por: <u>BAYONA</u>																																						
Hora: <u>24:00</u>										Fecha (d-m-a): <u>19:30</u>																																						
Hora: <u>24:00</u>										Hora: <u>24:00</u>																																						
Firma: <u></u>										Firma: <u></u>																																						
Origen de los envases de las muestras										Envases:																																						
Condición de las Muestras:										Envases:																																						

Fuente: Envirotest



## Anexo N° 3: Informe del monitoreo de agua subterránea



Registro N° LE-056

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
PERUANO DE ACREDITACION INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-056

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO  
INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC. - IAS  
CON REGISTRO TL - 659

### INFORME DE ENSAYO N° 164042 CON VALOR OFICIAL

Nombre del Cliente : HELEN NEDDA HUALLPA TRUJILLO  
 Dirección : Av. Petit Thouars N° 1575 - Lince  
 Solicitado Por : HELEN NEDDA HUALLPA TRUJILLO  
 Referencia : Cotización N° 2934-16  
 Proyecto : Reservado por el Cliente  
 Procedencia : Reservado por el Cliente  
 Muestreo Realizado Por : El Cliente  
 Cantidad de Muestra : 2  
 Producto : Agua Subterránea  
 Fecha de Recepción : 2016/12/28  
 Fecha de Ensayo : 2016/12/28 al 2017/01/04  
 Fecha de Emisión : 2017/01/05

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

#### I. Resultados

Código de Laboratorio	164042-01		
Código de Cliente	AS5		
Fecha de Muestreo	28/12/2016		
Hora de Muestreo (h)	16:14		
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E 0294672.14 N 8671724.32		
Tipo de Producto	Agua Subterránea		
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados
ACREDITADO ANTE EL INACAL-DA			
Fisicoquímicos			
Nitrato	mg/L	0,133	15,57

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado <sup>402</sup>=Resolución cuantificable, "—" = No Analizado, <sup>403</sup>= Mayor al rango lineal permitido por la técnica analítica <sup>404</sup>= Límite de Detección de Método.

Código de Laboratorio	164042-02		
Código de Cliente	AS6		
Fecha de Muestreo	28/12/2016		
Hora de Muestreo (h)	16:17		
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E 0294672.14 N 8671724.32		
Tipo de Producto	Agua Subterránea		
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados
ACREDITADO ANTE EL IAS			
Microbiológicos			
Total Coliform Bacteria	NMP/100 mL	1,8	2,3E+02

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, "—" = No Analizado.

Fuente: Envirotest



## INFORME DE ENSAYO N° 164042 CON VALOR OFICIAL

### II - Métodos y Referencias

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
<b>Fisicoquímicos</b>		
Nitrato	SM 4500-NO3 - E	Cadmium Reduction Method
<b>Microbiológicos</b>		
Total Coliform Bacteria	SM 9221 B / 9221C	Enumeration of Total Coliforms by MPN method Stándard Total Coliform fermentation Technique

SIGLAS: \*SM\*: Standard methods for the examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 22nd Ed. 2012



**Alfonso Vilca M.**  
GCSSA  
C.Q.P. N° 587

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.

Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.

El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.

El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.

Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.

\*\* FIN DEL INFORME \*\*

Fuente: **Envirotest**

**INFORME DE ENSAYO N° 164043  
CON VALOR OFICIAL**

Nombre del Cliente : VENTCORP LOGISTICA SAC  
 Dirección : Av. Petit Thouars N° 1575 - Lince  
 Solicitado Por : Helen Nedda Huallpa Trujillo  
 Referencia : Cotización N° 3205-16  
 Proyecto : Análisis de Agua  
 Procedencia : Urb. Huerta de Nievería - Chosica  
 Muestreo Realizado Por : El Cliente  
 Cantidad de Muestra : 4  
 Producto : Agua Subterránea  
 Fecha de Recepción : 2016/12/28  
 Fecha de Ensayo : 2016/12/28 al 2017/01/04  
 Fecha de Emisión : 2017/01/05

