



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“Oxidación solar en la reducción de la concentración del arsénico en  
aguas del río Rímac - cuenca alta, de la localidad San Mateo -  
Huarochirí, 2018”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**

**LLERLIN CHAPA TOMANGUILLA**

**ASESOR:**

**Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro**

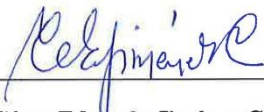
**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

**Calidad y Gestión de los recursos Naturales**

**LIMA – PERÚ**

**2018- II**

**PAGINA DEL JURADO**



---

**Dr. César Eduardo Jiménez Calderón**  
**Presidente del Jurado de Tesis**



---

**Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**  
**Secretario del Jurado de Tesis**



---

**Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro**  
**Vocal del Jurado de Tesis**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por permanecer conmigo en todo este proceso de aprendizaje y brindarme su apoyo incondicional.

A Dios por permitir que cumpla todo estas cosas y tenga éxito en la vida.

A mi cuñado Israel Finquin por apoyarme en el desarrollo numérico de mi investigación.

A mi asesor, el Dr. Elmer Gonzales Benites, por brindarme sus conocimientos y consejos para mejorar mi investigación.

Y por último pero no menos importante a mis amigos Richard Virto y Susán León por el apoyo en la parte experimental de campo.

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Yo, Llerlin Chapa Tomanguilla, con DNI N° 46849998, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticas y veraces.

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

Lima, 06 de diciembre del 2018

Llerlin Chapa Tomanguilla



## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presente ante ustedes la tesis titulada “OXIDACIÓN SOLAR EN LA REDUCCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL ARSÉNICO EN AGUAS DEL RIO RÍMAC - CUENCA ALTA, DE LA LOCALIDAD SAN MATEO - HUAROCHIRÍ 2018”, la misma me someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Llerlin Chapa Tomanguilla.

# ÍNDICE

<b>PAGINA DEL JURADO</b> .....	i
<b>DEDICATORIA</b> .....	i
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	ii
<b>DECLARACION DE AUTENTICIDAD</b> .....	iii
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	iv
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1. Realidad problemática</b> .....	3
<b>1.2. Trabajos previos</b> .....	4
<b>1.3. Teorías relacionadas al tema</b> .....	9
<b>1.3.1. El agua</b> .....	9
<b>1.3.2. Contaminación del agua</b> .....	9
<b>1.3.3. Aguas contaminadas</b> .....	10
<b>1.3.4. El arsénico</b> .....	10
<b>1.3.5. Arsénico en el ambiente</b> .....	11
<b>1.3.6. Efectos del arsénico en el ambiente</b> .....	12
<b>1.3.7. Causas del origen del arsénico</b> .....	12
<b>1.3.7.1. Arsénico en el aire</b> .....	13
<b>1.3.7.2. Arsénico en el suelo</b> .....	13
<b>1.3.8. Efectos del arsénico en la salud humana</b> .....	13
<b>1.3.8.1. Toxicidad</b> .....	13
<b>1.3.8.2. Efectos agudos</b> .....	14
<b>1.3.8.3. Efectos crónicos</b> .....	14
<b>1.3.8.4. Cáncer de vejiga</b> .....	14
<b>1.3.8.5. Lesiones cutáneas</b> .....	14
<b>1.3.8.6. Alteraciones en el sistema cardiovascular</b> .....	15
<b>1.3.9. Tratamientos para de agua convencionales para reducir el arsénico</b> .....	15
<b>1.3.9.1. Ablandamiento con CAL</b> .....	16
<b>1.3.9.2. Método de oxidación solar</b> .....	17
<b>1.3.10. Operatividad de la oxidación solar</b> .....	17
<b>1.3.11. Mecanismo de Reacción</b> .....	18
<b>1.3.12. Oxidación – Reducción</b> .....	19
<b>1.3.13. Para la oxidación solar se tiene en cuenta</b> .....	19

1.3.13.1.	El pH.....	19
1.3.13.2.	Radiación.....	20
1.3.13.3.	Fotoquímica .....	20
1.3.14.	Normativas internacional y nacional.....	20
1.4.	Formulación del problema: .....	21
1.4.1.	Problema General: .....	21
1.4.2.	Problemas específicos: .....	22
1.5.	Justificación del estudio .....	22
1.5.1.	Justificación teórica.....	22
1.5.2.	Justificación práctica .....	22
1.5.3.	Justificación social.....	23
1.5.4.	Justificación económica .....	23
1.5.5.	Justificación ambiental .....	23
1.6.	Hipótesis .....	23
1.6.1.	Hipótesis general .....	23
1.6.2.	Hipótesis específicos .....	24
1.7.	Objetivos .....	24
1.7.1.	Objetivo General .....	24
1.7.2.	Objetivos Específicos: .....	24
II.	METODO.....	25
2.1.	Diseño de investigación .....	26
2.1.1.	Implementación .....	26
2.2.	Variables, operacionalización .....	29
2.3.	Población y muestra .....	32
2.3.1.	Población .....	32
2.3.2.	Muestra .....	32
2.3.3.	Muestreo.....	32
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	34
2.4.1.	Técnica .....	34
2.4.2.	Instrumento de recolección de datos .....	34
2.4.3.	Validez.....	34
2.4.4.	Confiabilidad .....	34
2.5.	Métodos de análisis de datos .....	35
2.5.1.	Análisis descriptivo e inferencial.....	35
2.6.	Aspectos éticos .....	36
III.	RESULTADOS.....	37

<b>3.1.</b>	<b>Resultados Descriptivos</b> .....	38
<b>3.2.</b>	<b>Datos de parte experimental</b> .....	38
<b>3.3.</b>	<b>Análisis de las dosis de alambre de hierro.</b> .....	39
<b>3.3.1.</b>	<b>Resultados del día 01.</b> .....	39
<b>3.3.2.</b>	<b>Resultados del día 02.</b> .....	40
<b>3.3.3.</b>	<b>Resultados del día 03.</b> .....	41
<b>3.4.</b>	<b>Análisis de las dosis de jugo de limón.</b> .....	41
<b>3.4.1.</b>	<b>Resultados del día 01.</b> .....	42
<b>3.4.2.</b>	<b>Resultados del día 02.</b> .....	43
<b>3.4.3.</b>	<b>Resultados del día 03.</b> .....	44
<b>3.5.</b>	<b>Análisis de la radiación solar</b> .....	45
<b>3.5.1.</b>	<b>Resultados del día 01.</b> .....	46
<b>3.5.2.</b>	<b>Resultados del día 02.</b> .....	47
<b>3.5.3.</b>	<b>Resultados del día 03.</b> .....	48
<b>3.6.</b>	<b>Análisis de mejor grupo de dosis</b> .....	49
<b>3.7.</b>	<b>Datos de repetición de prueba</b> .....	50
<b>3.7.1.</b>	<b>Análisis de datos de la repetición</b> .....	50
<b>3.8.</b>	<b>Influencia de los parámetros de alambre de hierro, jugo de limón y radiación solar en el proceso de oxidación solar para la reducción de la concentración de arsénico: Verificación Estadística Inferencial</b> .....	51
<b>3.9.</b>	<b>Regresión lineal múltiple</b> .....	52
<b>3.10.</b>	<b>Ecuación de regresión</b> .....	52
<b>3.10.1.</b>	<b>Contrastación de hipótesis</b> .....	55
<b>3.10.2.</b>	<b>Estadístico de prueba</b> .....	56
<b>3.10.3.</b>	<b>Calculo</b> .....	56
<b>3.10.4.</b>	<b>Regla de decisión</b> .....	56
<b>3.10.5.</b>	<b>Interpretación de Hipótesis</b> .....	56
<b>3.10.6.</b>	<b>Interpretación de resultados de regresión múltiple</b> .....	57
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN</b> .....	58
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	60
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	62
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	63
<b>ANEXOS</b>	.....	74

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1. El arsénico en el ambiente.....	11
Figura 2. Especies de arsénico encontrados en el agua. ....	13
Figura 3. Principio básico del método de oxidación solar.....	18
Figura 4. Ubicación de zona de estudio (Provincia de Huarochirí distrito de San Mateo) .....	33
Figura 5. Grafico de Fisher.....	56

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Métodos convencionales para el tratamiento del arsénico. ....	15
Tabla 2. Concentración de arsénico en el agua, según normas internacionales. ....	21
Tabla 3. Operacionalización de variables.....	31
Tabla 4. Coordenadas de puntos de muestreo. ....	33
Tabla 5. Variables y medición totales del día 01.....	38
Tabla 6. Variables y medición totales del día 02.....	38
Tabla 7. Variables y medición totales del día 03.....	39
Tabla 8. Variación horaria de la radiación solar incidente (W/m <sup>2</sup> ) .....	45
Tabla 9. Variables y medición de la repetición. ....	50
Tabla 10. Recolección de datos. ....	52
Tabla 11. Datos Procesados.....	53
Tabla 12. Matriz de resultados parciales. ....	53
Tabla 13. Matriz inversa.....	53
Tabla 14. Matriz Final .....	54
Tabla 15. Análisis de varianza.....	54
Tabla 16. Coeficientes de regresión .....	54

## **INDICE DE GRAFICO**

Grafico 1. Concentración de arsénico final respecto a dosis de alambre de hierro día 1. .....	39
Grafico 2. Concentración de arsénico final respecto a dosis de alambre de hierro día 2. .....	40
Grafico 3. Concentración de arsénico final respecto a dosis de alambre de hierro día 3. .....	41
Grafico 4. Concentración de arsénico final respecto a dosis de jugo de limón día 1. ....	42
Grafico 5. Concentración de arsénico final respecto a dosis de jugo de limón día 2. ....	43
Grafico 6. Concentración de arsénico final respecto a dosis de jugo de limón día 3. ....	44
Grafico 7. Variación horaria de la radiación solar incidente (W/m <sup>2</sup> ). ....	46
Grafico 8. Concentración de arsénico final respecto a la radiación solar 1.....	46
Grafico 9. Concentración de arsénico final respecto a la radiación solar 2.....	47
Grafico 10. Concentración de arsénico final respecto a la radiación solar 3.....	48
Grafico 11. Dosis de alambre de hierro, jugo de limón y radiación solar. ....	49
Grafico 12. Dosis de alambre de hierro, jugo de limón y radiación solar de la repetición. .....	50
Grafico 13. Normalidad de datos.....	51

