



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AMBIENTAL**

**“REDUCCION DE LA DUREZA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS  
MEDIANTE MICRO-NANO BURBUJAS DE AIRE-OZONO EN LA  
URBANIZACIÓN VILLA EL PINAR – COMAS”**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA:**

Bendezu Valenzuela, Luz Rosmeri

**ASESOR:**

Valverde Flores, Jhonny Wilfredo

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y gestión de los recursos naturales

**LIMA – PERÚ**

**2017**

**PAGINA DEL JURADO**

**APROBADO POR:**

---

**PRESIDENTE**

---

**SECRETARIO**

---

**VOCAL**

## **DEDICATORIA**

A Dios por protegerme y guiar mi camino.

A Mis padres, por su apoyo incondicional en la parte moral y económica para finalizar mi carrera universitaria, por los valores que me han inculcado y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mis hermanos por su comprensión en toda la trayectoria de mi formación académica y de quienes aprendí y aprendo, la perseverancia y constancia en la vida.

## **AGRADECIMIENTOS:**

A Dios; por haberme guiado y acompañado a lo largo de mi carrera, por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más y a la universidad Cesar Vallejo, por haberme aceptado ser parte de ella y abrió las puertas de su ceno científico para poder estudiar mi carrera.

A mis padres: Magno Bendezu y Sonia Valenzuela; por darme la oportunidad de estudiar esta carrera, por ser ejemplo de vida y promover la unión familiar en nuestro hogar.

A mis hermanos Freddy, Mayda, Luis y Marleni, por ser parte de mi vida, por su apoyo incondicional y los grandes momentos que hemos compartido.

De igual forma agradezco a mi asesor de tesis, Dr. Ing. Jhonny Valverde Flores por guiarme durante todo el desarrollo de la tesis; sus conocimientos, sus orientaciones, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para mi formación como investigadora. Con absoluto respeto, admiración y agradecimiento, por brindarme su confianza y tenerme fe, para la realización y culminación del presente trabajo.

Finalmente quiero agradecer a todas las personas que colaboraron durante mi periodo de investigación por todo lo que he aprendido de ellos, tanto profesionalmente, como adquirir mis valores los cuales hacen que crezca como persona.

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo LUZ ROSMERI BENDEZU VALENZUELA con DNI N°71385347, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos 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 bajo juramento que todos los datos e información que se presente 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 de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, Julio del 2017

---

Bendezú Valenzuela Luz Rosmeri

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento a vuestra consideración, el trabajo de Tesis titulada “**Reducción de la dureza de aguas subterráneas mediante micro-nano burbujas de aire/ozono en la urbanización Villa el Pinar, Comas**”, con la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniera Ambiental, esperando que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniera Ambiental.

El Autor

Bendezu Valenzuela, Luz Rosmeri

## RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo: reducir la concentración de dureza del agua subterránea mediante la aplicación de las micro/nano burbujas de aire, en la urbanización Villa el Pinar- Comas, 2017. El Método que se utilizó es pre-experimental y la validación del instrumento se realizó a juicio de expertos; una vez recolectada los datos estos fueron procesados y analizados en el programa estadístico SPSS y Excel 2013. Se tomaron 3 muestras y realizo un tratamiento en un periodo de 10, 15 y 20 min. En los resultados se encontró que las muestras de agua del sector Villa El Pinar, presentaron una concentración de dureza total de 610ppm (M-01), 600ppm (M-02) y 602ppm (M-03), lo cual se considera como agua muy dura y se encuentra sobrepasando el límite máximo permisible que es de 500ppm para consumo humano. Se obtuvieron porcentajes de reducción de la dureza total después del tratamiento mediante las micro/ nano burbujas en un 17% para la muestra M-01 y M-02; y para la M-03 se obtuvo un 16% de porcentaje de remoción. Por tanto las micro/nano burbujas lograron remover un porcentaje de la dureza total, manteniéndose cerca al límite máximo permisible que es 500pp.

### **Palabras claves:**

Dureza total del agua, micro/nano burbuja, cloruros, sulfatos, pH, oxígeno disuelto.

## **ABSTRAC**

The objective of the present investigation is to reduce the concentration of groundwater hardness by applying the micro / nano air bubbles in the Villa el Pinar-Comas urbanization, 2017. The method used is pre-experimental and validation Of the instrument was made by experts; Once the data were collected they were processed and analyzed in the statistical program SPSS and Excel 2013. Three samples were taken and a treatment was carried out in a period of 10, 15 and 20 min. The water samples from the Villa El Pinar sector had a total hardness concentration of 610ppm (M-01), 600ppm (M-02) and 602ppm (M-03), which is considered as water Very hard and is exceeding the maximum allowable limit that is 500ppm for human consumption. Percentages of reduction of total hardness after treatment were obtained by micro / nano bubbles in 17% for sample M-01 and M-02; And for the M-03 a 16% percentage of removal was obtained. Therefore the micro / nano bubbles succeeded in removing a percentage of the total hardness.

Keywords:

Total hardness of water, micro / nano bubble, chlorides, sulfates, pH, dissolved oxygen.



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO.....	III
INDICE .....	IV
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....	IV
RESUMEN .....	V
ABSTRACT .....	VI
I. INTRODUCCIÓN .....	9
1.1. Realidad problemática .....	10
1.2. Trabajos previos .....	11
1.3. Teorías relacionadas al tema .....	13
1.4. Formulación del problema .....	13
1.5. Justificación del estudio.....	14
1.6. Hipótesis .....	14
1.7. Objetivos.....	15
1.7.1. Objetivo general .....	15
1.7.2. Objetivos específicos .....	15
II. MÉTODOLOGÍA.....	19
2.1. Diseño de investigación .....	19
2.2. Variables, operacionalización .....	21
3.1. Población y muestra.....	22
3.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	22
3.3. Métodos de análisis de datos .....	23
3.4. Aspectos éticos .....	24
III. RESULTADOS .....	27
IV. DISCUSIÓN.....	34

V. CONCLUSIONES .....	34
VI. RECOMENDACIONES.....	35
VII. PROPUESTA (Obligatorio Doctorado).....	35
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	35
ANEXOS .....	37

## I.INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los elementos muy importantes y uno de los constituyentes fundamentales de la materia viva. Tiene propiedades muy peculiares, que determinan la naturaleza del mundo físico y biológico.

En general, el agua es impura, viaja a través de los suelos y rocas como parte de su ciclo hidrológico; durante su recorrido va incorporando materiales orgánicos e inorgánicos asimismo lleva en disolución sales y gases debido a su alto poder disolvente.

Las fuentes de agua subterránea presentan grandes concentraciones de sales minerales mayores que las aguas superficiales, debido al prolongado contacto que establece con las rocas. Por su alto contenido de calcio, magnesio y sales como (sulfatos, cloruros, carbonatos y bicarbonato) se le denomina AGUA DURA, sin embargo; son varios los efectos que traen las aguas duras en la salud como la formación de cálculos renales, problemas en los riñones, obstrucciones en las vías circulatorias asimismo el exceso de cal obstruye los poros de la piel ocasionando resequedad; y en lo económico; incrustaciones en las tuberías, requiere de mayor consumo de jabón, mayor gasto de combustible en la cocción y preparación de alimentos, entre otros.

Por tanto, es necesario disminuir la concentración de la dureza, es por ello que existen diversos métodos que se le conoce como ablandamiento; mediante intercambiadores iónicos, uso del carbonato de sodio y por precipitación (ablandamiento del agua). Teniendo en cuenta su clasificación: Las aguas duras temporales se eliminan por medio de la ebullición del agua, filtración o decantación. En cambio, las aguas duras permanentes pueden ser eliminadas, pero suelen ser trabajosos tanto por el costo y como por el proceso; usando ablandadores especiales.

El objetivo de la investigación es reducir la concentración de la dureza total proveniente de las aguas subterráneas de la urbanización Villa el Pinar del distrito de Comas mediante las micro/nano burbujas de aire.

La investigación se divide en 6 capítulos. En el capítulo I, se detalla la realidad problemática, trabajos previos, teorías relacionadas al tema, formulación del problema, la hipótesis y los objetivos.

En el capítulo II, se describe el diseño de la investigación, las variables, población, muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, aspectos éticos y método de análisis de datos.

En el capítulo III, IV, V y VI se describen los resultados, las discusiones y conclusiones de la investigación.

## 1.1. Realidad Problemática

El agua subterránea es un recurso escaso, desigualmente distribuido y sometido a una explotación ya que es una fuente importante de abastecimiento. Sin embargo, la mayor preocupación sobre su contaminación se ha asociado con actividades antrópicas que agravan su disponibilidad tanto en cantidad y calidad; debido a la explotación de acuíferos, derrames de sustancias contaminantes, practicas inadecuadas entre otros.

El problema que enfrenta la Urbanización Villa el Pinar del Distrito de Comas, es precisamente no contar con el servicio de agua potable y se ven obligados a usar el agua subterránea a través de las perforaciones verticales (pozos) lo que no garantiza que el agua sea apta para consumo humano.

NUNJA (2007), en su investigación menciona que las aguas superficiales tienen una dureza total en un rango de 200-300 mg CaCO<sub>3</sub>/L; mientras que el agua subterránea tiene una dureza en el rango de 400-600 mg Ca CO<sub>3</sub>/L.

De acuerdo a la caracterización del agua subterránea del sector Villa el Pinar, se obtuvo una dureza total de 610 mg CaCO<sub>3</sub>/L; lográndose entender que las aguas del pozo que abastece al sector son excesivamente duras.