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

**I. Resultados**

Código de Laboratorio	164043-01	164043-02	164043-03
Código de Cliente	AS1	AS2	AS3
Fecha de Muestreo	28/12/2016	28/12/2016	28/12/2016
Hora de Muestreo (h)	16:01	16:04	16:08
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E 0294672.14 N 8671724.32	E 0294672.14 N 8671724.32	E 0294672.14 N 8671724.32
Tipo de Producto	Agua Subterránea	Agua Subterránea	Agua Subterránea
Tipo Ensayo ACREDITADO ANTE EL INACAL-DA	Unidad	L.C.M.	Resultados
Físicoquímicos			
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2,0	—
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	5,0	—
Dureza Total	mg/L	5,00	648,2

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método. L.D.M. = Límite de detección del método. "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado. "—" = No Analizado.  
 "—" = Mayor al rango lineal permitido por la técnica analítica. "—" = Límite de Detección de Método.

Código de Laboratorio	164043-04
Código de Cliente	AS4
Fecha de Muestreo	28/12/2016
Hora de Muestreo (h)	16:17
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E 0294672.14 N 8671724.32
Tipo de Producto	Agua Subterránea
Tipo Ensayo ACREDITADO ANTE EL IAS	Unidad
Microbiológicos	
Escherichia coli	NMP/100mL
	1,8
	<1,8E+00

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método. L.D.M. = Límite de detección del método. "<" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado. "—" = No Analizado.

Fuente: Envirotest

**INFORME DE ENSAYO N° 164043  
CON VALOR OFICIAL**

**II - Métodos y Referencias**

Tipo Ensayo	Norma Referencial	Base
<b>Fisicoquímicos</b>		
Demanda Biológica de Oxígeno	SM 5212 B	Biochemical Oxygen Demand, 5 Days
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SM 5220 C	Crude Reflux Colorimetric Method
Dureza Total	SM 2343 C	EDTA Titrimetric Method
<b>Microbiología</b>		
Escherichia coli	SM 5211 F, 9221 G	Enumeration of E. coli by MPN Membr. Procedure Using Fluorogenic Substrates

NOTAS: \*Método estándar para la determinación de la demanda biológica de oxígeno (DQO) en aguas residuales. AFNOR AZNOR NFP 2003 Ed. 2002.

**Alfonso Vilca M.**  
GCSSA  
C.G.P. N° 587

**Pedro Laynes Z.**  
Jefe de Microbiología (a)  
C.G.P. N° 12323

Los resultados producidos corresponden sólo a la muestra incluida, según la manera de custodia correspondiente.  
 Estos resultados no deben ser utilizados como un certificado de conformidad con normas del mercado.  
 El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.  
 El tiempo de prescripción de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y no desde la fecha de muestra.  
 Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.

"FIDEL INFORME"

**INFORME DE ENSAYO N° 171534  
CON VALOR OFICIAL**

Nombre del Cliente : HELEN NEDDA HUALLPA TRUJILLO  
Dirección : Av. Petit Thouars N° 1575 - Lince  
Solicitado Por : HELEN NEDDA HUALLPA TRUJILLO  
Referencia : Cotización N° 05085-17  
Proyecto : Reservado por el Cliente  
Procedencia : Lurigancho - Chosica  
Muestreo Realizado Por : El Cliente  
Cantidad de Muestra : 2  
Producto : Agua Subterránea  
Fecha de Recepción : 2017/05/20  
Fecha de Ensayo : 2017/05/20 al 2017/06/01  
Fecha de Emisión : 2017/06/02

La muestra fue recepcionada en buenas condiciones

**I. Resultados**

Código de Laboratorio	171534-01	171534-02	
Código de Cliente	AS7	AS8	
Fecha de Muestreo	20/05/2017	20/05/2017	
Hora de Muestreo (h)	09:35	09:37	
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E 0244672.14 N 8671724.32	E 0284672.14 N 8671724.32	
Tipo de Producto	Agua Subterránea	Agua Subterránea	
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados
Fisicoquímicos			
Alcalinidad Bicarbonato	mg/L	5,00	163,2
Alcalinidad Carbonato	mg/L	5,00	< 5,00
Conductividad	µS/cm	1 <sup>MD</sup>	1722
Dureza Cálcica	mg/L	2,50	665,8
Dureza Magnésica	mg/L	0,61	89,70

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método. L.D.M. = Límite de detección del método. \*c\* = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado. \*\* = Resolución cuantificable. -- = No Analizado.  
\*M\* = Mayor al rango lineal permitido por la técnica analítica. \*\* = Límite de Detección de Método.