## RESUMEN

El uso y consumo de agua para diversas actividades con concentraciones de arsénico elevadas, son consideradas como un problema de salud pública, conforme a estudios epidemiológicos en varios países del mundo. El objetivo de esta investigación se centró en determinar la reducción de la concentración del arsénico en las muestras mediante la oxidación solar en las aguas del río Rímac, San Mateo – Huarochirí, utilizando alambre de hierro, jugo de limón y un índice de radiación solar promedio de 104.28 W/m<sup>2</sup>h. La parte experimental, en campo, se realizó en la Provincia de Huarochirí distrito de San Mateo encontrando una concentración inicial de 1.62 mg/L, el nivel de arsénico fue reducido hasta un 99.8% después de aplicar la técnica de oxidación solar. Así mismo se concluye que las proporciones en las que deben combinarse los parámetros indicados para optimizar dicha reducción, no actúan todos de manera directamente proporcional, evidenciándose esto en los coeficientes de las variables que se obtuvo al momento de corroborar las observaciones mediante un tratamiento estadístico inferencial de regresión lineal múltiple, obteniéndose la siguiente función:  $Y = 0.417 + 0.0930(X_1) + 0.0234(X_2) - 0.001380(X_3)$ . En dónde: X1: Cantidad (gr) de alambre de Hierro, X2: Jugo de limón (ml) y X3: Radiación solar (W/m<sup>2</sup>). Esta función tiene un coeficiente de ajuste del modelo de aceptabilidad cercano al 70 %. Los resultados que se muestran en la investigación, por el método planteado, indican que es un método que si reduce eficazmente el nivel de arsénico y es un tratamiento simple aplicable en otras zonas con el mismo problema de contaminación.

**Palabras clave:** Alambre de hierro, Jugo de limón, radiación solar, regresión multivariable, método de oxidación solar.



## ABSTRACT

The use and consumption of water for various activities with high arsenic concentrations are considered a public health problem, according to epidemiological studies in several countries of the world. The objective of this research was to determine the reduction of the concentration of arsenic in the samples by means of solar oxidation in the waters of the Rímac, San Mateo - Huarochirí River, using iron wire, lemon juice and an average solar radiation index of 104.28 W / m<sup>2</sup>h. The experimental part, in the field, was carried out in the Province of Huarochirí district of San Mateo, finding an initial concentration of 1.62 mg / L, the level of arsenic was reduced to 99.8% after applying the solar oxidation technique. Likewise, it is concluded that the proportions in which the parameters indicated should be combined to optimize said reduction, do not all act in a directly proportional way, evidencing this in the coefficients of the variables that were obtained at the moment of corroborating the observations by means of an inferential statistical treatment of multiple linear regression, obtaining the following function:  $Y = 0.417 + 0.0930 (X1) + 0.0234 (X2) - 0.001380 (X3)$ . Where: X1: Amount (gr) of Iron wire, X2: Lemon juice (ml) and X3: Solar radiation (W / m<sup>2</sup>). This function has a coefficient of adjustment of the acceptability model close to 70%. The results shown in the research, by the method proposed, indicate that it is a method that effectively reduces the level of arsenic and is a simple treatment applicable in other areas with the same pollution problem.

**Keywords:** Iron wire, lemon juice, solar radiation, multiple linear regression.

# **I. INTRODUCCIÓN**

El método de oxidación solar para la reducción de la concentración arsénico en agua, tiene una gran importancia en varias regiones del mundo aplicando diversos materiales de acuerdo a cada metodología, llegando a obtener resultados muy favorables con porcentajes de reducción entre 85 y 95% de remoción del arsénico.

Esta investigación tiene como objetivo general en; Determinar la reducción de la concentración de arsénico mediante el método de oxidación solar en las aguas del Rio Rímac, San Mateo - Huarochirí. Como objetivos específicos son; Determinar la reducción de la concentración de arsénico en las aguas del Rio Rímac, bajo diferentes dosis de alambre de hierro, determinar la reducción de la concentración de arsénico en las aguas del Rio Rímac, bajo diferentes dosis de jugo de limón. Y determinar la reducción del arsénico en las aguas del Rio Rímac, bajo diferentes tiempos de exposición solar. De esta manera mostrar las dosis más eficientes de alambre de hierro y jugo de limón así como el tiempo de exposición solar adecuado.

Existen diversos pasivos en San Mateo, del distrito de Huarochirí, que se encuentra ubicado a 95 km de Lima, los que se encuentran; Compañía Minera San Juan S.A., Valderrama Saveedra Juan Orlando y Wiese Sudameris Leasing S.A, Minería Tamboraque, estos son causantes de contaminación del Rio Rímac, señalando que las fuentes típicas son: desagües de mina, lixiviados de relaves y desmonte, mineralización de sulfatos expuestas, desagües no tratados. Estos contaminantes llegan a las aguas del Rio Rímac siendo este afectado por diferentes fuentes de contaminantes.

La importancia de esta investigación es reducir los niveles de arsénico en el agua aprovechando materiales de uso común y poder generar conocimientos en las dosis más adecuadas para la aplicación directa, existen diferentes zonas donde no se tiene tratamientos de agua convencional para minimizar estos contaminantes, es ahí donde ese apunta esta investigación, poblaciones que usan el agua para diferentes actividades, sin conocer el peligro que es para ellos.

## 1.1. Realidad problemática

En países como en México, Chile, Argentina, existe la presencia de arsénico en sus aguas, se calcula que de 4 millones de personas llegan a consumir permanente agua con elevadas concentraciones de arsénico, esto tiene consecuencias y riesgos en su salud, esto llega a magnitudes que en ciertos países se ha transformado en un problema de salud pública.

En territorios del planeta como India, Bangladesh, Taiwan y China, el problema de contaminación es preocupante, de acuerdo con información que se ha obtenido por investigaciones se manifiesta que alrededor de 6 millones de individuos están expuestas a esta contaminación, se considera que 2 millones de estos son niños. Por otro lado en EE.UU más de 350 mil personas consumen agua con contenido de arsénico de 0.5 mg/L (CASTRO DE ESPARZA, 2006).

En la investigación realizada por investigadores peruanos y americanos, en evaluar el grado de contaminación por el arsénico en aguas superficiales y subterráneas dicen que: El 86% de las muestras provenientes de aguas subterráneas revela que el Arsénico supera los LMP (Límites máximos permisibles) de 10mg/l, así mismo las muestras recogidas en la sección del río Rímac, tienen concentraciones de dicho contaminante superiores al límite ( $>0.01$ ) de la OMS (GEORGE, SIMA, ARIAS, MIHALIC, CABRERA, DANS, CHECKLEY Y GILMAN, 2014).

Existen diversos pasivos en el distrito de Huarochirí, San Mateo de la cuenca del río Rímac, que está situado a 95 km de Lima, los que se encuentran; Compañía Minera San Juan S.A., Valderrama Saveedra Juan Orlando y Wiese Sudameris Leasing S.A, Minería Tamboraque son causantes de contaminación, señalando que las fuentes típicas son: drenajes de mina, lixiviados de relaves y desmonte, mineralización de sulfatos expuestas, desagües no tratados. Estos contaminantes llegan a las aguas del Río Rímac siendo estas las fuentes de contaminación que se encuentra río arriba, por las minerías ya mencionadas, provocando a si la existencia de arsénico en estas aguas según los estudios que realizaron (GEORGE, SIMA, ARIAS, MIHALIC, CABRERA, DANS, CHECKLEY Y GILMAN, 2014).

La preocupación social que genera y se observa en esta situación, es la presencia del arsénico en el Río Rímac y el tipo de uso que llegan a dar los pobladores (consumo, regadío, lavado, etc.). Observando los niveles de arsénico encontrados de 1.55 mg/L de arsénico en la caracterización de las aguas previamente.

## 1.2. Trabajos previos

OSCCO Y FERNANDO (2014) En su tesis titulada “Estudio físico-químico de nano partículas de  $TiO_2$ ,  $TiO_2 - Fe$  y  $TiO_2$  impregnadas en carbón activado para la remoción de arsénico” de la Universidad Nacional de Ingeniería, nos indica que en el estudio utilizaron 3 agentes de remoción entre ellos son nano partículas de  $TiO_2$ ,  $TiO_2$  modificado con Fe y dióxido de titanio agregado en carbón activado, este proceso lo realizaron mediante la iluminación UV usando una lámpara modelo OSRAM VITALUX, teniendo presente la agitación constante de la solución, el método que se empleó para la determinación de arsénico fue el de espectrometría de absorción atómica con horno grafito, teniendo como resultados de los 3 grupos de agentes que se trabajó el mejor nano partículas de dióxido de titanio teniendo una de remoción de arsénico más de 97% bajo atribución de luz UV.

LEIGH Y EUGENIO (2013) En tesis para el grado de Ingeniero Civil, titulada “Evaluación de una planta piloto de remoción de arsénico por adsorción mediante un medio agaroso” de la Universidad de Chile, en sus conclusiones nos indica que, Una capacidad de adsorbente de 400mg, de As/L en medio agarosa, siendo esta una cabida demasiado bajo a la establecida por el distribuidor, esto se debería debido a la afinidad del centro con otros iones el calcio y sulfatos. También se llega a observar baja rendimiento en el proceso de restablecimiento puesto que no admitió un desprendimiento mayor a 3%, esto llegando a provocar una saturación progresiva y disminución de capacidad de adsorbente. Existe una diferencia entre los productos proyectados y el comportamiento real, mostrando así una necesidad para perfeccionar dicha tecnología.