Las aguas duras traen efectos en la salud como: cálculos y problema en los riñones, el exceso de cal obstruye los poros de la piel ocasionando resequedad y en el aspecto económico; incrustaciones en las tuberías, mayor gasto de combustible en la cocción de alimentos, tendencia a generar sarro en la tubería, entre otros.

Es por ello, que en el presente trabajo de investigación, se realizó un tratamiento de las aguas subterráneas del sector Villa el Pinar, empleando la generación de micro nano burbujas para reducir la concentración de la dureza total.

## 1.2 Trabajos Previos

COLCHA (2013). En su tesis para obtener título de ingeniero químico tiene por objetivo diseñar un sistema de tratamiento del agua de alimentación a la caldera para prevenir la corrosión en la Planta de Lácteos de Tunshi. El método que aplicó es de investigación experimental e inductiva, llevó a cabo un análisis físico químico del agua de alimentación y como resultado obtenido fue que la dureza del agua de alimentación presenta un valor de 223.2 ppm; para ello se realizó la regeneración y activación de la resina contenida en el ablandador donde se logró una disminución a 98.2 ppm. Asimismo empleó un compuesto ADL (TQ-SOFT-ADL) como tratamiento químico y se logró una disminución total de la dureza del agua llegando a valores de 0 ppm; concluyendo que el sistema de tratamiento usando el ADL (TQ-SOFT-ADL) es eficiente en un 100%.

MARTINEZ (2012). En su tesis tiene como objetivo principal evaluar el desempeño 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. Realizó una investigación a nivel de laboratorio de control de calidad y la experimentación a nivel industrial lo llevo a cabo en 3 empresas de alimentos en Guatemala. Tomó una muestra de agua con una concentración de 80 mg/L de dureza a ello agregó un agente ablandador de agua repitiendo este procedimiento hasta ajustar la dureza a cero partes por millón. Como resultado obtenido fue reducir la concentración de dureza a 0 mg/L usando tripolifosfato de sodio, sal tetrasódica del ácido etildiaminotetraacético y tres mezclas de los agentes ablandadores de agua.

QUISPE (2015), En su tesis tiene como objetivo: Evaluar la electrocoagulación para la remoción de mercurio de las aguas residuales procedentes del centro poblado La Rinconada. Se realizó el tratamiento en 2 muestras de agua residual de diferentes puntos del centro Poblado La Rinconada. La experimentación se realizó en una celda de electrocoagulación de material acrílico para tratar volúmenes de muestra de 1000 mL. Las aguas residuales presentó las siguientes características: Dureza 501.60

mg/L, Cloruros 31.20 mg/L, Sulfatos 360 mg/ L y mercurio 0.596 mg/L. Después del tratamiento de electrocoagulación se obtuvieron los siguientes resultados: con respecto a la dureza para la muestra 1 presentó una disminución de 501.60 a 463.60 mg/L y para la muestra 2 de 486.40 a 452.20 mg/L. En cambio en los cloruros la concentración subió debido al uso de cloruros de sodio que usaron para incrementar la densidad de corriente de la muestra 1 de 31.20 a 2297.81 mg/L y en la muestra 2 de 28.37 a 2290.72 mg/L. Finalmente la concentración de sulfato redujo de 360 a 280 mg/L en la muestra 1 y en la muestra 2 de 367 a 237 mg/L. Para realizar el tratamiento se realizó un diseño de Box-Wilson y se logró un porcentaje de remoción de mercurio del 97% para muestra 1 y 94% para la muestra 2.

OLIVA (2005). En su tesis titulada incorporación del caudal producido por el pozo H6 a la producción de la planta de tratamiento de agua "El Cambray", mediante la utilización del método de oxidación con permanganato de potasio; tiene por objetivo reducir a 150 mg/L el valor de la dureza total de las aguas subterráneas. El método que usó para la remoción de Carbonatos de Calcio a base de Cal y soda Ash fue una adaptación de la prueba de jarras, utilizada para el proceso de coagulación y floculación. Los parámetros que se tuvieron en cuenta fue los tiempos de contacto: tiempo de mezcla rápida y lenta así como la de sedimentación; lográndose obtener una remoción mayor al 75% de la dureza total presente en las aguas.

NEVAREZ (2009). En su investigación tiene por objetivo verificar las óptimas condiciones de regeneración de resinas de intercambio iónico, a través de pruebas a nivel de laboratorio que simulan la operación a nivel industrial de esta manera identificar las concentraciones de los regenerantes; este estudio tuvo un diseño experimental ya que se realizaron ensayo de alcalinidad, dureza, sílice, conductividad y hierro, tanto del agua tratada en el desmineralizador como el tratado en el laboratorio. Se obtuvo como resultado que la dureza total disminuye desde el agua cruda hasta el agua que fluye por las resinas catiónicas y luego de pasar por las resinas aniónicas esta propiedad sufre un incremento, que puede deberse a que estas últimas resinas se encuentren contaminadas o saturadas porque se encontraban fuera de servicio del desmineralizador. Por tanto, llegó a la conclusión

que al caracterizar el agua a la entrada del desmineralizador, las propiedades como alcalinidad, sílice, dureza y hierro, son relativamente altas, después de recibir un tratamiento con resinas de intercambio iónico reduce la concentración hasta obtener un agua que cumpla con las especificaciones técnicas.

NUNJA (2007), en su tesis tiene como objetivo; mejorar la calidad química del agua potable, mediante el sistema de Intercambio Iónico ciclo sodio y blending en Huacho. La investigación tiene un diseño experimental llevada a cabo en el laboratorio de química analítica de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Evaluó las características químicas del agua potable antes y después del tratamiento de intercambio iónico, con muestra de ocho pozos que abastecen el distrito de Huacho. De acuerdo a los resultados se obtuvo que al inicio el agua tenía una dureza elevada entre 400 a 600ppm sin embargo; después de realizar el tratamiento con el intercambio iónico se obtuvo cerca 0ppm de dureza y después del blending logró alcanzar una dureza óptima de 300 ppm como  $\text{Ca CO}_3$ ; por tanto, se determinó la relación que existe entre las variables: blending e Intercambio iónico ciclo sodio.

CORTIJO (2013), en su trabajo de investigación tiene como objetivo disminuir la alcalinidad del agua de proceso que debe mantener un contenido mínimo de sales (carbonato de calcio, bicarbonato y magnesio) para ser usado en el proceso de manufactura sin producir incrustaciones ni corrosión en los sistemas de la planta. El diseño es experimental, como muestra determinó una empresa que se dedica al proceso manufacturero; y se obtuvo resultados de un agua con las características deseadas por la empresa, un agua en equilibrio (no corrosiva y no incrustante). Se concluyó que fue viable la utilización de resinas de intercambio iónico para reducir la alcalinidad del agua, utilizando una metodología mucho más.

ZHIRAN y LIMING (2013) en su investigación propusieron métodos de oxidación y realizaron pruebas de laboratorio para aguas superficiales y subterráneas a través de las Micro-nanoburbujas de esta manera degradar contaminantes orgánicos en condiciones de laboratorio; siendo el naranja de metilo el contaminante más representativo. Se generaron micro-nanoburbujas de oxígeno y ozono durante 30



minutos. El método usado en esta investigación se basa en el tipo de flujo de líquido en espiral combinado con el tipo de disolución. Ambos direccionados en la Hidrodinámica, generándose las micro-nanoburbujas con un caudal de gas (1,0 L/min) y líquido (10,0 L/min). Las mezclas de líquido y gas fueron inyectados en el cilindro para ser cortado en el volante giratorio. En conclusión las Micro-nanoburbujas demostraron que el oxígeno no tienen capacidad de oxidación para el naranja de metilo, sin embargo las de ozono producen un efecto ligero de oxidación sobre este contaminante orgánico, disminuyendo la concentración a los 5 minutos de 10 ppm a 3 ppm. La tasa de degradación alcanzó el 91 % en el minuto 10, después de ello la degradación disminuyó y el contaminante se mantuvo a 0,2 mg/ L.

HENGZHEN *et al.* (2013). Realizaron una investigación la cual tuvo como objetivo mejorar la biorremediación de las aguas subterráneas a través de las Micro/nanoburbujas y determinar la influencia de la salinidad en el desempeño de las burbujas. Realizaron un tratamiento usando un generador de micro-nanoburbujas de tipo espiral en un tanque de agua de 11 L por un periodo de 15 minutos. El caudal de ingreso para el gas fue de 240 ml/min y para el agua 11 L/min asimismo el caudal de salida del agua con micro-nanoburbujas fue de 11 L/min. Después de generar las burbujas se tomaron tres muestras y se realizaron 5 repeticiones para cada muestra. En conclusión se observaron las mejoras de la calidad del agua y la salinidad del agua no influyó en la dimensión de las micro-nanoburbujas; sin embargo se demostró que 0,7 g/l de sal era la concentración óptima para transferir oxígeno y a esta concentración las micro-nanoburbujas tuvieron un potencial zeta mínimo.

### 1.3. Teorías relacionadas al tema

#### 1.3.1. Dureza del agua

Según Espinoza (2005, p. 10). “La dureza es la característica del agua que representa la concentración total de iones de calcio y magnesio expresados como carbonatos de calcio  $\text{CaCO}_3$ ”.

OLIVA (2005). Menciona que existen dos tipos de dureza: dureza carbonatada o temporal que está determinada por su contenido de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio; que pueden ser eliminados por la ebullición del agua. Dureza permanente o de no carbonatos es la combinación de iones de calcio y magnesio con iones de sulfato, nitrato y cloruros. No se remueve al hervir el agua.

En la tabla N° 01 se detalla la interpretación de la dureza según su concentración.

Tabla N° 01. Interpretación de la dureza del agua.