**II - Métodos y Referencias**

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Fisicoquímicos		
Alcalinidad Bicarbonato	SM 2320-B, 22nd. Ed. 2012	Alkalinity, Titration Method
Alcalinidad Carbonato	SM 2320-B, 22nd. Ed. 2012	Alkalinity, Titration Method
Conductividad	SM 2510 B, 22nd. Ed. 2012	Conductivity Laboratory Method
Dureza Cálcica (Calcio)	SM 3500 Ca-B, 22nd. Ed. 2012	Calcium, EDTA Titrimetric Method
Dureza Magnésica (Magnesio)	SM 3500 Mg B, 22nd. Ed. 2012	Magnesium, Calculation Method

SIGLAS: \*SM\*: Standard methods for the examination of Water and Wastewater APHA, AWWA, WEF 22nd Ed. 2012

Calle B Mz C lote 40 Urb. Panamericana - Lima 31 - Perú , Central Telefónica (511) 522-3758 / 523-1828

FQ-LAB-54  
F.E.: Oct 09  
F.R.: 7/Abr 16

info@envirotest.com.pe / www.envirotest.com.pe

Página 1 de 2

Fuente: Envirotest

**INFORME DE ENSAYO N° 171534  
CON VALOR OFICIAL**

**Alfonso Vilca M.**  
GCSSA  
C.Q.P. N° 587

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente.

Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.

El tiempo de custodia de la muestra es de un mes calendario desde el ingreso de la muestra al Laboratorio.

El tiempo de perecibilidad de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra.

Está prohibido la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C.


**\*\* FIN DEL INFORME \*\***

Anexo N° 4: Matriz de consistencia

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES							
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD
<b>TRATAMIENTO QUÍMICO EN LA REDUCCIÓN DE LA DUREZA EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS PROVENIENTES DE LA URB. HUERTA DE NIEVERÍA – CHOSICA, 2017</b>							
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Variable independiente</b>				
¿Será posible reducir la dureza en las aguas subterráneas de la Urb. Huerta de Nievería - Chosica, 2017?	Reducir la dureza en las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería - Chosica, 2017 y su uso como agua potable.	Los tratamientos químicos reducen la dureza en las aguas subterráneas de la Urb. Huerta de Nievería - Chosica, 2017 y su uso como agua potable.	<b>TRATAMIENTO QUÍMICO</b> Ablandamiento químico se fundamenta en la adición de compuesto al agua que reacciona con los iones de magnesio y calcio, convirtiéndolos en sustancias insolubles, que son expulsados del agua por métodos convencionales. (Espigares y Pérez, 2015)	El tratamiento químico se dará mediante la dosis de cal, soda cáustica, tripolifosfato de sodio y cal sodada en un tiempo determinado.	COMPUESTOS	Cal (CaO) Soda cáustica (NaOH) Tripolifosfato de sodio (Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub> ) Cal sodada Ca(OH) <sub>2</sub>	g
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>	<b>Variable dependiente</b>				
¿Cuál es la reducción máxima de dureza obtenida por el compuesto óptimo en las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería – Chosica, 2017?	Determinar el compuesto óptimo para el ablandamiento en las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería - Chosica, 2017.	El compuesto óptimo seleccionado permitirá reducir la dureza en un 50% en las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería – Chosica, 2017.	El proceso de la evaluación de la calidad del agua subterránea consiste en saber su naturaleza física, química relacionada con la salud humana y el ambiente (FAO, 1983)	Las aguas subterráneas serán medidas a través de los parámetros físicos (conductímetro y	PARÁMETROS FÍSICOS	Temperatura	C°
¿Cuál es la dosis óptima para la reducción de dureza en las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería - Chosica, 2017?	Determinar la dosis óptima para la reducción de dureza en las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería – Chosica, 2017.	La dosis óptima permitirá obtener reducciones mayores al 50% de dureza en las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería – Chosica, 2017.		químico (potenciómetro y método EDTA) posteriormente se realizará una comparación con los Límites Máximos Permisibles.	PARÁMETROS QUÍMICOS	pH Dureza	Unidad de pH mg/L
<b>REDUCCIÓN DE DUREZA EN AGUAS SUBTERRÁNEAS</b>							