ESCALERA, ORMACHEA Y HEREDIA (2014) En su investigación titulada “Presencia de arsénico en aguas de pozos profundos y su remoción usando un prototipo piloto basado en colectores solares de bajo costo” del Centro de Investigación Ópticas y Energías de la Universidad Privada Boliviana. Teniendo como objetivo principal la aplicación del prototipo piloto en colectores solares para la reducción de arsénico, nos dice que existe una remoción muy significativa de arsénico llegando hasta cerca de 75% también contando los días nublados. Estos resultados son explicados debido a la presencia de  $FeO_3$  y Mn (IV) estos pueden adsorber los arseniatos que son formados por la aireación en el transcurso. Esta aireación puede lograr dichas oxidaciones de los tipos de arsénico encontrados.

DOMINGUEZ, MORALES, GONZALE Y RODRIGUES (2017) En su investigación titulada “Remoción de arsénico (V) en solución acuosa por biomasa modificada del hongo *aspergillus niger*” de la Universidad de San Luis Potosí del centro de investigación y de estudios de posgrado, señalan que el uso de la biomasa modificada de *A. Níger* llega a remover un 69% de Arsénico (V) a las 24 horas de incubación, también nos indica que a mayor concentración del bioadsorbente, la remoción es más eficiente llegando hasta en 96% con 5 g de biomasa.

BARRIENTOS, MATUTES Y MIKI (2013) En la investigación titulada “Arsenic removal from water using magnetic nanoparticles obtained by ACCVD” del Centro de Investigaciones en Materiales Avanzados, nos dice; la dimensión de las nanopartículas usadas fue entre 195 nm y 272nm, a su vez estas nanopartículas de hematita fueron usadas para la remoción de arsénico en agua contaminada mostrando una alta capacidad de remoción. También se hallaron varias tipologías de nanopartículas a partir de Fe metálico hasta Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

URBINA Y CAMPOS (2017) En su estudio llamado “Porous Materials Modified with Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles for Arsenic Removal in Drinking Water” nos muestra que el material modificado con sílice presento mejores características hidráulicas, aspecto relevante para que puedan aplicar a gran escala, este material llega a eliminar en 70% y 80% con concentraciones de 25 y 50 µg/L. Estos materiales modificados con nanopartículas representan removedores adecuados para el arsénico, también aplicaron el método de coprecipitación de Fe(III) y Fe(II).

TURK (2017) En su estudio llamado “Removal of Dissolved Arsenic by Pyrite Ash Waste” de la universidad Karadeniz Technical University del departamento de ingeniería de minas nos precisa la el uso importante de la pirita que en este estudio usaron como cenizas de este mineral, estas cenizas tenían concentraciones de >86% hierro, los resultados obtenidos en este estudio indican que la adsorción de Arsénico por la cenizas de pirita afectan ligeramente el valor del pH, a su vez la remoción de arsénico en incremento del tiempo fue de 79% en 1h. En estudios en lote la remoción fue de 97% con concentraciones de 10g/L de adsorbente con una concentración inicial de arsénico de 300 µg/L.

KAARTINEN, T; et al. (2017) En su estudio llamado “Arsenic removal from mine waters with sorption techniques” con su objetivo principal el estudiar distintos materiales sortivos con costos bajos y capacidad para remover el arsénico de efluentes mineros. En

este estudio se llegó a desarrollar un material de oxo-hidróxido férrico para la remoción de arsénico, en los ensayos se mostraron una buena remoción, cerca de 1m<sup>3</sup> de agua de mina con contenido de 2mg/L de arsénico, los resultados que se determinó como adsorción de arsénico usando el material oxohidróxido férrico fue de 8,3 mg As/g.

SANTANDER MUÑOZ (2015) En la investigación llamada “Flotación por Aire Disuelto de partículas adsorbentes de arsénico” del Departamento de Metalurgia, Universidad de Atacama, Chile. Nos indica que se realizaron estudios para la proporción de adherencia de arsénico y de flotación para establecer el poder de remoción de las partículas adsorbentes. En los resultados arrojaron como 95% de arsénico adsorbido en escenarios de equilibrio de 60 minutos utilizando una concentración partícula adsorbente de 2 g/L y con un pH de 6,3. La mayor capacidad de adsorción fue de 4,96 mg/g.

MEJIA- ZAMUDIO, F; et al (2013) En su estudio titulado “Adsorption of Arsenic on Pre-Treated Zeolite at Different pH Levels” del Institute of Engineering MYDCI de la Universidad Autónoma de Baja California. Nos manifiesta que realizaron el estudio que muestra de gran importancia el uso de las zeolitas naturales para la adsorción de arsénico esto se debe al 90% de adsorción que obtuvo como resultados de la experimentación, también se llegó a controlar el pH, todas estas muestras llegaron a ser tratadas con pH distintos obteniendo así un mejor ajuste de isoterma.

GARRIDO Y ROMERO (2015) En su artículo de investigación titulada “Synthesis of Minerals with Iron Oxide and Hydroxide Contents as a Sorption Medium to Remove Arsenic from Water for Human Consumption” Nos manifiesta que en esta investigación desarrollan y evalúan 2 medios adsorbentes para la eliminación del arsénico, para desarrollar este proceso se debió realizar diseños óptimos para las concentraciones de arsénico, pH y masa del adsorbente. Los resultados más relevantes obtenidos por esta investigación fueron del 98.61% de eliminación de Arsénico(V) 0.360 mg/L con una concentración de 0.005mg/L, de ese modo cumple la normativa oficial Mexicana.

CHANPIWAT, P; et al (2017) En su investigación titulada “Single and combined effects of phosphate, silicate, and natural organic matter on arsenic removal from soft and hard groundwater using ferric chloride” nos indica que la eliminación de arsénico por medio del co-precipitación usando el FeCl no pudo reducir el contenido de arsénico lo suficiente (350ug/L) bajo la norma por la OMS que es de (10ug/L).

MARTINEZ, ROMERO, RUIZ Y GOMEZ (2012) En su investigación titulada “Evaluación de la remoción de arsénico y cadmio de soluciones acuosas utilizando sedimentos riolíticos naturales y desechos metalúrgicos” de la Universidad Nacional Autónoma de México, nos dice, el uso de materia primade origen natural y de bajo costo fueron estudiados para la retención en soluciones acuosas de Cd(II), los materiales analizados fueron sedimentos rioliticos y residuos metalúrgicos con unos resultados de 97.99% de retención de Cd(II) utilizando el material de sedimentos de rioliticos y tiene una capacidad muy baja para la remoción de arsénico entre 5-18%. Por otro lado, los restos metalúrgicos tiene una mayor capacdad de remoción de arsénico y una eficiencia de 77% de retención de Cd(II).

SANTANDER Y VALDERRAMA (2015) En su investigación llamada “Dissolved Air Flotation of arsenic adsorbent particles” nos manifiesta que, los resultados alcanzados en esta investigación utilizando particualas adsorbentes de 2 g/L y un pH de 6.3 tuvieron un grado de remoción de arsénico de 95%, dentro de la cantidad máxima de adsorción fue de 4.96mg/g gracias a las partículas adsorbentes aplicadas en esta investigación. Tambien se llegó a remover 98% de arsénico y el nivel de turbidez fue de 6.3 NTU.

PELLIZZARI, et al (2015) En su estudio titulado “DEGRADACIÓN DE ARSÉNICO POR Pseudomonas aeruginosa PARA BIOREMEDIACIÓN DE AGUA” de la Universidad Nacional del Chaco Aaustral, nos dice que, el objetivo de la investigación fue investigar la resistencia de cultivos puros de pseudonomas con presencia de arsénico y evaluar la capacidad de remoción de este, las cepas fueron cultivadas en caldo de sales y 1mgAs/L. Como resultados se obtuvo una capacidad de remoción de arsénico de 60% esto fue evaluado durante un periodo de 3 meses.

ARAGÓN Y HERRERA (2014) En su estudio titulado “RETENCIÓN DE ARSÉNICO EN HUMEDALES CONSTRUIDOS CON *Eleocharis macrostachya* Y *Schoenoplectus americanus*” del centro de investigaciones en Materiales Avanzados de México, nos manifiesta que, el principal objetivo de este estudio fue de analizar la conducta de *Eleocharis macrostachya* y *Schoenaplectus americanusy* examinar el porcentaje de retención de arsénico en el sistema de humedales, teniendo como resultados e indicando cuál de los procesos de humedales tiene una mayor capacidad de remoción de arsénico, el periodo de retención durante los 122 días iniciales fue de 81 y 92% respecto a los humedales plantados, en tanto el porcentaje de remoción de los humedales no plantados fue de 59%.



MUÑOZ, et al (2016) En su investigación titulada “Uso potencial de pellets para el tratamiento de aguas contaminadas con arsénico en comunidades de Xichú, Gto., México” de la Universidad de México, nos indica que, como objetivo principal fue el desarrollo del uso de *pellets* derivados de residuos lignocelulosos esto con el fin de tratar aguas con niveles de arsénico, en la investigación realizaron muchos diseños experimentales (n=162), los *pellets* fueron colocados en diversas muestras de agua con contenido de arsénico por un tiempo de 24 horas, obteniendo así como resultado una remoción de 98.50% con una pH de 6.5 a 7.

ROJAS, VARGAS, ARAYA Y VALVERDE (2015) En su investigación titulada “Study of arsenic removal in drinking water at household level using solar oxidation and coagulation flocculation techniques” del instituto tecnológico de Costa Rica, nos indica como objetivo principal de la investigación en eliminar el arsénico mediante la oxidación solar y la coagulación floculación, siendo los resultados positivos para ambas técnicas, en la técnica SORAS se obtuvo resultados a partir de una concentración inicial de 0.2 mg/L de arsénico a 0.01mg/L de arsénico con una índice de radiación solar de 1200 W/m<sup>2</sup> durante 2 horas de exposición solar en días muy soleados utilizando 0.6g/L de hierro, se menciona que el agua que utilizaron en esta investigación fue agua sintética tipo reto, en botellas de 600 a 1500 mL.