Concentración de dureza total mg/L	Interpretación
0-90	Blanda
91-180	Moderadamente dura
181-270	Agua Dura
>270	Agua muy dura

FUENTE: Mora, y otros (2,000)

#### 1.3.2. Agua subterránea:

Collazo, M y Montaña, J (2012). Mencionan que el agua subterránea es aquel que circula y se aloja en el subsuelo llegando a conformar los acuíferos. La fuente de principal de aporte es el agua proveniente de las precipitaciones, a través del proceso de infiltración. Otra fuente de alimentación se da por medio de los lagos, arroyos, ríos y lagunas. Esta agua se encuentra debajo del nivel freático y en ocasiones los poros o fisuras del terreno se encuentran saturadas logrando fluir a la superficie de manera natural en forma de manantiales o vertientes.

### **1.3.3 Conductividad Eléctrica (CE).**

OLIVA (2005).La conductividad eléctrica refiere a la capacidad del agua de conducir la corriente eléctrica. En las aguas subterráneas, la conductividad varía de acuerdo a la cantidad de minerales disueltos en el agua.

### **1.3.4 PH (Potencial de Hidrógeno)**

“El pH, es un parámetro que mide la concentración de iones hidronio presentes en el agua. El valor del pH depende de la temperatura” (Severiche et al., 2013, p.12).

### **1.3.5 Sulfatos**

El sulfato en aguas subterráneas se debe principalmente al yeso. Asimismo puede ser originario de la oxidación del sulfuro de hierro o pirita. El sulfato de sodio y magnesio, se encuentran presentes en cantidades suficientes que le dan un sabor amargo y suele actuar como laxante para personas que no están acostumbradas a consumir este tipo de aguas.

### **1.3.6 Nanoburbujas**

BELTRAN Y JACINTO (2012). La micro burbuja está definida como una burbuja pequeña entre el rango de 1 a 100  $\mu\text{m}$ . Ascenden uniformemente en un líquido.

ZHIRAN y LIMING (2013), las nanoburbujas a comparación de las burbujas convencionales, son casi invisibles a simple vista, debido a su tamaño medido en escala nanométrica. Es por ello que se hace necesario microscopios sofisticados para poder observarlos y analizarlos.

Normalmente, el tamaño lateral de las nanoburbujas van de 10 nanómetros a 1 micra y su altura es de varias decenas de nanómetros. El tiempo de vida de las nanoburbujas es una de sus características más sorprendentes, ya que a diferencia de las burbujas, estas pueden vivir desde horas hasta incluso días o semanas.

El área específica  $a_V$  se calcula por la relación entre el área superficial  $A$  por volumen  $V$ . En el caso de una burbuja esférica con un diámetro  $d$ , el área específica es:

$$a_V = \frac{A}{V} = \frac{\pi d^2}{(\pi d^3)/6} = \frac{6}{d}$$

### 1.3.7 Velocidad de ascenso lenta

SJOGREEN (2015). La velocidad de ascenso va a depender de las propiedades físicas de los líquidos. Para microburbujas de 100  $\mu\text{m}$  de diámetro el número de Reynolds se expresa en  $Re = d \cdot v \cdot \rho / \eta$ , es casi 1 y su forma es esférica. La velocidad de ascenso cumple la ecuación de Stokes que es aplicable a esferas sólidas.

$$v = \frac{\rho g d^2}{18\eta}$$

Donde  $v$  es la velocidad de ascenso,  $\rho$  es la densidad del líquido,  $g$  la aceleración de la gravedad,  $d$  diámetro de la burbuja y  $\eta$  la viscosidad del líquido.

### 1.3.8 Presión interna

BELTRAN Y JACINTO (2012). La presión genera la tensión superficial de la película de líquido que rodea a un micro burbuja de gas, siendo inversamente proporcional al radio del micro burbuja, de manera que mientras más pequeña sea la burbuja, mayor es el efecto de la tensión superficial. La diferencia entre presión al interior y exterior de la micro burbuja es grande. La presión interior es mayor que la externa, debido a la tensión superficial. En la siguiente figura se describe la tensión superficial en interface de aire/agua.

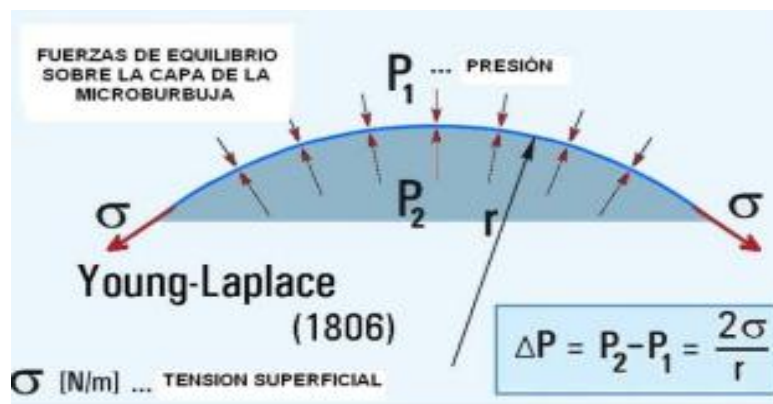


Fig. N° 01 Tensión superficial ley de Young-Laplace, en interface aire/agua

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

Cuanto más pequeña la micro burbuja, mayor será la presión interna.

$$r = \frac{2(\sigma_s - \sigma)}{P_1 - P_2}$$

**Dónde:**

$\sigma$  : Tensión superficial del líquido, N/m

$\sigma_s$ : Tensión superficial del surfactante, N/m

P1: Presión ambiente, Pa

P2: Presión interna, Pa

r: Radio de la microburbuja

### **1.3.9 Aplicaciones de las nanoburbujas**

Tanto las micro y nanoburbujas pueden ser aplicadas a distintos campos de la ciencia, dentro de ellas la remediación de aguas contaminadas por diferentes tipos de contaminantes.

La generación de microburbujas en el proceso de flotación se puede usar en aguas residuales o de tratamiento de agua potable (Li, P y Tsuge, H. 2006).

Tsai et al., (2007) indica de que las burbujas actúan removiendo partículas finas del agua mediante la unión de las partículas en la burbuja. Además indica que cuanto más pequeño sea el diámetro de la burbuja, más eficiente será el proceso, ya que la tasa de colisión con partículas aumenta.

## **1.4 Formulación del problema**

### **1.4.1 Problema general**

- ¿Existe reducción en la concentración de dureza de las aguas subterráneas mediante la aplicación de las micro/nano burbujas de aire, en la urbanización Villa el Pinar – Comas, 2017?

### **1.4.2 Problemas específicos**

- ¿Se modificaran las propiedades fisicoquímicas del agua subterránea al aplicar las micro/ nano burbujas de aire, en la urbanización Villa el Pinar – Comas, 2017?
- ¿Se reducirá la concentración de sales (sulfatos y cloruros) al aplicar las micro/ nano burbujas de aire, en la urbanización Villa el Pinar – Comas, 2017?

## **1.5 Justificación del estudio**

La presente investigación busca mejorar la calidad de las aguas subterráneas a través de las micro/ nano burbujas para obtener aguas blandas óptimos para el uso doméstico en la urbanización Villa el Pinar del distrito de Comas.

El sistema de tratamiento a través de las micro/ nano burbujas, es una alternativa viable, amigable con el ambiente sin la adición de agentes químicos y con un bajo costo de implementación respecto a otras técnicas; buscando con este tratamiento reducir la dureza del agua para luego ser aprovechados en fines domésticos. Ya que, la ventaja de usar el agua blanda es que; se disminuye la acumulación de sarro en las tuberías, se reduce el gasto de combustible para la cocción de los alimentos; permitiendo de esta manera un ahorro económico para el consumidor. Es por ello, la

investigación favorece al sector de la población para mejorar la calidad de las aguas subterráneas.

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis general**

- Existe reducción de la concentración de dureza de las aguas subterráneas mediante la aplicación de micro/nano burbujas de aire, en la urbanización Villa el Pinar – Comas, 2017

### **1.6.2 Hipótesis específicos**

- Las propiedades fisicoquímicas del agua subterránea se modifican al aplicar las micro/ nano burbujas de aire en la urbanización Villa el Pinar – Comas, 2017
- Se reduce la concentración de sales presentes en el agua al aplicar las micro/ nano burbujas de aire en la urbanización Villa el Pinar – Comas, 2017

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo general**

- Reducir la concentración de dureza del agua subterránea mediante la aplicación de las micro/nano burbujas de aire, en la urbanización Villa el Pinar – Comas, 2017.

### **1.7.2 Objetivo específico**

- Determinar las características físicas químicas del agua subterráneas después de aplicar las micro/ nano burbujas de aire, en la urbanización Villa el Pinar – Comas, 2017.

- Determinar la concentración de sales presentes en las aguas subterráneas después del tratamiento con micro/nano burbujas de aire, en la urbanización Villa el Pinar.

## II. MÉTODO

### 2.1 Tipo y Diseño de investigación

#### 2.1.1. Tipo de investigación

El tipo de estudio de la presente investigación, está basada de acuerdo a los siguientes aspectos:

- De acuerdo al fin que persigue: Aplicada
- De acuerdo al tipo y nivel de conocimiento: Técnica
- De acuerdo al tipo de diseño metodológico: Pre-experimental

#### 2.1.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es pre-experimental ya que se pretende evaluar a la variable dependiente, es decir analizar el agua subterránea, para después llevar a cabo el tratamiento con nanoburbujas de aire y finalmente se realizó una evaluación a la variable dependiente es decir al agua subterránea después del tratamiento.

$$G: O_1 - X - O_2$$

Dónde:

O<sub>1</sub>: Análisis de la muestra inicial del agua subterránea.