Fuente: Propia

Anexo N° 5: Ficha de observación

		Tratamiento químico en la reducción de la dureza en las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería-Chosica, 2017.						Versión: 01	
		FICHA DE OBSERVACIÓN						Página: 01	
Investigador:		Hora:							
Fecha:		DUREZA OBTENIDA (mg/L)							
Laboratorio:		DOSIS DE COMPUESTO (g)							
VARIABLE DEPENDIENTE  REDUCCIÓN DE DUREZA EN AGUAS SUBTERRÁNEAS	Cal	REPETICIÓN	DUREZA OBTENIDA (mg/L)	DOSIS DE COMPUESTO (g)	DUREZA OBTENIDA (mg/L)	DOSIS DE COMPUESTO (g)	DUREZA OBTENIDA (mg/L)	DOSIS DE COMPUESTO (g)	pH
		R-1							
		R-2							
	Tripolifosfato de sodio	R-3							
		R-1							
		R-2							
	Soda caústica	R-3							
		R-1							
		R-2							
	Cal sodada	R-3							
		R-1							
		R-2							

\* Las dosis consideradas son para un volumen de 0.5L

Fuente: Elaboración Propia a partir del protocolo del ANA.


Fuente: **Propia**

## Anexo N° 6: Obtención de dureza en laboratorio de calidad-UCV

### ENSAYO N° 001-2017 LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL – UCV INFORME DE RESULTADOS AGUAS

Tesista: HELEN NEDDA HUALLPA TRUJILLO  
Dirección: Av. Del Parque 6<sup>ta</sup> cuadra – San Juan de Lurigancho  
Tipo de ensayos: Análisis fisicoquímicos  
Tipo de muestra: Agua subterránea  
Identificación de la muestra: Agua subterránea con alta dureza  
Descripción de la muestra: C1,C2,C3,T1,T2,T3,SC1,SC2,SC3,CS1,CS2,CS3  
Muestra tomada por: Helen Nedda Huallpa Trujillo  
Fecha de ingreso de muestra: 15/06/17  
Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de Calidad Ambiental -UCV  
Fecha de realización de ensayos: 15/06/17 – 17/06/17

PARÁMETRO	Potencial de hidrógeno (pH)	Dureza Total
UNIDADES	Numérico	mg/L $CaCO_3$
MÉTODO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF (2012) Part 4500-H+ B, 22nd Ed.	SMEWW-APHA-AWWA-WEF (2005)Part 2340 C, 22nd Ed.
C1	7.41	552
C2	7.40	548
C3	11.11	539
T1	7.01	495
T2	6.91	482
T3	6.83	387
S1	10.52	406
S2	11.56	345
CS1	11.59	418
CS2	11.51	395

  
Daniel Neciosup Gonzales  
ASISTENTE DEL LABORATORIO DE CALIDAD  
AMBIENTAL

  
V.º B.º Dr. Antonio Delgado Arenas

Fuente: **Propio**



**Anexo N° 7:** Reglamento de la Calidad de agua para consumo humano: Anexo II  
Límites máximos permisibles de calidad organoléptico, microbiológico y parasitológicos

Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano

**ANEXO II**

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL <sup>-1</sup>	1 000
8. Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	250
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> L <sup>-1</sup>	250
10. Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11. Amoníaco	mg N L <sup>-1</sup>	1,5
12. Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0,3
13. Manganeso	mg Mn L <sup>-1</sup>	0,4
14. Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0,2
15. Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2,0
16. Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3,0
17. Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: **Decreto Supremo N° 031-2010-SA**

## Anexo N° 8: Hoja de Validación de instrumentos por profesionales



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

#### I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr. Delgado Arenas Antonio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Coordinador de EAP Ingeniería Ambiental
- 1.3. Especialidad del validador: Ingeniero Químico
- 1.4. Nombre del instrumento: Pertinencia de los ítems o reactivos del instrumento
- 1.5. Título de la investigación: Tratamiento químico en la reducción de la dureza en las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería – Chosica, 2017.
- 1.6. Autor del instrumento: Helen Nedda Huallpa Trujillo

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					90%
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					90%
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					90%
4. Organización	Existe una organización lógica.					90%
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					90%
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					90%
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					90%
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					90%
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					90%
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90%
<b>PROMEDIO DE VALIDACIÓN</b>						90%