DUARTE, ANTÓNIO & L C OLIVEIRA, SARA & AMORIM, M.T.. (2018) En su investigación titulada “Arsenic removal from drinking water by advanced filtration processes” teniendo como objetivos principales ver la eficiencia de la remoción de arsénico por dos técnicas la prima filtración con membrana y la segunda aplicando la técnica SORAS, para la técnica SORAS utilizaron reactivos como el ácido cítrico, dióxido de titanio, sulfato de hierro (III) y jugo de limón. Los resultados que obtuvieron para este proceso aplicando 4 horas de exposición solar fueron de reducción de arsénico hasta un 85%.

QUIJADA Y TOLEDO (2011) en su investigación titulada “Remoción de arsénico por oxidación solar en aguas para consumo humano” de la Universidad Nacional Agraria la Molina, nos dice como objetivo principal evaluar una alternativa económica y sencilla como es el método de RAOS para la remoción de arsénico, en la investigación se realizó pruebas experimentales tanto en laboratorio como en campo, para la parte experimental de laboratorio se utilizó los materiales de alambre de hierro 6g y 1.3mL de jugo de limón bajo una irradiación solar de 612,1 W-h/m<sup>2</sup> durante 6 horas, bajo estas condiciones

obtuvieron un resultado de 98,5% de reducción de arsénico. Para el desarrollo en campo utilizaron las mismas dosis de alambre de hierro y jugo de limón con una irradiación solar de 586W/m<sup>2</sup>, llegando a obtener resultados de 88% de reducción de arsénico, teniendo como inicial el valor de 0.05mg/L de arsénico.

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

#### **1.3.1. El agua**

“El agua es considerada a manera de un bien imprescindible para la existencia en la vida, sensible y valioso para el desarrollo sostenible, el sustento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan”(Autoridad Nacional del Agua, 2009).

Sustancia más abundante en la tierra su estado natural esta como líquido, sólido y gaseoso, gran parte de este elemento se encuentra en los océanos con un 97%, esta es agua salada, la cual condesciende la existencia de la flora y fauna marina el otro 3% pertenece a aguas llamadas “dulce”. (FAO, párr.1)

El agua está sujeto constante de agresión, debido que la mayor parte de los contaminantes atmosféricos recaen sobre este cuerpo y también porque es receptora de sustancias contaminantes sea como: físicas, químicas y/o biológicas.

#### **1.3.2. Contaminación del agua**

Se considera agua contaminada cuando las características de ella han sido alteradas, lo que le hace total o parcialmente inadecuada para su uso. No solo se contamina de manera natural por microorganismos, sino además por otras sustancias o actividades que son involucrados los humanos. El agua contaminada tiene alteraciones físicas, químicas o biológicas por lo cual no cumple las funciones ecológicas, estas pueden tener un origen natural o antrópico. La contaminación antrópica producida por diversas actividades humanas y la industrialización conllevan a un mayor uso del agua y la creación de residuos sólidos, las que la mayor parte de ellos terminar en el agua (GARCIA MANUEL, 2009 p. 255).

### **1.3.3. Aguas contaminadas**

Cuando el agua se haya alterado su composición de manera que no reúne las condiciones normales para su uso normal para el consumo humano y de los animales, según nos menciona la (Organización Mundial de la Salud, 2006)

“La contaminación del agua es la presencia de componentes o factores químicos, físicos o biológicos que producen una condición de deterioro de un cuerpo de agua dado con respecto a algún uso beneficioso” (DRASFIELD Y TIMOTHY, 2017).

### **1.3.4. El arsénico**

El arsénico es un elemento llamado metaloides por tener propiedades medias entre metales y no metales, su conductividad el arsénico pertenece al tipo de materiales semiconductores. El estado del As en su estado natural es sólido, tiene un aspecto gris. “El arsénico elemental es un metaloide que se muestra especialmente en tres formas alotrópicas: arsénico metálico, arsénico amarillo y arsénico negro” (MOHAMMDA, RADZINSKI Y GHAHREMAN, 2016 p. 03).

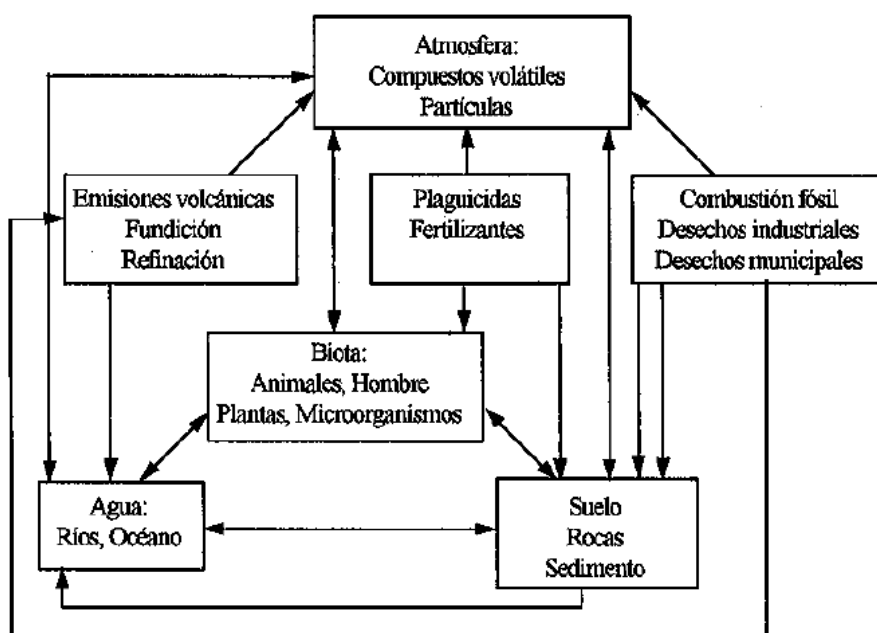
El arsénico se encuentra de manera oriunda en la tierra, este está considerablemente distribuido el todo el ambiente, se encuentra en los componentes aire, agua y la tierra, se conoce que en su carácter inorgánica es demasiado emponzoño. La contaminación del As orgánico puede estar relacionada con la utilización de agua contaminada o la propia que presencia para la preparación en alimentos, así como también el consumo de cigarrillos. (Organización Mundial de la Salud, 2017, párr. 1,2 y 7).

“El arsénico puede estar presente en estados distintos de oxidación como As(III), As(-III) o As(V) como también en formas inorgánicas y orgánicas, están en rango amplio de congregaciones en los componentes ambientales, como en flora y fauna” (MARTA LITTER, 2010 p. 5). El Arsénico tiene tres valencias principales las cuales son (-3;+3;-5), las formas más comunes del As son el trivalente y el pentavalente (III – V) y estas se encuentran comúnmente en el agua (DUKER, et al, 2004, p. 632).

### 1.3.5. Arsénico en el ambiente

Este compuesto se encuentra en más de doscientas especies de minerales, entre ellas las que son más conocidas es la arsenopirita. Se estima que una fracción (3) del flujo atmosférico de arsénico es de forma oriunda, el arsénico inorgánico de procedencia geológica se halla en las aguas subterráneas utilizadas como agua potable en distintos lugares del mundo.

Los compuestos orgánicos de arsénico como arsenobetaina, arsenocolina, sales de tetramethylarsonium, arsenosugars y lípidos que contienen arsénico se hallan especialmente en organismos marítimos existen unos compuestos que se encuentran en fauna terrestre. El arsénico elemental se genera por reducción del trióxido de arsénico ( $As_2O_3$ ) con carbón vegetal, este se produce como subproducto en las operaciones de fundición de los metales. “Se ha apreciado que el 70% de la elaboración mundial de arsénico se utiliza en procedimiento de madera como arseniato de cromo Cu, el 22% en productos químicos agrícolas y lo demás en vidrio” (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2001 p. 28).



Fuente: Albores, Quintanilla, Del Razo y Cebrian (1997)

Figura 1. El arsénico en el ambiente

### 1.3.6. Efectos del arsénico en el ambiente

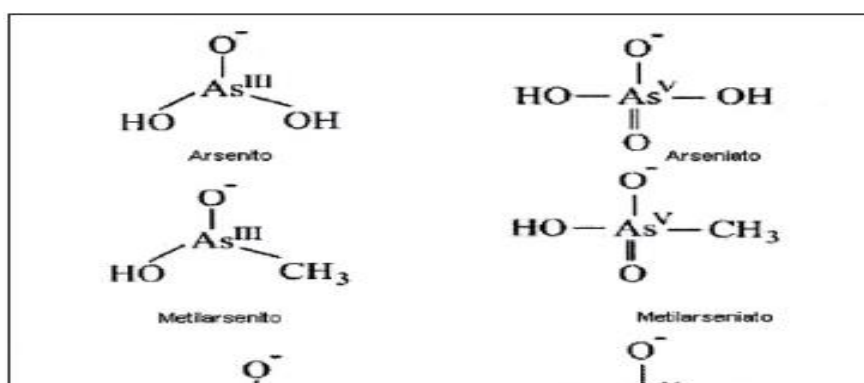
La biótica acuática y terrestre muestra sensibilidades a diferentes especies de arsénico, de manera usual los arsenicales inorgánicos son más tóxicos que los órganos arsenicales y el arsenito su toxicidad es más que el arseniato.

Los compuestos de arsénico ocasionan efectos agudos y también crónico en los individuos, las poblaciones y comunidades hay concentraciones de arsénico que van desde los microgramos hasta los miligramos por litro, el plazo de exposición y los puntos finales medidos. El resultado de estas exposiciones incluye mortalidad, retraimiento del crecimiento. Los lugares contaminados con arsénico tienen una caracterización por la abundancia y diversidad de especies en niveles bajos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2001 p. 08).

### 1.3.7. Causas del origen del arsénico

La presencia del metaloide es debida a orígenes naturales de geológicos, también los factores de origen antropogénicos las cuales involucran las explotaciones mineras, refinaciones de metales, procesos electrolíticos de metales de alta calidad (M.E. HERNÁNDEZ GARCÍA, 2002).

La existencia natural de arsénico en fuentes de agua superficial y subterránea de América son referenciadas a las actividades de volcanismo, dicho esto estos procedimientos se muestran en flujos de lava, geiseres, aguas termales y fenómenos geotérmicos, esto está relacionado con el círculo fuego del pacífico. Estas actividades alteran las características fisicoquímicas del agua como la elevación del pH, una baja dureza y moderada salinidad, así como la aparición de Br, F, y V (CEPIS-SB/SDE/OPS, 2006).