X: Generación y aplicación de micro/nanoburbujas de oxígeno.

O<sub>2</sub>: Análisis de la muestra final del agua.



## **2.2 Variables, Operacionalización**

### **Variable independiente:**

VI: micro/ nano burbujas de aire.

### **Variable dependiente:**

VD: Reducción de la dureza total del agua subterránea.

## **2.3. Operacionalización de variables**

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
<b><u>INDEPENDIENTE</u></b> micro/ nano burbujas de aire-ozono	Las nanoburbujas son burbujas finas de gas que son casi invisibles a simple vista debido a que se encuentran en escala pequeña con un diámetro menos de 100 micras, son de carga negativa y permanecen en los líquidos durante un período prolongado de tiempo. Hengzhen et al., (2013).	Las nanoburbujas se encuentran a escalas muy pequeñas y debido a las propiedades que presentan, permiten eliminar, remover y/o reducir la concentración de diferentes contaminantes.	Propiedades Físicas de las nano burbujas.	Tamaño de NB (nm)	Razón
				Presión de interna NB (atm)	Razón
				Velocidad de ascenso	
				Caudal (m3/s)	Razón
<b><u>DEPENDIENTE</u></b> Reducción de la dureza total del agua subterránea.	El agua subterránea es aquel que circula y se aloja en el subsuelo llegando a conformar los acuíferos, tiene una dureza que se encuentra en el rango de 400-600 mg CaCO <sub>3</sub> /L Collazo, M y Montaña, J (2012).	La dureza total es considera como la suma de iones de magnesio y calcio en su mayor proporción. Sin embargo, también están las sales como cloruros y sulfatos.	Características Físico-químicas del agua subterránea antes y después del tratamiento	Oxígeno disuelto	Razón
				pH	De intervalo
				Conductividad eléctrica	Razón
			Concentración de la dureza total del agua subterránea antes y después del tratamiento.	Iones de Calcio (Ca <sup>2+</sup> ) y Magnesio (Mg <sup>2+</sup> )	Razón
				Cloruros (CaCl <sub>2</sub> , Mg Cl <sub>2</sub> ),	Razón
				Sulfatos (y MgSO <sub>4</sub> )	Razón

**Fuente:** Elaboración propia, 2017

## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1. Población:

En la investigación la población está determinada por las aguas subterráneas de la Urb. Villa el Pinar del distrito de Comas.

### 2.3.2. Muestra:

La muestra estará dada por 60 litros de agua subterránea

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

ETAPAS	FUENTES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
1) Recolección de muestras del agua de pozo	Área de estudio	Metodología para toma de muestras-ANA	Ficha de registro de datos de campo	Muestra de 60 litros
2) Análisis de la muestra de agua antes del tratamiento	El área de estudio.	Laboratorio acreditado para análisis	Análisis de laboratorio mediante prueba de ensayo	Evidencia de presencia de dureza en el agua
3) Tratamiento del agua con las micro/nano burbujas	El área de estudio	Tratamiento-EX SITU	Instrumentos de laboratorio	Mejoras en las condiciones fisicoquímicas del agua
4) Análisis de la muestra de agua después del tratamiento	El área de estudio.	Especialistas en el tema.	Análisis de laboratorio mediante prueba de ensayo	Disminución de la Dureza
5) Interpretación y análisis	Gabinete.	El análisis de resultados.	Ficha de Análisis de resultados.	Procesamiento de datos obtenidos

**Fuente:** Elaboración propia, 2017

### **2.3.2 instrumento de recolección de datos**

Como instrumento de recolección de datos se usaron las fichas de observación que están en los **Anexos N° 1 y 2**, los cuales facilitaron para registrar los parámetros evaluados antes y después del tratamiento.

### **2.4.3 validez y confiabilidad**

Para la validez y confiabilidad de las fichas se realizó a través del juicio de expertos, en este caso los docentes de la Escuela de Ingeniería ambiental de la Universidad Cesar Vallejo.

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

**Análisis Descriptivos:** Mediante la estadística descriptiva en el programa Microsoft Excel y SPSS para la generación de promedios y diversos cálculos necesarios para la obtención de datos.

**Método experimental:** El método experimental se realiza mediante la observación, registro y análisis de las variables intervinientes en la investigación sobre modelos y ambientes artificialmente creados para facilitar la manipulación de las mismas.

### **2.6 ASPECTOS ÉTICOS**

En la elaboración del proyecto de tesis, se ha dado cumplimiento a la Ética Profesional, con los principios fundamentales de la moral individual y social; siendo un proyecto innovador y muy útil, elaborado en base a información obtenida en campo y diversas fuentes bibliográficas, se tomará en cuenta al autor y el año de publicación. Asimismo no habrá manipulación de los resultados.

## **CAPÍTULO III**

## RESULTADOS

### Etapa N° 1: Recolección de muestras

Se tomaron muestras con volúmenes de 20 litros en 3 días del pozo que abastece al sector Villa el Pinar del distrito de Comas. Las muestras se identificaron como M-01 para el día 1, M-02 para el día 2 y M-03 para el tercer día.

Geográficamente las coordenadas de la toma de muestra se detallan en la tabla N° 02

**Tabla N°. 02** Coordenadas del punto de muestreo

MUESTRA	COORDENAS UTM	FECHA DE MUESTREO	HORA
M-01	E 276231 N 8684666	01/07/2017	12:00 h
M-02	E 276231 N 8684666	02/07/2017	1:00 pm
M-03	E 276231 N 8684666	03/07/2017	2:00 pm

**Fuente:** Elaboración propia, 2017



**Fig. N° 2** Ubicación del pozo del sector Villa el pinar

Para la toma de muestras se realizó siguiendo el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los recursos Hídricos del ANA. Los procedimientos seguidos fueron:

- Reconocer el lugar de estudio: Las muestras fueron tomadas del pozo que abastece a todos los pobladores del sector Villa el Pinar del distrito de Comas.
- Acondicionar los materiales para el recojo de muestras de agua (cooler, envase de plástico con boca ancha, balde, sogá).
- La muestra extraída fueron homogenizadas en un balde, para luego ser vertidos a los frascos de plástico de 1 litro color blanco.
- Para preservar la muestra se siguió la guía de instrucciones recomendada por el laboratorio (Equas) para el caso de la dureza se usó 1.5 ml de  $\text{HNO}_3$ .
- Seguidamente se rotularon las muestras indicando la ubicación, descripción y fecha de monitoreo.
- Finalmente se conservaron las muestras dentro de un cooler, con la finalidad de asegurar la calidad de las muestras para luego ser llevados al laboratorio acreditado.
- Asimismo se han realizado medición de la temperatura, pH, Conductividad eléctrica con la ayuda del multiparámetro.



**Fig. N° 3. Acondicionamiento de los materiales para la toma de muestra**



**Fig. N° 4 Realizando la medición con el multiparametro**



Fig. N° 05 Preservación de las muestras con ácido nítrico



Fig. N° 06. Etiquetado de la muestra

## Etapa N° 2 Análisis de muestras (antes del tratamiento)

Se han determinado los parámetros fisicoquímicos del agua antes y después del tratamiento. Los parámetros analizados fueron:

El PH, la temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y turbiedad se realizó in situ a través del multiparámetro. Con respecto a la dureza total, cloruros y sulfatos han sido analizados en un laboratorio acreditado. Se detalla en el siguiente cuadro:

Tabla N° 03. Resultado de los análisis antes del tratamiento

PARAMETRO	MUESTRA		
	M1	M2	M3
Dureza (mg/L)	610	600	602
Cloruros (mg/L)	161	158	162
Sulfatos (mg/L)	335	340	338
pH	6.92	6,05	6,19
Temperatura °C	23.9	24,5	24,8
Oxígeno disuelto (mg/L)	7,08	7,33	7,23

Fuente: Elaboración propia, 2017



### **Etapas N° 3 Tratamiento del agua con las micro/ nano burbujas**

Las muestras han sido llevadas en el laboratorio de la universidad lugar donde se encuentra el dispositivo para realizar el tratamiento de las aguas.



**Figura 7. Dispositivo generador de micro nano burbujas**

Se utilizó el generador de micro nano burbujas el cual permitió obtener los siguientes resultados:

- **Tamaño de las micro/nano burbuja**

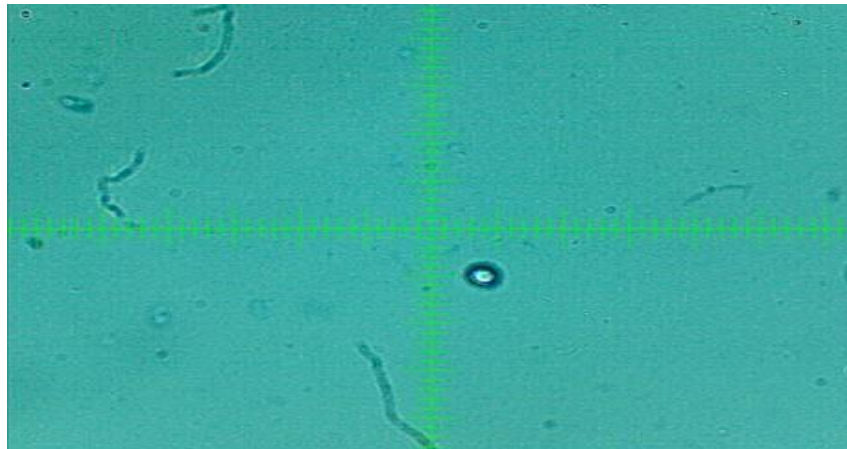
Para determinar el tamaño de las micro/ nano burbujas se utilizó un microscopio trinocular MOD. BM-120 T-LUZ LED, con cámara de marca Boeco de 5 megapíxeles.