OFICINA DE INVESTIGACIÓN UCV – LIMA ESTE - 2017

Fuente: **Propia**

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

Primera Variable: TRATAMIENTO QUÍMICO

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
COMPUESTOS	Cal	✓		
	Tripolifosfato de sodio	✓		
	Cal sodada	✓		
	Soda caustica	✓		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la primera variable

Segunda variable: REDUCCIÓN DE DUREZA EN AGUAS SUBTERRANEAS

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
PARÁMETRO FÍSICOS	Temperatura	✓		
	Conductividad	✓		
PARÁMETRO QUÍMICOS	pH	✓		
	Dureza	✓		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la segunda variable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %. V: OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado  
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha: S.J.L. 11 de Julio del 2017

Firma del Experto Informante.

DNI. N° 29671642 Teléfono N° 999106180

OFICINA DE INVESTIGACIÓN UCV – LIMA ESTE - 2017

Fuente: **Propia**

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS GENERALES:**

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Quirino Paereco, Wilson
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE - UCV-TP
- 1.3. Especialidad del validador: RECURSOS NATURALES
- 1.4. Nombre del instrumento: Pertinencia de los ítems o reactivos del instrumento
- 1.5. Título de la investigación: Tratamiento químico en la reducción de la dureza en las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería – Chosica, 2017.
- 1.6. Autor del instrumento: Helen Nedda Huallpa Trujillo

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					90
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					90
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					90
4. Organización	Existe una organización lógica.					90
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					90
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					90
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					90
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					90
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					90
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90
<b>PROMEDIO DE VALIDACIÓN</b>						90

OFICINA DE INVESTIGACIÓN UCV – LIMA ESTE - 2017

Fuente: **Propia**

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

Primera Variable: TRATAMIENTO QUÍMICO

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
COMPUESTOS	Cal	/		
	Tripolifosfato de sodio	/		
	Cal sodada	/		
	Soda caustica	/		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la primera variable

Segunda variable: REDUCCIÓN DE DUREZA EN AGUAS SUBTERRANEAS

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
PARÁMETRO FÍSICOS	Temperatura	/		
	Conductividad	/		
PARÁMETRO QUÍMICOS	pH	/		
	Dureza	/		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la segunda variable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %. V: OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- () El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado  
 ( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha: SJL, 24. DE JULIO del 2017



Firma del experto informante.

DNI. N° 06082600 Teléfono N° 966648428

OFICINA DE INVESTIGACIÓN UCV – LIMA ESTE - 2017

Fuente: **Propia**

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS GENERALES:**

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Ceallas Bautista Jue Eby
- 1.2. Cargo e institución donde labora: INIA - Director de Investigación
- 1.3. Especialidad del validador: Mg. Forestal
- 1.4. Nombre del instrumento: Pertinencia de los ítems o reactivos del instrumento
- 1.5. Título de la investigación: Tratamiento químico en la reducción de la dureza en las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería – Chosica, 2017.
- 1.6. Autor del instrumento: Helen Nedda Huallpa Trujillo

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					85
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					85
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					85
4. Organización	Existe una organización lógica.					85
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					85
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					85
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					85
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					85
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					85
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					85
<b>PROMEDIO DE VALIDACIÓN</b>						85

OFICINA DE INVESTIGACIÓN UCV – LIMA ESTE - 2017

Fuente: **Propia**

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

Primera Variable: TRATAMIENTO QUÍMICO

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
COMPUESTOS	Cal	X		
	Tripolifosfato de sodio	X		
	Cal sodada	X		
	Soda caustica	X		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la primera variable

Segunda variable: REDUCCIÓN DE DUREZA EN AGUAS SUBTERRANEAS

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
PARÁMETRO FÍSICOS	Temperatura	X		
	Conductividad	X		
PARÁMETRO QUÍMICOS	pH	X		
	Dureza	X		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la segunda variable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 85 %. V: OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado  
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha: 12/07/17

  
Firma del experto informante.