*Fuente: GALINDO, FERNANDEZ, PARADA Y DOMINGO (2005)*

*Figura 2. Especies de arsénico encontrados en el agua.*

#### **1.3.7.1. Arsénico en el aire**

En el aire normalmente los valores son bajos de arsénico, aproximadamente a  $0,001 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Con la presencia de industrias a base de productos de arsénico y la propia contaminación atmosférica es posible que la concentración de arsénico en el aire aumente hasta en un  $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (WHO, 2001)

#### **1.3.7.2. Arsénico en el suelo**

“El arsénico está presente en el suelo en una concentración promedio de  $2\text{mg}/\text{kg}$ . En situaciones donde hay contaminación se han identificado concentraciones de hasta  $40\text{mg}/\text{kg}$ ” (WHO, 2001).

### **1.3.8. Efectos del arsénico en la salud humana**

#### **1.3.8.1. Toxicidad**

Expresión utilizada para hacer inferencia a la capacidad de causar daño a un organismo vivo.

La toxicidad en los humanos ocasionada por el arsénico origina lesiones en la piel como la queratosis, hiperqueratosis y hiperpigmentación, también ocasiona lesiones vasculares en el sistema nervioso e hígado. Estas complicaciones son debidas a altas dosis de arsénico y hasta llegan a

ser letales para las personas (LONDOÑO, FRANCO Y GARCIA, 2016, p. 148).

Por otro lado (ALBORES, QUINTANILLA, DEL RAZO Y CEBRIAN, 1997 p. 247-261) no dice que “Los arsenicales tienden a depositar primariamente en hígado, riñón, pulmón y bazo. El As (III) se une preferentemente a los grupos sulfhídrico de proteínas como la queratina, por lo que se coloca en el pelo y uñas”.

#### **1.3.8.2. Efectos agudos**

La característica de los efectos agudos por la exposición al arsénico son las variaciones gastrointestinales, cardiovasculares, renales y hepáticas, también es posible observar caída de presión arterial lo que ocasiona un estado de choque. También existen otros síntomas como el cambio de la piel y la apreciación de líneas blancas en las uñas. Cabe mencionar que para las personas adultas la dosis mortal de arsénico es entre 70 – 180 mg (ALBORES, ARNULFO, et al. 1997, p. 253-254)

“Los síntomas que aparecen inmediatamente a casusa del envenenamiento aguada por Arsenio incluyen vómitos, dolores estomacales y diarrea, a su vez aparecen otros efectos como parálisis o picazón en las manos y los pies y en casos extremados hasta la muerte” (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2001).

#### **1.3.8.3. Efectos crónicos**

Estos efectos a causa por la exposición crónica del arsénico dependen de la ruta por la cual, de exposición, a continuación, se mencionará algunos efectos crónicos de gran importancia.

#### **1.3.8.4. Cáncer de vejiga**

El arsénico dentro del agua potable es asociado con un índice elevado del factor de obtener el cáncer de vejiga en ciertas partes del mundo, “La posibilidad de la exposición de arsénico es dependiendo del lugar donde vive una persona y su fuente de agua si recibe de un pozo o agua potable cumpliendo estas las normas de calidad” (AMERICAN CANCER SOCIETY, 2016, párr. 12).

#### **1.3.8.5. Lesiones cutáneas**

“Es usual la melanosis cutánea seguidamente de la exhibición crónica al arsénico, la cual se exhibe en el abdomen, pecho, espalda y escroto, contiguo con despigmentación, hiperqueratosis y verrugas” según manifiesta (FINKELMAN, COREY Y CALDERON, 2000), estas pueden estar relacionadas con cáncer a la piel.

Estas son apreciadas en hipocromías e hiperpigmentaciones estas presentes en partes no expuestas del cuerpo, la hiperqueratosis papilar está presente en varios lugares del cuerpo a excepción de las palmas de las manos y las plantas de los pies (ALBORES, ARNULFO, et al. 1997, p. 254).

#### **1.3.8.6. Alteraciones en el sistema cardiovascular**

La persona cuando está expuesta a inhalación de compuestos de arsénico inorgánico, está siendo afectada a su sistema cardiovascular y hace una alteración de la despolarización del miocardio causando arritmias cardíacas. En poblaciones y personas que están expuestas al arsénico en el agua de consumo se han definido efectos vasculares periféricos estos de características por la cianosis, esta también lleva a una pérdida consecutiva de la circulación en las partes inferiores del cuerpo, esto le puede generar gangrena seca o también llamada como la enfermedad del pie negro (ALBORES, ARNULFO, et al. 1997, p. 254).

#### **1.3.9. Tratamientos para de agua convencionales para reducir el arsénico**

Actúan diversos métodos para disminuir el arsénico en el agua, como de origen natural o antrópico. Cabe indicar que la gran mayoría es de un elevado costo a su vez que es complicado la implementación y mantenimiento.

“La eliminación de arsénico del medio acuático es muy importante principalmente debido a sus efectos cancerígenos después del consumo”.



PRECESOS	Eficiencia de eliminación %		VENTAJAS	DESVENTAJAS
	Arsenito	Arseniato		
Air oxidation	≤ 30	≤ 30	Simple, barato, oxida otros constituyentes inorgánicos y orgánicos en el agua.	Proceso lento, parcial eliminación de arsénico
Chemical oxidation	≤ 30	30-60	Simple, rápido, oxidado otras impurezas y mata microbios.	Control eficiente del pH y el paso de oxidación es necesario
Alum coagulation	≤ 30	≥ 90	Bajo costo de capital pH de trabajo óptimo en condición neutral, simple en operación.	Se requiere preoxidación para la eliminación de arsenito, Generación de lodo
Iron coagulation	60-90	≥ 90	Barato, más eficiente que alumbre	
Lime softening	30-60	≥ 90	Sustancia química común reducción de corrosión.	El pH de trabajo es altamente alcalino, influencia de iones de sulfato en eficiencia
Sorption on Activated	60-90	≥ 90	Bajo mantenimiento, alto eficiencia de eliminación, barato.	pH óptimo de trabajo 5.5 - 6; sólido tóxico residuos
Alumina Reverse osmosis	60-90	60-90	Ausencia de químicos requisito, producción de desechos no toxicos.	Alto costo de inversión, requisito de mayor mantenimiento
Nanofiltration	60-90	60-90	Alta eficiencia de eliminación	Capital muy alto
Electrodialysis	60-90	≥ 90	Capaz de eliminar otros contaminantes	Interferencia por agentes oxidantes

*Fuente: Chemosphere (2017).*

### 1.3.9.1. Ablandamiento con CAL

En este proceso se requiere altos contenidos de coagulante, la CAL en presencia de agua y ácido carbónico llegan a formar carbonato de calcio el cual esta sustancia llega a adsorber al arsénico, continuamente viene el proceso de coagulación. Esta técnica es usada para tratar aguas duras es muy eficiente. Cabe mencionar que esta técnica para llegar a niveles deseados por debajo del 1mg/L es poco eficiente (PERRAZO Y PILAR, 2012).

Este proceso debe tener una constante supervisión por personal técnico encargado y capacitado, debido a los requisitos químicos en el agua es por

ello que dicho proceso no es viable económicamente para aplicarlo a escala para hogares.

### **1.3.9.2. Método de oxidación solar**

La inferencia de la tecnología del método de oxidación solar, es que es una técnica totalmente económica utilizando materiales que se encuentran disponibles en el entorno doméstico.

Este método es simple y económico, constan de colocar en la muestra de agua contaminada con arsénico agregando las gotas de limón y el hierro, después la muestra de agua se coloca en botellas de plástico y previamente se expone al sol por un determinado tiempo, de manera que el hierro lleva a un estado de oxidación al arsénico y logra que este sedimente, luego de este pasa por un filtrado. (LITTER Y MANSANILLA, 2003).

Este método busca forjar un floculo de hidróxido de hierro en presencia de citrato, dado que el arsénico puede estar en dos estados de oxidación.

El agua con presencia de arsénico en botellas transparentes se expone a la irradiación solar por ciertos periodos de tiempo determinados. Con presencia de dosis de hierro disuelto.

(WEGELIN Y GECHTER, 2000) Nos explica que el método SORAS elimina el arsénico mediante dos procesos, los cuales. “En el primer paso, As (III), que solo se adsorbe débilmente al hierro (hidróxidos), se oxida al As (V) fuertemente adsorbente. En el segundo paso, se permite que Fe (III) (hidróxidos) formen a partir de hierro presente naturalmente se asiente en el fondo del recipiente con el As (v) adsorbido y el agua clara se decanta”.

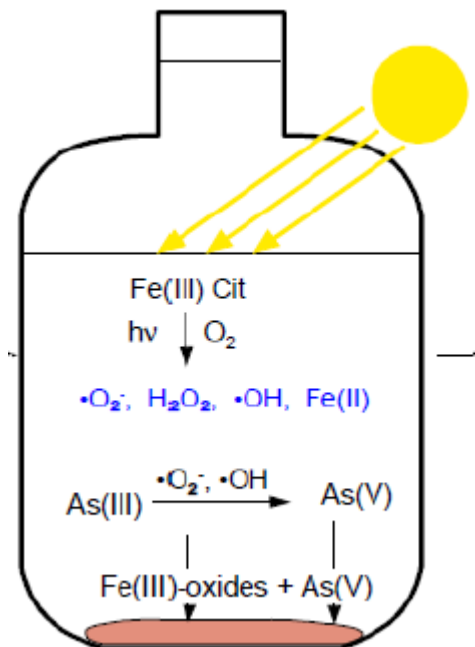
### **1.3.10. Operatividad de la oxidación solar**

El arsénico es removido por el alambre de hierro el cual hidrolizara formando hidróxidos, en los cuales el arsénico se adsorbe y precipita con otros iones metálicos, en otras palabras

el alambre de hierro al contacto con el agua se oxida y atrapa al arsénico, sabiendo que el arsénico presenta una carga negativa, de tal manera que, usando el alambre de hierro y este teniendo una carga positiva, así como nos menciona (RAYMOND, CHANG Y KEN, GOLDSBY, 2010, p. 935) “Los metales tiene un numero de oxidación positivos”, este atraerá al arsénico para continuamente precipitarlo.