Para realizar el tratamiento y generar las micro/nano burbujas se ha tenido en cuenta una presión de 20 a 25 pci; con un caudal de 4 l/min.

Llegándose a obtener un tamaño de: 2.2  $\mu\text{m}$



Figura 8. Imagen de la burbuja



FUENTE: Imagen obtenida de microscopio

Figura 9. Imagen de las burbujas



FUENTE: Imagen obtenida de microscopio

Figura 10. Tamaño de las burbujas determinado a través de un microscopio



FUENTE: Imagen obtenida de microscopio

- **Velocidad de ascenso del micro/ nano burbuja:** Reemplazando en la siguiente formula.

$$v = \frac{\rho g d^2}{18\eta}$$

**Dónde:**

$v$ : es la velocidad de ascenso, = (X)

$\rho$ : es la densidad del líquido =  $998.2 \text{ Kg/m}^3$

$g$ : la aceleración de la gravedad =  $9.8 \text{ m/s}^2$

$d$ : Diámetro de la burbuja =  $2.2 \times 10^{-6}$

$\eta$ : la viscosidad del líquido =  $1.005 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

$$v = \frac{998.2 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \left(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) \left(2.2 \times 10^{-6}\right)^2}{18 \left(1.005 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}\right)}$$

$$v = 2.62 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

Por tanto, se concluye que las micro nano burbujas de  $2.62 \times 10^{-6} \text{ m/s}$

- **Presión interna de la micro/ nano burbuja**

Para determinar la presión interna de las burbujas se utilizó la ecuación de Young-Laplace:

$$P = P_i + \frac{4\sigma}{db}$$

P: Presión de la burbuja

PI: Presión del líquido = p.g.h

$$= (998.2 \text{ Kg/m}^3) (9.8 \text{ m/s}) (0.10\text{m})$$

$\sigma$ : Tensión superficial= 0.0728 N/m

Db: Diámetro de la burbuja =

$$P = 2.41 \text{ atm} + \frac{4(0.0728 \frac{N}{m})}{0.2\text{um}}$$

$$P = 1.32 \text{ atm}$$

▪ **Análisis de muestra después de tratamiento**

Los resultados de la caracterización de la muestra de agua fueron reportados en la siguiente tabla N°. 04.

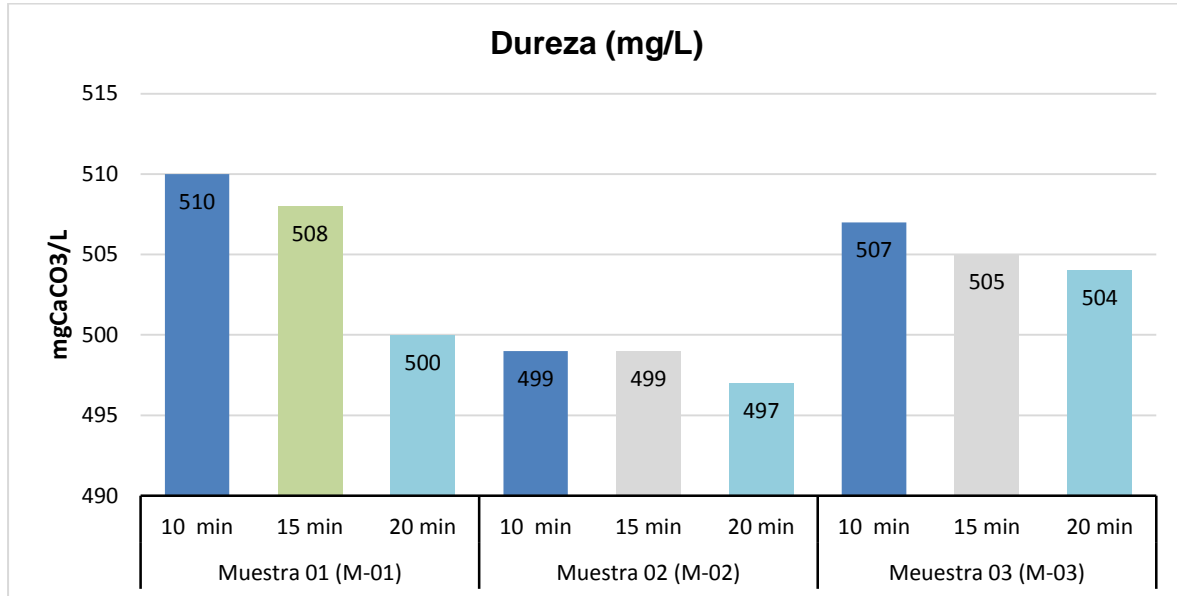
**N° Tabla 04 Resultados después del tratamiento**

PARAMETROS FISICOS DEL AGUA SUBTERRANEA							
Número de muestras	Tiempo	Dureza	Cloruros	Sulfatos	pH	Temperatura	Oxígeno disuelto
Muestra 01 (M-01)	10 min	510	80	237	7.6	22.7	7.91
	15 min	508	80	298	7.6	23	7.74
	20 min	500	79	311	7.5	23.3	7.7
Muestra 02 (M-02)	10 min	499	81	236	8.2	23.2	8.09
	15 min	499	78	339	8	22.9	7.99
	20 min	497	78	325	8	23	7.88
Muestra 03 (M-03)	10 min	507	77	272	8.17	22.8	7.96
	15 min	505	78	344	8.15	22.9	7.87
	20 min	504	78	337	8.3	23	7.87

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Para tener una comparación visual de los resultados de la tabla N° 04 para la muestra 01, 02 y 03 se grafican los resultados después del tratamiento para todos los parámetros medidos:

**Fig. N°11.** Grafica de barras de los resultados obtenidos de la Dureza

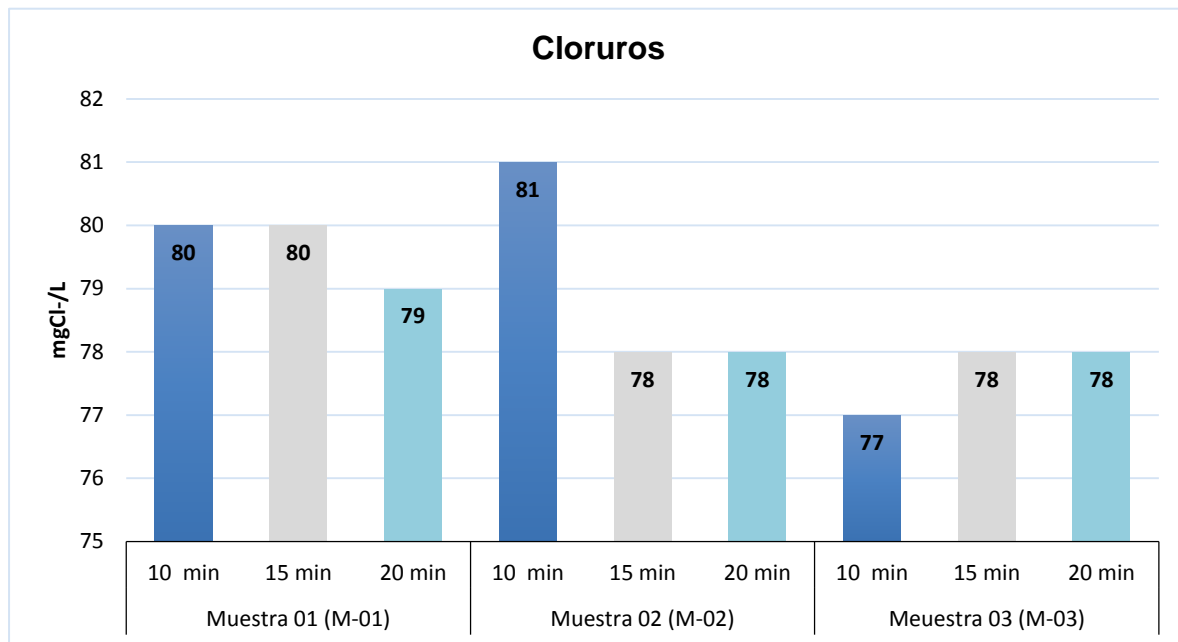


Fuente: Programa Excel 2013.

**Interpretación:**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la figura N° 11, se observa en la muestra (M-01) al minuto 10 la dureza reduce a 510 y en la muestra (M-02) a 499, siendo la concentración inicial de 610 ppm, 600 ppm y 602ppm respectivamente.