DNI. N° 9367073 Teléfono N° 952505737

OFICINA DE INVESTIGACIÓN UCV – LIMA ESTE - 2017

Fuente: **Propia**

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS GENERALES:**

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Sebastián Quiroz L.
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Doe.
- 1.3. Especialidad del validador: OTC LV
- 1.4. Nombre del instrumento: Pertinencia de los ítems o reactivos del instrumento
- 1.5. Título de la investigación: Tratamiento químico en la reducción de la dureza en las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería – Chosica, 2017.
- 1.6. Autor del instrumento: Helen Nedda Huallpa Trujillo

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.				80	
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.				80	
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				80	
4. Organización	Existe una organización lógica.				80	
5. Sufficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.				80	
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.				80	
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos				80	
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.				80	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.				80	
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.				80	
<b>PROMEDIO DE VALIDACIÓN</b>					80	

OFICINA DE INVESTIGACIÓN UCV – LIMA ESTE - 2017

**Fuente: Propia**



III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

Primera Variable: TRATAMIENTO QUÍMICO

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
COMPUESTOS	Cal	✓		
	Tripolifosfato de sodio			
	Cal sodada			
	Soda caustica			

La evaluación se realiza de todos los ítems de la primera variable

Segunda variable: REDUCCIÓN DE DUREZA EN AGUAS SUBTERRANEAS

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
PARÁMETRO FÍSICOS	Temperatura	✓		
	Conductividad			
PARÁMETRO QUÍMICOS	pH	✓		
	Dureza			

La evaluación se realiza de todos los ítems de la segunda variable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 80 %. V: OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado  
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

12-07-17  
Lugar y fecha:



Firma del experto informante.

DNI. N° 07744062 Teléfono N° \_\_\_\_\_

OFICINA DE INVESTIGACIÓN UCV – LIMA ESTE - 2017

Fuente: **Propia**

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS GENERALES:**

1.1. Apellidos y Nombres del validador: Ms. GAMARRA CHAVARRY, LUIS FELIPE

1.2. Cargo e institución donde labora: SENA MHI - UCV

1.3. Especialidad del validador: Ing. GEOGRAFO - ECONOMISTA

1.4. Nombre del instrumento: Pertinencia de los ítems o reactivos del instrumento

1.5. Título de la investigación: Tratamiento químico en la reducción de la dureza en las aguas subterráneas provenientes de la Urb. Huerta de Nievería – Chosica, 2017.

1.6. Autor del instrumento: Helen Nedda Huallpa Trujillo

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje apropiado y específico.					90
2. Objetividad	Esta expresado en conductas observables.					90
3. Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					90
4. Organización	Existe una organización lógica.					90
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.					90
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos de las estrategias.					90
7. Consistencia	Basados en aspectos teóricos-científicos					90
8. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.					90
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.					90
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90
<b>PROMEDIO DE VALIDACIÓN</b>						90

OFICINA DE INVESTIGACIÓN UCV – LIMA ESTE - 2017

Fuente: **Propia**

III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS O REACTIVOS DEL INSTRUMENTO

Primera Variable: TRATAMIENTO QUÍMICO

DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
COMPUESTOS	Cal	✓		
	Tripolifosfato de sodio	✓		
	Cal sodada	✓		
	Soda caustica	✓		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la primera variable

Segunda variable: REDUCCIÓN DE DUREZA EN AGUAS SUBTERRANEAS

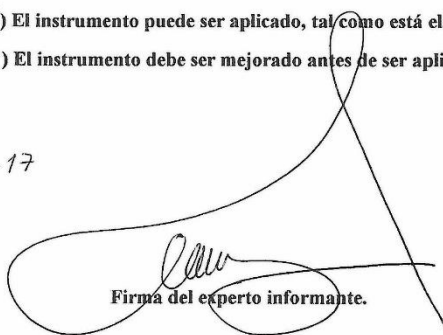
DIMENSION	INSTRUMENTO	SUFICIENTE	MEDIANAMENTE SUFICIENTE	INSUFICIENTE
PARÁMETRO FÍSICOS	Temperatura	✓		
	Conductividad	✓		
PARÁMETRO QUÍMICOS	pH	✓		
	Dureza	✓		

La evaluación se realiza de todos los ítems de la segunda variable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90 %. V: OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado  
 El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lugar y fecha: 12-07-17



Firma del experto informante.

DNI. N° 10228440 Teléfono N° 952872387

OFICINA DE INVESTIGACIÓN UCV – LIMA ESTE - 2017

Fuente: **Propia**