El jugo de limón ayudara a facilitar el proceso de oxidación, como la generación de oxidantes por acción de la radiación solar.

Respecto a la radiación solar es la que generara unos oxidantes muy fuertes que son los que oxidan al arsénico y lo llevan a un estado de oxidación, en el cual tiene la capacidad de adherirse a los óxidos de hierro, que luego estos precipitan al fondo del recipiente.



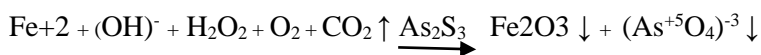
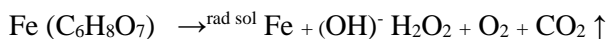
*Fuente: WEGELIN Y GECHTER (2000).*

*Figura 3. Principio básico del método de oxidación solar.*

### 1.3.11. Mecanismo de Reacción.

En el procedimiento son 3 reacción que suceden, la primera es, entre el hierro (alambre de hierro) y el ácido cítrico (jugo de limón), estas reaccionan y forman el citrato de hierro para luego descomponerse el hierro en ion hidróxido, en peróxido de hidrogeno, en oxido

y en monóxido de carbono. El peróxido de hidrogeno es el más importante, porque este es el que va a reaccionar para descomponer al sulfuro de arsénico para formar el ion arseniato, al obtener esto precipita en forma de sal.



### 1.3.12. Oxidación – Reducción

Para explicar sobre la oxidación-reducción (RAYMOND, CHANG Y KEN, GOLDSBY, 2010). Explica que también es denominado reacción REDOX, estos son considerados reacciones de transferencia de electrones. Este también toma su denominación proveniente de los procesos en los cuales una sustancia gana oxígeno, esto fuese de otra sustancia o del aire.

“En la antigüedad, los químicos empleaban el término “oxidación” para expresar la combinación de elementos con oxígeno. Sin embargo, actualmente tiene un significado más amplio, ya que también incluye reacciones en las que no participa el oxígeno. Una reacción de reducción es una semirreacción que implica una ganancia de electrones” (RAYMOND et al, 2010)

### 1.3.13. Para la oxidación solar se tiene en cuenta

#### 1.3.13.1. El pH

Es la medida del grado de acidez, neutra o básica, determinando la cifra de iones hidrogeno presentes en algún medio de solución acuosa. Este tiene una escala de medición desde 0 a 14, siendo 0 un valor de acidez mayor, 7 una sustancia neutra y 14 una sustancia con un grado de alcalinidad elevado (DIGESA, p. 7).

Estudiar las concentraciones de ion hidrogeno es muy importante debido a que nos indican el grado acido-base una disolución. Soren Sorensen formuló en 1909 una ecuación sencilla llamada pH, definiendo a este como el logaritmo negativo de la concentración del ion hidrogeno (RAYMOND, CHANG Y KEN, GOLDSBY, 2010, pp. 662-663).

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] \quad \text{o} \quad \text{pH} = -\log [\text{H}^+]$$

Es significativo el rango del pH del agua para una mayor eficacia de las partículas del óxido de hierro (alambre de hierro) para una mejor remoción de arsénico.

### **1.3.13.2. Radiación**

Es la entrega de energía a través de las ondas electromagnéticas, emanada a partir de la propia fuente hacia fuera en todas partes. Este es un transcurso de transmisión de ondas o partículas, toda forma de radiación es emitidas por cargas aceleradas, mediante la expresión  $\lambda\nu = c$  siendo este ( $\nu$ ) como la frecuencia y ( $\lambda$ ) como la longitud de onda, todas las ondas electromagnéticas tienen una velocidad de  $c = 299.792 \text{ km/s}$ .

Esta energía emitida por el Sol proveniente de su fotosfera, gran parte de la energía proveniente del sol ha demostrado pocas variaciones a través del tiempo al exterior de la atmósfera terrestre tiene un valor de  $1.353 \text{ W/m}^2$  a una distancia de la Tierra al Sol de 150 millones de km. Cuando la radiación solar es emitida esta lo hace a través del vacío de forma recta, en su camino a veces encuentra átomos, moléculas, etc., esta es absorbida o es dirigida en diferentes direcciones.

### **1.3.13.3. Fotoquímica**

Es una rama de la química que es encargada del estudio de las interacciones entre la materia y la luz solar, y las permutaciones que induce esta interacción.

Estos procesos se inician desde un átomo o molécula en un estado de excitación electrónico puro o con componentes. El estado excitado es producido por la reacción de la molécula, en este proceso se conserva la energía. (F. Castaño, A. Longarte, M. N. Sánchez Rayo, 2005).

“Un requisito mínimo para que se puede dar el proceso fotoquímico es la absorción de energía radiante por un átomo. La poca energía que es absorbida por la materia corresponde a la energía de un fotón ( $h\nu$ ), donde  $h$  es la constante de Planck y  $\nu$  es la frecuencia de la onda electromagnética asociada a la radiación” (CABRERA, GERVASO y MAURO, 2005, p.2005).

### **1.3.14. Normativas internacional y nacional**

Según la (OMS), “El límite recomendable de concentración de arsénico en agua potable es de 10 µg/l equivalente a 0.01 mg/l, según lo establecido en la última adaptación de las Guías de Calidad de Agua para consumo humano” (OMS, 2006 p. 157).

Según el D.S. N° 004-2017 MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) AGUA, establece que para el parámetro Arsénico en la categoría 1: Población y Recreacional con subcategoría A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección)-A2 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional) el nivel de arsénico debe de ser 0.01 mg/L mientras que en la categoría A3 (Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado) es de 0.15 mg/L.

*Tabla 2. Concentración de arsénico en el agua, según normas internacionales.*

<b>ORGANISMO O PAÍS</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>Nivel de As máximo permitido (mg/L)</b>
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud	0.01 mg/L
<b>MINAM</b>	Ministerio del ambiente (Perú)	0.01 mg/L
<b>Canadá</b>	Guía Canadiense calidad del Agua	0.01 mg/L
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación	0.01 mg/L
<b>Argentina</b>	Código Alimentario Argentino	0.01 mg/L
<b>Ecuador</b>	Instituto Ecuatoriano de Normalización	0.01 mg/L
<b>México</b>	NOM-127-SSA1-1994 - Orden Jurídico Nacional	0.05 mg/L

*Fuente: Elaboración Propia.*

## **1.4. Formulación del problema:**

### **1.4.1. Problema General:**

¿Cuál es el grado de reducción de la concentración de arsénico mediante la oxidación solar en las aguas del Rio Rímac, San Mateo - Huarochirí?

#### **1.4.2. Problemas específicos:**

¿Cuánto es la reducción de la concentración del arsénico bajo condiciones de diferentes dosis de alambre de hierro, con la oxidación solar en las aguas del Rio Rímac, San Mateo - Huarochirí?

¿Cuánto es la reducción de la concentración del arsénico bajo condiciones de diferentes dosis de jugo de limón, con la oxidación solar en las aguas del Rio Rímac, San Mateo - Huarochirí?

¿Cuánto es la reducción de la concentración arsénico bajo diferentes índices de radiación solar, con la oxidación solar en las aguas del Rio Rímac, San Mateo - Huarochirí?

### **1.5. Justificación del estudio**

#### **1.5.1. Justificación teórica**

Consumir agua con sustancias contaminantes como el arsénico, es considerado un problema grave para la salud pública, y los tratamientos conocidos son de un elevado costo y se aplican solo para las poblaciones urbanizadas. Este método busca forjar un floculo de hidróxido de hierro en presencia de citrato, dado que el arsénico puede estar en dos estados de oxidación. El agua con presencia de arsénico es colocado en botellas transparentes añadido el alambre de hierro y jugo de limón se expone a la irradiación solar por un cierto periodo de tiempo determinado de ese modo se reduce las concentraciones de arsénico presentes en el agua. De esa forma se aporta el conocimiento científico en la reducción del arsénico en aguas.

#### **1.5.2. Justificación práctica**

En esta investigación se desarrolla y aplica una alternativa de tratamiento no compleja y más económica para zonas no urbanas o en desarrollo; el método de Reducción de Arsénico por Oxidación Solar, utilizando materiales simples y

económicos como el alambre de hierro y jugo de limón, este método se puede aplicar en zonas con altos índices de radiación solar y zonas donde los tratamientos de agua convencionales no llegan por su complejidad de logística.

### **1.5.3. Justificación social**

Este método reduce las concentraciones de arsénico y estaría disponible para todos sin costo alguno. Es un método de tratamiento de agua enfocado a un nivel de hogar para tratar pequeñas y medianas cantidades de agua potable, se puede aplicar a zonas rurales y AA.HH. Serán beneficiados los pobladores de la zona de estudio que usan esta fuente de agua para usos de consumo propio o recreacionales, al implementar esta técnica se reducirá riesgos en la salud pública y bajos costos de tratamiento de aguas contaminadas con arsénico.

### **1.5.4. Justificación económica**

Para la implementación de esta técnica se usara materiales de fácil accesibilidad e inclusive materiales reciclados como botellas y alambra de hierro que se puede conseguir con facilidad para poder ejecutar el método, dicho esto podemos decir que esta técnica del método RAOS es una tecnología económica y sencilla, la cual no implica de costos muy elevados para poder ejecutarla a comparación de los métodos convencionales que se usan en la actualidad con un elevado costo para poder aplicarlas.

### **1.5.5. Justificación ambiental**

El impacto ambiental es positivo para toda la comunidad aplicando una tecnología nueva y sencilla utilizando materiales de bajo costo minimizando recursos y optimizando otros, esta técnica no genera efectos negativos al ambiente y se aprovecha materiales como la botella de plástico, alambre de hierro y jugo de limón para su aplicación, de esta manera contribuimos al reusó de otros materiales, generando así conocimientos científicos y tecnologías para una problemática ambiental.