**Fig. N°12.** Grafica de barras de los resultados obtenidos de los Cloruros.

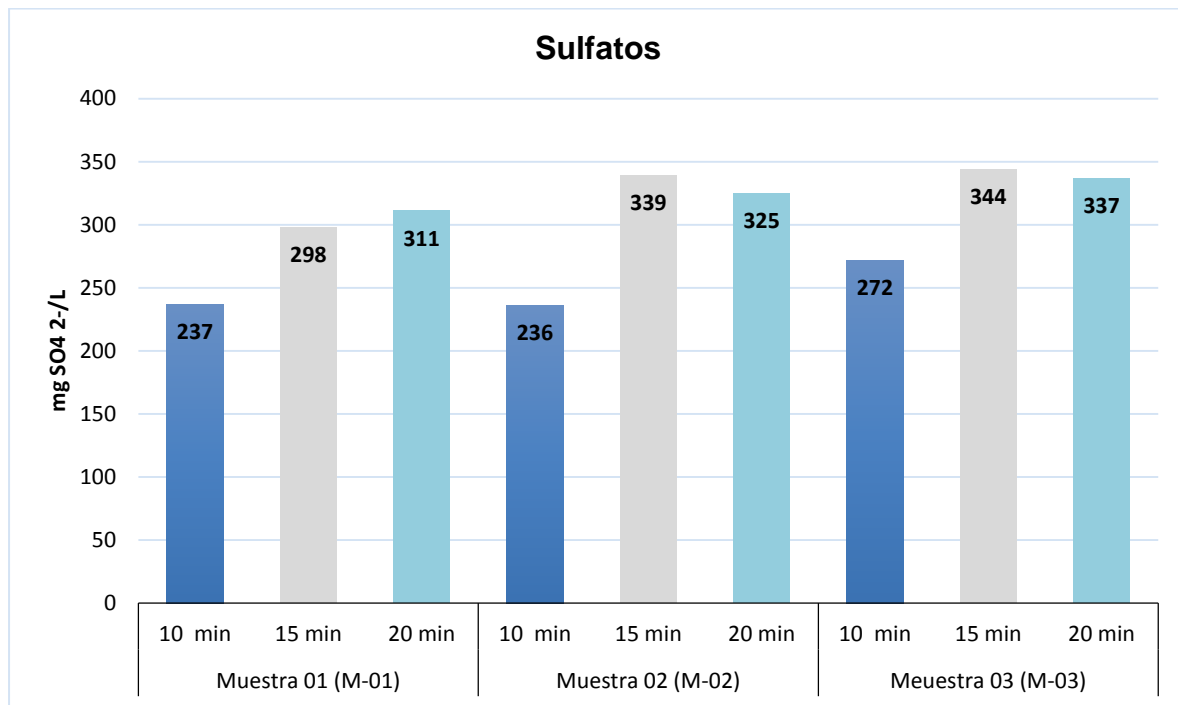


Fuente: Programa Excel 2013.

**Interpretación:**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Figura N° 12 se observa una disminución apreciable en cuanto a la concentración de los cloruros como se puede ver en la muestra M-02 de 158 mgCl/L a 78 mgCl/L después de un tratamiento de 20 minutos.

**Fig. N° 13.** Grafica de barras de los resultados obtenidos de los Sulfatos.

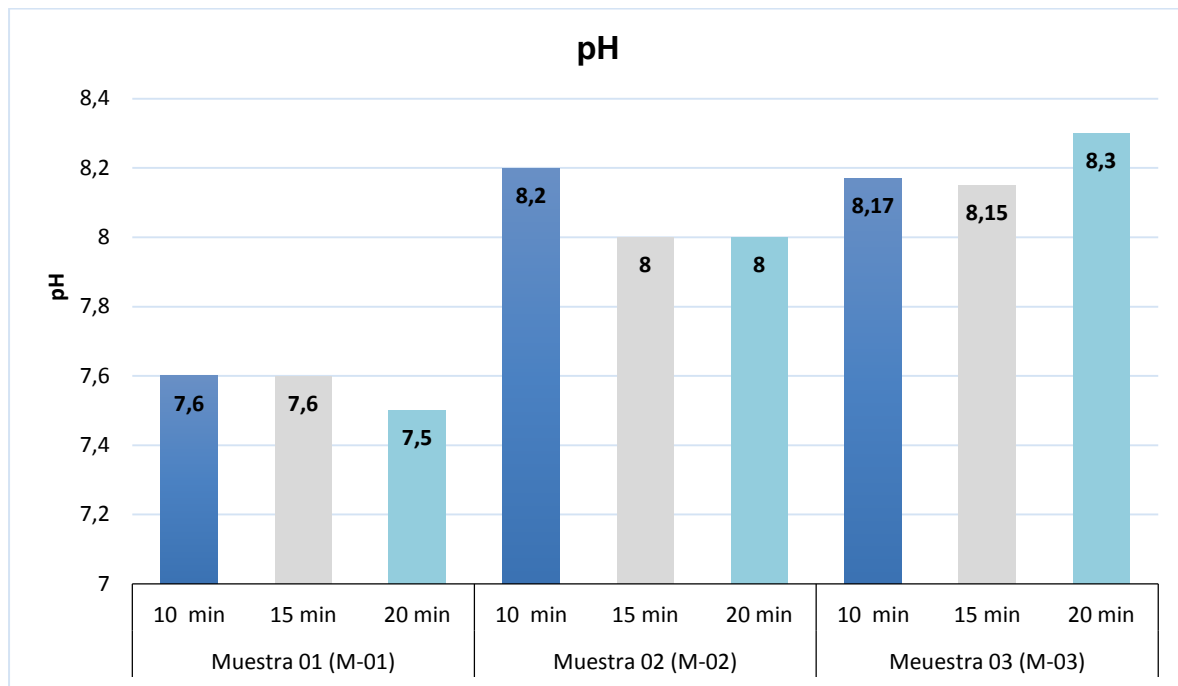


**Fuente:** Programa Excel 2013.

### **Interpretación:**

Para el caso de los sulfatos se observa que en la muestra 01 al minuto 10 tiene una concentración de 237 mg/L y después del tratamiento en 20 minutos se observa que la concentración aumenta a 311 mg/L; acercándose a la concentración inicial que es 335 mg/L. Lo mismo ocurre para la muestra 02 y 03 que son 340 mg/L y 337 mg/L respectivamente. Llegando a la conclusión que a mayor tiempo de tratamiento las concentraciones de sulfatos aumenta.

**Fig. N° 14.** Grafica de barras de los resultados obtenidos del pH

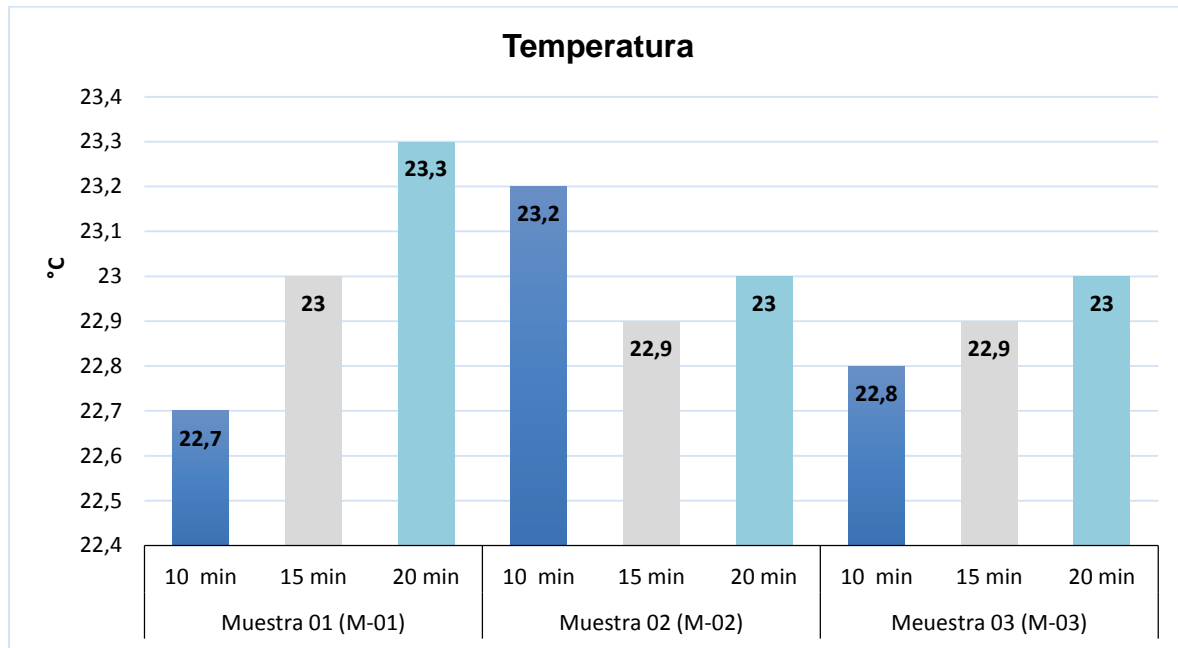


**Fuente:** Programa Excel 2013

**Interpretación:**

Se observa que el pH inicial para la muestra 1 fue de 6.92 y después del tratamiento subió a un pH de a 7 en un promedio de 7.5. Lo mismo sucede para la muestra 02 y 03.

**Fig. N° 15.** Grafica de barras de los resultados obtenidos del pH



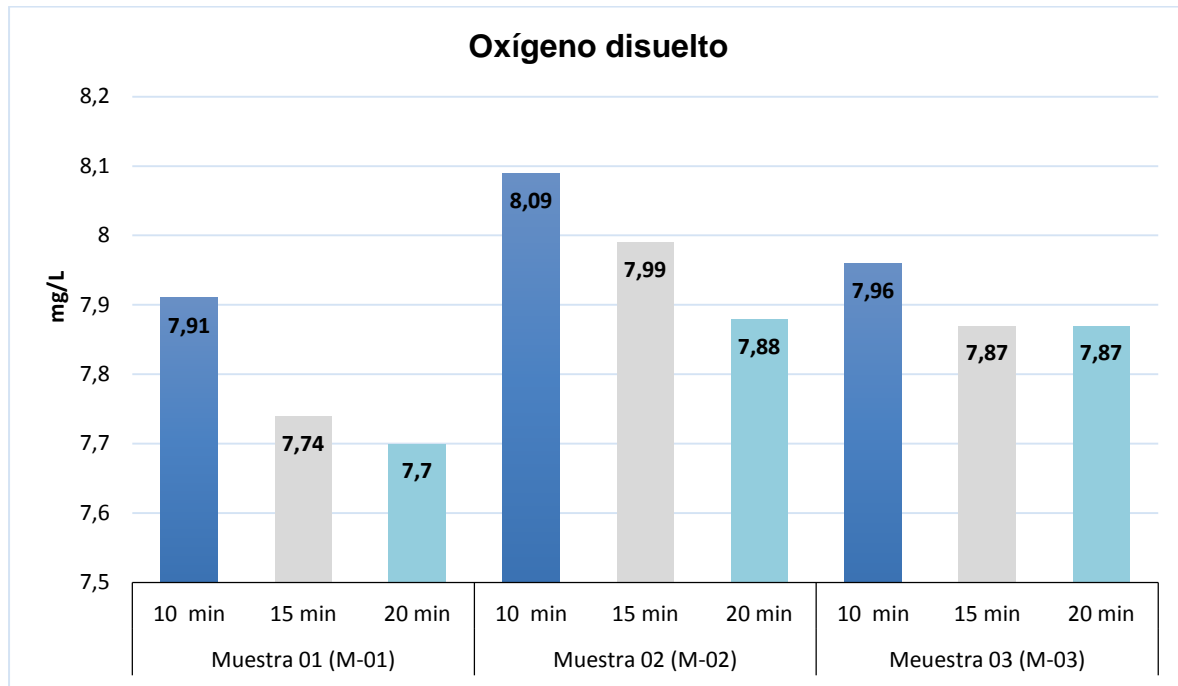
**Fuente:** Programa Excel 2013

**Interpretación:**

En cuanto a la temperatura se observa que a mayor tiempo de tratamiento se va incrementando la temperatura tal como se observa en la muestra 01 y 03.



**Fig. N° 16.** Grafica de barras de los resultados obtenidos del pH



**Fuente:** Programa Excel 2013

**Interpretación:**

En cuanto al oxígeno disuelto se observa que en la muestra M-02 en un tratamiento de 10 minutos tuvo 8.98 mg/L y a medida que fue pasando el tiempo fue disminuyendo a 7.9 mg/L y 7.88 mg/L respectivamente.

## Resultados estadístico:

Se ha realizado la prueba de T de estudent para contrastar la hipótesis.

H1: Existe reducción de la concentración de dureza de las aguas subterráneas mediante la aplicación de micro/nano burbujas de aire, en la urbanización Villa el Pinar – Comas, 2017

H0: No existe reducción de la concentración de dureza de las aguas subterráneas mediante la aplicación de micro/nano burbujas de aire, en la urbanización Villa el Pinar – Comas, 2017

- Para el tratamiento de 10 minutos.

**Tabla. N° 05. Pruebas de normalidad**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Antes	,314	3	.	,893	3	,363
Después	,282	3	.	,936	3	,510

a. Corrección de significación de Lilliefors

## Interpretación:

Considerando alfa es 0.05 y una muestra menor a 30 se considera los valores de Shapiro – Wilk:

P- valor 0.363 >  $\alpha$  0.05 para la concentración inicial

p- valor 0.495 >  $\alpha$  0.05 para la concentración final

Por tanto, de acuerdo a los resultados reportados por el SPSS, corresponden a una distribución normal porque es mayor a 0.05.

**Tabla N° 06. Estadísticas de muestras emparejadas**

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
T10	Después	505,33	3	5,686	3,283
	Antes	604,00	3	5,292	3,055

**Tabla N° 07. Prueba de muestras emparejadas**

		Diferencias emparejadas							
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
T10	Después - Antes	-98,667	3,215	1,856	-106,652	-90,681	-53,163	2	,000

**Interpretación.**

Se obtiene p- valor = 0.000 <  $\alpha$  = 0.05

Se observa que existe reducción en la concentración de la dureza total cuando se aplica el tratamiento con las micro/nano burbujas.

Por tanto, se rechaza H0 y se acepta la H1.

## CAPITULO IV

### DISCUSION

- COLCHA (2013). En su investigación diseñó un sistema de tratamiento empleando un compuesto ADL (TQ-SOFT-ADL) como tratamiento químico para reducir la concentración de la dureza que tenía 223.2 ppm; en su resultado logró una disminución total de la dureza del agua llegando a 0ppm con un 100% de eficiencia. Sin embargo en la presente investigación no se han obtenido resultados muy favorables ya que la concentración inicial de dureza fue de 610ppm para la muestra 1 y al minuto 10 se redujo a 510ppm llegando a 500 ppm en 20 minutos de tratamiento.
- QUISPE (2015), en su investigación realizó la caracterización física de las aguas antes y después de aplicar el tratamiento de electrocoagulación, en el que ha determinado parámetros como el pH, conductividad eléctrica, alcalinidad, cloruros, dureza y sulfatos; después de su tratamiento obtuvo un incremento del pH, conductividad eléctrica y cloruros. Sin embargo, en la investigación realizada se observa que la concentración de los cloruros al aplicar las micro/ nano burbujas redujo de 180 mg/L a 80 mg/L y el pH incrementó a neutro.
- Por otro lado QUISPE (2015), determinó que las concentraciones de dureza y sulfatos experimentaron una reducción de sus concentraciones en ambas muestras el cual tuvo un porcentaje de remoción del 7% para la dureza y 22% para los sulfatos; a diferencia de ello en la presente investigación para el caso de dureza se obtuvo un porcentaje de remoción de 16% y para sulfatos 27%. Por lo que se puede concluir que las micro/ nano burbujas a diferencia del tratamiento de electrocoagulación tiene un mejor porcentaje de remoción.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES

- La hipótesis general fue validada y no rechazada de tal manera por lo que se concluye que el tratamiento con las nano/ burbujas reduce la concentración de la dureza del agua subterránea.
- Las muestras de agua del sector Villa El Pinar, presentaron una concentración de dureza total de 610ppm (M-01), 600ppm (M-02) y 602ppm (M-03), lo cual se considera como agua muy dura y se encuentra sobrepasando el límite máximo permisible que es de 500ppm para consumo humano. Se obtuvieron porcentajes de reducción de la dureza total después del tratamiento mediante las micro/ nano burbujas en un 17% para la muestra M-01 y M-02; y para la M-03 se obtuvo un 16% de porcentaje de remoción.
- Se han determinado las características físico químicas del agua subterránea como el pH, temperatura, oxígeno disuelto y se han obtenido resultados diferentes antes y después del tratamiento con la mico/ nano burbujas de aire.
- En cuanto a las sales, la concentración inicial de cloruros tuvo un valor de 161 mg/L para la muestra M-01; 158mg/L para M-02 y 162mg/L para M-03; después de generar las micro/ nano burbujas para M-01 se redujo a 79.6mg/L; para M-02 se redujo a 79mg/L y M-03 redujo a 77, 66.  
En cuanto a los sulfatos de 335 mg/L redujo a 282 mg/L para la muestra 01, para la muestra 2 de 340mg/L a 300mg/L y para la muestra M-03 de 338mg/L a 317 mg/L. Por tanto las micro / nano burbujas de aire han influido en la reducción de los contaminantes.

## **CAPITULO VI**

### **RECOMENDACIONES**

- Para lograr mayor eficiencia en la reducción de la dureza total se recomienda realizar un tratamiento de mayor tiempo ya sea en una hora o media hora para determinar el comportamiento de los carbonatos de Calcio y Magnesio con las micro/nano burbujas de aire.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, las micro/ nano burbujas actúan mejor con los cloruros y sulfatos, se recomienda realizar estudios referente a esos parámetros.
- Para determinar el tamaño de las burbujas se recomienda utilizar un microscopio sofisticado de mayor resolución.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AGUIRRE Morales, F y Herrera Pedreros, T. Evaluación de aireadores en la planta de tratamiento de agua potable “El cambio” que abastece a la ciudad de Malacha, provincia de El Oro. Trabajo de titulación previo a la obtención de título en ingeniero civil. Universidad técnica de Machala. 84 p, 2015. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3117/1/TESIS%20FINAL%20VALERIA%20HERRERA.pdf>
- ACEVEDO Berruecos, D. Uso de métodos directos e indirectos en la caracterización de un sitio contaminado por hidrocarburos. Tesis para obtención de título en Ingeniero geofísico. Universidad autónoma de México. 123 p, 2012. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2669/Tesis.pdf?sequence=1>
- ALBERT L.A. (2006), Curso básico de toxicología ambiental. Limusa. Noriega Editores. México. pp. 260-265
- BELTRAN Y JACINTO. Aplicación de micro burbujas en flotación de lodos de tratamiento de aguas acidas de mina. Parte II: Flotación. Universidad técnica de Oruro. 2012
- BUSTAMANTE Ubaldo, José. Remediación de suelos y aguas subterráneas por contaminación de hidrocarburos en los Terminales de Mollendo y Salaverry de la Costa peruana. Tesis (para optar título profesional de Ingeniero geólogo). Universidad Nacional de Ingeniería. 2007.
- COLLAZO Caraballo María y MONTAÑO Xavier Jorge. Manual de Agua Subterránea. Montevideo, Uruguay, 2012.
- Foster, Stephen *et al.* Protección de la Calidad del Agua Subterránea (guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales). Washington, USA. 2002. ISBN: 84-8476-146. Disponible en: [http://lasa.ciga.unam.mx/monitoreo/images/biblioteca/39%20Proteccion\\_calidad\\_agua\\_subterranea.pdf](http://lasa.ciga.unam.mx/monitoreo/images/biblioteca/39%20Proteccion_calidad_agua_subterranea.pdf)
- COLCHA Cambal, A. Diseño de un sistema para el tratamiento del agua de alimentación a la caldera para prevenir la corrosión en la planta de lácteos de Tunshi. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. 2013. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3213/1/96T00216.pdf>