## **1.6. Hipótesis**

### **1.6.1. Hipótesis general**



**H1:** La aplicación del método de oxidación solar reduce el nivel de la concentración de arsénico en las aguas del Rio Rímac, San Mateo - Huarochirí.

### **1.6.2. Hipótesis específicos**

H1: La aplicación de diferentes dosis de alambre de hierro, en la oxidación solar reduce la concentración del arsénico a niveles permitidos por la normativa, en aguas del Rio Rímac, San Mateo - Huarochirí.

H1: La aplicación de diferentes dosis de jugo de limón, en la oxidación solar reduce la concentración del arsénico a niveles permitidos por la normativa, en aguas del Rio Rímac, San Mateo - Huarochirí.

H1: La aplicación de diferentes índices de radiación solar, en la oxidación solar reduce la concentración del arsénico a niveles permitidos por la normativa, en aguas del Rio Rímac, San Mateo - Huarochirí.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General**

Determinar el grado de reducción de la concentración del arsénico mediante la oxidación solar en las aguas del Rio Rímac, San Mateo - Huarochirí.

### **1.7.2. Objetivos Específicos:**

Determinar la reducción de la concentración del arsénico en las aguas del Rio Rímac, San Mateo - Huarochirí, bajo diferentes dosis de alambre de hierro.

Determinar la reducción de la concentración del arsénico en las aguas del Rio Rímac, San Mateo - Huarochirí, bajo diferentes dosis de jugo de limón.

Determinar la reducción de la concentración del arsénico en las aguas del Rio Rímac, San Mateo - Huarochirí, bajo diferentes índices de radiación solar.

## **II. METODO**

Esta investigación es explicativa porque el propósito de la investigación es explicar las causas que originan un evento, y la afirmación de que existen entre las variables y como se relacionan.

Según, (HERNANDEZ SAMPIERI, 2014, pp 95-96) Nos mencionan que las investigaciones explicativas están siendo más allá de la representación de conceptos o

fenómenos físicos o sociales. Tal como lo indica su nombre explicativo el cual su interés es de llegar a explicar el problema o fenómeno y como se manifiesta cuáles son sus condiciones de este y cuál es la relación entre las variables.

El tipo de investigación es Aplicada, debido a que se conoce el problema que es la contaminación de arsénico en las aguas del Rio Rímac, San Mateo - Huarochirí y se conoce una técnica de solución que es el método de oxidación solar.

Según (Avila Baray, 2006). Nos expresa que los tipos de investigación aplicada son aplicaciones de la idea a solución de algún problema, se busca un objetivo basado en la ciencia para llevar a término la exigencia de la utilidad social. Se produce propuestas normativas e instrumentos para la solución de problemas prácticos, para así controlar problemas reales.

## **2.1. Diseño de investigación**

El diseño es de forma experimental – experimento puro – Pre y Pos prueba porque en este trabajo de investigación tenemos 19 niveles de manipulación las que serán tomas de un mismo punto, para muestras M1- M6 – M11 y M0-2 no se aplica la técnica y para las muestras M2, M3, M4, M5, M7, M8, M9, M10, M12, M13, M14, M15, M1-2, M2-2 Y M3-2 si se aplicara la técnica Oxidación Solar, pero con diferentes dosis de alambre de hierro, juego de limón y tiempo de exposición solar, estos será un grupo de muestras homogéneas.

En esta manipulación podremos observar los cambios en la variable dependiente.

“Este tipo de diseños incluyen de una a mas variables independientes y dependientes, de igual manera se usa pre pruebas y pos pruebas esto para llegar a observar y analizar cómo fue la evolución de los grupos como era antes y como es después del proceso experimenta” (HERNANDEZ SAMPIERI, 2014 p. 141).

### **2.1.1. Implementación**

#### **Para el día 1.**

Etapa 1:

Se fue hasta la zona de estudio (San Mateo - Huarochirí), para recoger las muestras de agua e instalar los equipos que se usaron en la investigación.

Etapa 2:

En esta etapa se comienza a recoger las muestras de agua que son 5 Litros de agua del río Rímac, San Mateo - Cuenca alta.

Etapa 3:

Luego de recoger las muestras se procede a medir su pH y Temperatura inicial de cada muestra tomada, estos datos son anotados en nuestra ficha correspondiente, posterior a eso estas serán pasadas a las botellas de plástico, para su aplicación de la dosis de alambre de hierro y el juego de limón, para cada muestra.

Etapa 4:

Las botellas con dosis de juego de limón y el alambre de hierro son expuestas al sol por un periodo de tiempo determinado los cuales fueron (2-4-6-8) horas.

Etapa 5:

Cada periodo de hora mencionado se recoge una muestra, se observa la radiación solar en la estación meteorológica se anota el valor que indica y es anotado en la ficha correspondiente y nuevamente se mide el pH y Temperatura final.

Etapa 6:

Cuando las botellas han pasado su proceso de radiación solar, se deja reposar para que pueda sedimentar, después se procede a un filtrado simple.

Etapa 7:

Luego de pasar por las etapas anteriores las muestras son guardadas y refrigeradas.

## **Para el día 2.**

Etapa 1:

En esta etapa se comienza a recoger las muestras de agua que son 5 Litros de agua del río Rímac – Cuenca alta.

Etapa 2:

Luego de recoger las muestras se procede a medir su pH y Temperatura inicial de cada muestra tomada estos datos son anotados en nuestra ficha correspondiente, posterior a eso estas será pasadas a las botellas de plástico, para su aplicación de la dosis de alambre de hierro y el juego de limón, para cada muestra.

Etapa 3:

Las botellas con dosis de juego de limón y el alambre de hierro son expuestas al sol por un periodo de tiempo determinado los cuales fueron (2-4-6-8) horas.

Etapa 4:

Cada periodo de hora mencionado se recoge una muestra, se observa la radiación solar en la estación meteorológica se anota el valor que indica y es anotado en la ficha correspondiente y nuevamente se mide el pH y Temperatura final

Etapa 5:

Cuando las botellas han pasado su proceso de radiación solar, se deja reposar para que pueda sedimentar, después se procede a un filtrado simple.

Etapa 6:

Luego de pasar por las etapas anteriores las muestras son guardadas y refrigeradas.

### **Para el día 3.**

Etapa 1:

En esta etapa se comienza a recoger las muestras de agua que son 5 Litros de agua del rio Rímac – Cuenca alta.

Etapa 2:

Luego de recoger las muestras se procede a medir su pH y Temperatura inicial de cada muestra tomada estos datos son anotados en nuestra ficha correspondiente, posterior a eso estas serán pasadas a las botellas de plástico, para su aplicación de la dosis de alambre de hierro y el juego de limón, para cada muestra.

Etapa 3:

Las botellas con dosis de juego de limón y el alambre de hierro son expuestas al sol por un periodo de tiempo determinado los cuales fueron (2-4-6-8) horas.

Etapa 4:

Cada periodo de hora mencionado se recoge una muestra, se observa la radiación solar en la estación meteorológica se anota el valor que indica y es anotado en la ficha correspondiente y nuevamente se mide el pH y Temperatura final.

Etapa 5:

Cuando las botellas han pasado su proceso de radiación solar, se deja reposar para que pueda sedimentar, después se procede a un filtrado simple.

Etapa 6:

Luego de pasar por las etapas anteriores las muestras son guardadas, refrigeradas y son llevadas al laboratorio para su análisis respectivo de cada una de ellas.

## **2.2. Variables, operacionalización**

### **Variable dependiente**

Reducción de la concentración de Arsénico en aguas del Rio Rímac, San Mateo – Huarochirí.

## **Variable independiente**

La oxidación solar.

“El método oxidación solar es una aplicación simple y sencilla, consiste en colocar el agua contaminada con arsénico en botellas de diferentes o igual tamaño, luego de eso a cada botella se le agregara el alambre de hierro y el ácido cítrico respectivo para cada botella, continuamente se dejara por un periodo de tiempo a la exposición solar” (Martin Wegelin, 2000).

“La contaminación a causa de metales y metaloides en la actualidad es un problema ambiental muy importante debido a su alta toxicidad, entre estos tenemos a el cromo, mercurio, cobre y níquel, además el arsénico [...] El proceso de eliminación de estos contaminantes han sido llevados generalmente por procesos de precipitación como hidróxidos, electrolisis, oxidación química, etc.” (DOMÈNECH, Xavier; LITTER, Marta I.; MANSILLA, Héctor D, 2004)

Tabla 3. Operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicador	Escala de Medicion	Instrumento
<b>Aplicación del método oxidación solar</b>	“El método oxidación solar es una aplicación simple y sencilla, consiste en colocar el agua contaminada con arsénico en botellas de diferentes o igual tamaño, luego de eso a cada botella se le agregara el alambre de hierro y el ácido cítrico respectivo para cada botella, continuamente se dejara por un periodo de tiempo a la exposición solar” (Martin Wegelin, 2000).	La oxidación solar se midió mediante las dosis de alambre de hierro, juego de limón y el tiempo de exposición solar, para la reducción del arsénico.	Alambre de hierro	Dosis 0	0 g	Balanza analítica
				Dosis 1	(2) g	Balanza analítica
				Dosis 2	(3) g	Balanza analítica
				Dosis 3	(4) g	Balanza analítica
				Dosis 4	(5) g	Balanza analítica
			Jugo de Limón	Dosis 0	(0) mL	Pipeta
				Dosis 1	(2) mL	Pipeta
				Dosis 2	(4) mL	Pipeta
				Dosis 3	(6) mL	Pipeta
			Radiación Solar	Dosis 4	(8) mL	Pipeta
				Dosis 0	(w/m <sup>2</sup> )	Piranómetro
				Dosis 1	(w/m <sup>2</sup> )	Piranómetro
				Dosis 2	(w/m <sup>2</sup> )	Piranómetro
				Dosis 3	(w/m <sup>2</sup> )	Piranómetro
			Dosis 4	(w/m <sup>2</sup> )	Piranómetro	
<b>Reducción de la concentración Arsénico en Aguas del Río San Mateo, Huarochirí.</b>	“La contaminación a causa de metales y metaloides en la actualidad es un problema ambiental muy importante debido a su alta toxicidad, entre estos tenemos a el cromo, mercurio, cobre y níquel, además el arsénico [...] El proceso de eliminación de estos contaminantes han sido llevados generalmente por procesos de precipitación como hidróxidos, electrolisis, oxidación química, etc.” (DOMÈNECH, Xavier; LITTER, Marta I.; MANSILLA, Héctor D. , 2004b pág. 189)	La reducción de arsénico se midió por su concentración y sus características físico químicas.	Arsénico	Arsénico Total	mg/L	Espectrofotómetros de Absorción Atómica XplorAA®
			Característica Físico-Química	pH	Ácido, Básico o Neutro	Potenciómetro
				Temperatura	Celcius	

Fuente: Elaboración Propia.