- CORTIJO, Dora. Desalcalinización del agua mediante intercambio iónico. En: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (Redalyc). [en línea].2013, V (1) ,221-238 [consulta: 17 de setiembre 2016]. ISSN 1025-9929, Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337430545010>
- HENGZHEN LI; LIMING HU Y ZHIRAN XIA. Impacto de la salinidad del agua subterránea y su remediación con Micro-Nano burbujas. Beijing, China. Universidad de Tsingua, departamento de ingeniería Hidraulica.12pp, 2013. ISSN 1996-1944. ISBN: 978-9974-594-09-8
- LI P y TSUGE, H. Water treatment by induced air flotation using microbubbles. J Chem Eng Jpn 2006a; 39: 896 – 903.
- MASAYOSHI Takahasi, K. Propiedades fantásticas de las nanoburbujas.2002
- QUISPE Quispe, Karen. Electrocoagulación en la remoción de mercurio de las aguas residuales en el centro Poblado la Rinconada. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. 2015. Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2529/Quispe\\_Quispe\\_Karen\\_Kelly.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2529/Quispe_Quispe_Karen_Kelly.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- SJOGREEN Blanco, Carlos. Caracterización de nano burbujas en soluciones salinas. Universidad Nacional de Colombia. Bogota, Colombia. 2015
- MARTINEZ De La Rosa, Gerson. Evaluación de 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. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2012. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1277\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1277_Q.pdf)
- MORLANS López Andrea. Contaminación difusa en acuíferos: estudio de caso en la comuna de colina, región metropolitana. Universidad de Chile. 2010.
- Disponible en: [http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2010/cf-morlans\\_al/pdfAmont/cf-morlans\\_al.pdf](http://repositorio.uchile.cl/tesis/uchile/2010/cf-morlans_al/pdfAmont/cf-morlans_al.pdf)
- Mora Alvarado D., y otros. 2,000. “Relación entre la dureza del agua y las cardiopatías isquémicas en Costa Rica”.
- NEVARÉZ, Martha. Optimización del proceso de regeneración de resinas de intercambio iónico para ser utilizadas en el desmineralizador de agua de refinería estatal Esmeraldas. Tesis de Grado (Ingeniero Químico). Riomba,



Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, 2009, 132 p.

- NUNJA, José. Intercambio iónico ciclo sodio y Blending para mejorar la calidad química del agua potable en el distrito de Huacho. Tesis de Postgrado (Maestría en Ecología y Gestión Ambiental). Huacho, Perú: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2007, 115 p.
- OLIVA Pérez, Evelyn. Incorporación del caudal producido por el pozo H6 a la producción de la planta de tratamiento de agua “El Cambray”, mediante la utilización del método de oxidación con permanganato de potasio. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 2005. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0378\\_MT.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0378_MT.pdf)
- PATIÑO Perez Julio. Tratamiento de aguas producto de la perforación de pozos petroleros. Universidad de Venezuela. 2009. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=Z0fUgdnVHdgC&pg=PA42&lpg=PA42&dq=microburbujas+de+aire+\(tratamiento+de+aguas\)&source=bl&ots=x3iKj4cMhf&sig=hp17ZyElem8zOs31mrxOhJiA42E&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi9lt\\_kh8jPAhXKej4KHZgADwcQ6AEISTAK#v=onepage&q=microburbujas%20de%20aire%20\(tratamiento%20de%20aguas\)&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=Z0fUgdnVHdgC&pg=PA42&lpg=PA42&dq=microburbujas+de+aire+(tratamiento+de+aguas)&source=bl&ots=x3iKj4cMhf&sig=hp17ZyElem8zOs31mrxOhJiA42E&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi9lt_kh8jPAhXKej4KHZgADwcQ6AEISTAK#v=onepage&q=microburbujas%20de%20aire%20(tratamiento%20de%20aguas)&f=false)
- RAMOS Sanchez, V; MORALES V, R y ALFARO Martinez, A. Remediación por Contaminación con Hidrocarburos en un Acuífero Colgado, Caso del Pozo AB- 1089. Ingenio Magno. Vol.3, pp. 58-65, 2012. Universidad Santo Tomás Tunja – CIIAM
- RODRIGUEZ, R. Contaminación de acuíferos. Universidad de San Andrés, La Paz-Bolivia. (2003)
- TSAI TY, OKAWA K, NAKANO Y, NISHIJIMA W, OKADA M. Decomposition of trichloroethylene and 2,4-dichlorophenol by ozonation in several organic solvents. Chemosphere 2007.
- VEGA Barrios, E y HERNANDEZ Chávez, M. Química Orgánica: Hidrocarburos aromáticos. Universidad autónoma del estado de Hidalgo. Disponible en: [http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/BV/C0302/Unidad%202/AlcanosAlquenosAlquinos\\_Nomenclatura.pdf](http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/BV/C0302/Unidad%202/AlcanosAlquenosAlquinos_Nomenclatura.pdf)
- ZHIRAN XIA y LIMING HU. Remediación con micro-nano burbuja de ozono para aguas subterráneas contaminadas. Beijing, China. Universidad de Tsingua, departamento de ingeniería Hidraulica. 4pp, 2013. Disponible en: [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgssp/2/57/2\\_TC215-06/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgssp/2/57/2_TC215-06/_pdf)

ANEXOS:

FICHA N° 01 DE REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

FORMATO DE TOMA DE MUESTRA															
CODIGO DE MUESTRA	MUESTREO		COORDENADAS UTM		CARACTERISTICAS DEL POZO					PARAMETROS IN SITU				Conservación	Volumen total (ml)
	FECHA	HORA			Profundidad total	Diámetro exterior	Diámetro interior (cm)	Tipo		PH	Temperatura	Conductividad	Oxígeno Disuelto		
			Tubular	Tajo abierto (manantial)											
			Es	Nor											
			te	te											

Nombres y Apellidos del Responsable:		Firma:		Teléfono:	
E-mail		Distrito:		Provincia:	Departamento:

Fuente:

oración

propia

2017

**FICHA N° 02. REGISTRO DE ANALISIS DE LABORATORIO**

<b>INFORMACIÓN DE LA MUESTRA PRE TEST Y POST TEST</b>			
Cantidad de Muestra (L)		Muestra antes de aplicación de la técnica	Muestra después de aplicación de la técnica
Parámetros		PH	PH
		Temperatura	Temperatura
		Conductividad eléctrica:	Conductividad eléctrica:
		Oxígeno disuelto	Oxígeno disuelto
Observaciones:			

Fuente: Elaboración propia

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

<b>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
<p><b>General:</b></p> <p>¿Existe reducción en la concentración de dureza de las aguas subterráneas mediante la aplicación de las micro/nano burbujas de aire, en la urbanización Villa el Pinar – Comas, 2017?</p> <p><b>Específicos:</b></p> <p>¿Se modificaran las propiedades fisicoquímicas del agua subterránea al aplicar las micro/ nano burbujas de aire, en la urbanización Villa el Pinar – Comas, 2017? ¿Se reducirá la concentración de sales (sulfatos y cloruros) al aplicar las micro/ nano burbujas de aire, en la urbanización Villa el Pinar – Comas, 2017?</p>	<p><b>General:</b></p> <p>Reducir la concentración de dureza del agua subterránea mediante la aplicación de las micro/nano burbujas de aire, en la urbanización Villa el Pinar- Comas, 2017</p> <p><b>Específicos:</b></p> <p>Determinar las características físicas químicas del agua subterráneas después de aplicar las micro/ nano burbujas de aire, en la urbanización Villa el Pinar – Comas, 2017.</p> <p>Determinar la concentración de sales presentes en las aguas subterráneas después del tratamiento con micro/nano burbujas de aire, en la urbanización Villa el Pinar</p>	<p><b>General:</b></p> <p>Existe reducción de la concentración de dureza de las aguas subterráneas mediante la aplicación de micro/nano burbujas de aire, en la urbanización Villa el Pinar – Comas, 2017</p> <p><b>Específicos:</b></p> <p>Las propiedades fisicoquímicas del agua subterránea se modifican al aplicar las micro/ nano burbujas de aire en la urbanización Villa el Pinar – Comas, 2017</p> <p>Se reduce la concentración de sales presentes en el agua al aplicar las micro/ nano burbujas de aire en la urbanización Villa el Pinar – Comas, 2017</p>	<p>La presente investigación busca mejorar la calidad de las aguas subterráneas a través de las micro/ nano burbujas para obtener aguas blandas óptimos para el uso doméstico en la urbanización Villa el Pinal del distrito de Comas.</p> <p>El sistema de tratamiento a través de las micro/ nano burbujas, es una alternativa viable, amigable con el ambiente sin la adición de agentes químicos y con un bajo costo de implementación respecto a otras técnicas; buscando con este tratamiento reducir la dureza del agua para luego ser aprovechados en fines domésticos. Ya que, la ventaja de usar el agua blanda es que; se disminuye la acumulación de sarro en las tuberías, se reduce el gasto de combustible para la cocción de los alimentos. Es por ello, la investigación favorece al sector de la población para mejorar la calidad de las aguas</p>	<p><b>Independiente:</b></p> <p>Micro/ nano burbujas de aire-ozono</p> <hr/> <p><b>Dependiente:</b></p> <p>Reducción de la dureza total del agua subterránea.</p>	<p>Enfoque cuantitativo con diseño pre-experimental</p> <p><b>oblación</b></p> <p>Está determinado por las aguas subterráneas del sector Villa el Pinar del distrito de Comas.</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>Estará dada por 60 litros de agua subterránea</p>