## **2.3. Población y muestra**

### **2.3.1. Población**

La población está compuesta por las aguas del Rio Rímac, San Mateo – Huarochirí.

### **2.3.2. Muestra**

La muestra utilizada fue de 19 Litros de agua del Rio Rímac, San Mateo - Huarochirí. Considerando que se utilizó 1L por cada aplicación que se hará.

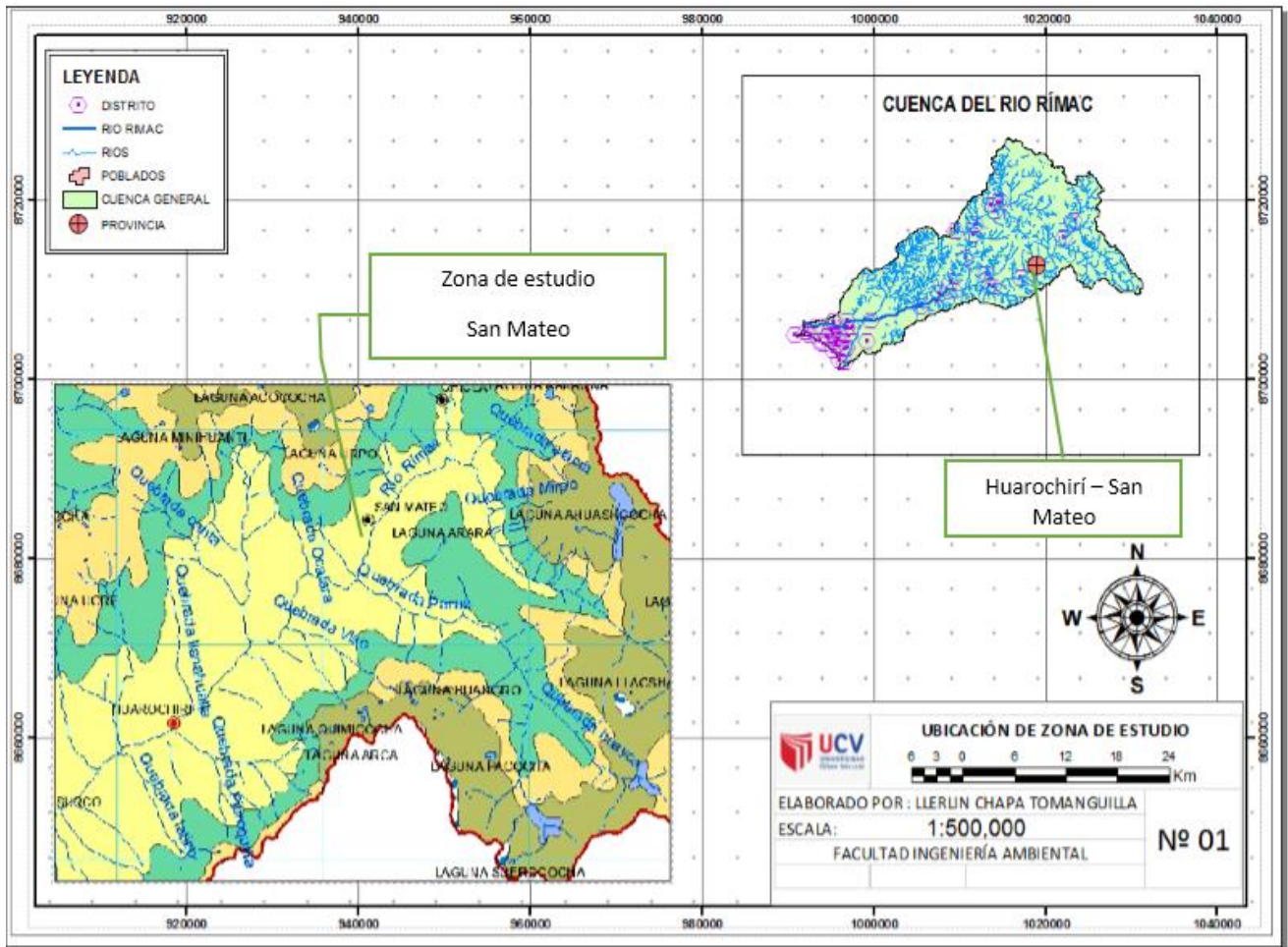
Par la toma de muestra debemos considerar ciertos aspectos para evitar perjuicios en el proceso de la toma de muestra.

Si el paso al agua fuese muy hondo o torrencioso, se debe evitar el ingreso. Para estos casos de vemos recoger las muestras con ayuda de un brazo telescopio o con algún recipiente sujetado a una soga, para guardas las medidas de seguridad. Para nuestro muestreo no usaremos eso ya que en nivel de caudal es bajo y se puede acceder sin algún tipo de problema.

Para la primera toma de muestra debemos tener en cuenta la manipulación correcta de los reactivos casos fuera necesarios y el uso de guantes, para el inicio de toma de muestras. Se tomó indicación de R.J. 010-2016-ANA. "Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales"

### **2.3.3. Muestreo**

- “Dejaremos una parte de aproximadamente 1% libre del envase, para permitir la esparcimiento, adición del perseverante y homogenización de la muestra”(ANA, 2011).
- “Evitar atrapar la muestra de agua, cogiendo el recipiente por la parte donde ingresa el agua”.
- “Evitar las zonas con turbulencia enorme, considerando las profundidades y el acceso con pendiente pronunciada”.
- “Realizar la toma de muestras, en dirección opuesta al flujo del río o quebrada”.
- Estos procedimientos serán tomas para las 15 muestras que se tiene que tomar de la zona de estudio



Fuente: Sedapal – Estudio Hidrológico de la cuenca del río Rímac.

Figura 4. Ubicación de zona de estudio (Provincia de Huarochirí distrito de San Mateo)

Tabla 4. Coordenadas de puntos de muestreo.

PUNTOS DE MUESTREO	Coordenadas Este (X)	Coordenadas Norte (Y)	GMS (grados, minutos, segundos)		Zona
P1	57899.4	98718.1	S 11° 46' 6.503"	O 76° 18' 14.962"	WGS_1984_UTM_Zone_1
P2	357914.6	8698692.2	S 11° 46' 7.348"	O 76° 18' 14.463"	8S
P3	357949.5	8698639.4	S 11° 46' 9.072"	O 76° 18' 13.32"	
P4	357914.6	8698692.2	S 11° 46' 7.348"	O 76° 18' 14.463"	

Fuente: Elaboración propia

Para la parte experimental en campo se realizó en la Provincia Huarochirí distrito San Mateo, en los días 11,12 y 13 de agosto del 2018 en épocas de clima templado, llegando alcanzar temperaturas máximas de 16.5 °C y mínima de 0.1 °C.

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

### **2.4.1. Técnica**

Observación y medición directa, debido a que la investigación es tipo cuantitativa y se obtiene datos reales recolectados con instrumentos propios, también se tiene datos secundarios que proceden con otras prácticas que han procesado otros investigadores como los antecedentes.

“Los materiales de recaudación de datos que emplea el investigador tienen por finalidad de recopilar información de las variables que se encuentran en el estudio. Es decir, son herramientas que permitieron efectuar observaciones de los hechos a estudiar” (VALLE, MENDOZA Y SANTIAGO, 2015, p. 69).

### **2.4.2. Instrumento de recolección de datos**

Los datos obtenidos en campo se registrarán en la correspondiente ficha los mismos que se adjuntan en el anexo:

- Ficha de observación.
- Ficha de cadena de custodia.

Donde se evalúa las dimensiones del estudio (Dosis de alambre de hierro, Dosis de jugo de limón, Tiempo de exposición solar, Arsénico y pH)

### **2.4.3. Validez**

El instrumento será evaluado por profesores expertos en el campo, mediante sus conocimientos de los expertos evaluarán la investigación y darán sus respectivas aprobaciones u observaciones, llegando así a tener un grado de validación de 98% otorgados por los 3 expertos de la Universidad César Vallejo.

### **2.4.4. Confiabilidad**

La confiabilidad de un instrumento de medición se basa en el grado de precisión de la medida, esto quiere decir que si se aplica varias veces el instrumento al mismo objeto este nos dará el mismo resultado.

El método que se usara para estimar la confiabilidad será el Método de Test-Retest, la que consiste en la aplicación del mismo instrumento en semejante muestra de sujetos en dos o más ocasiones, bajo condiciones similares. Estos

resultados que se obtendrán de las diferentes pruebas repetidas serán comparados, para esta comparación se expresa por el coeficiente de correlación de Pearson r.

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

En donde:

r<sub>xy</sub>: es el coeficiente de correlación

N: número de sujetos

X: valores de X (1ª aplicación)

Y: valores de Y (2ª aplicación)

XY: producto de cada valor X por su correspondiente valor en Y

## 2.5. Métodos de análisis de datos

### 2.5.1. Análisis descriptivo e inferencial

Como primer paso es describir los datos, valores o puntuaciones que se hayan obtenido de cada variable (resultados de la investigación). Es encargado de recolectar, clasificar, ordenar, analizar y representar datos para así poder obtener particularidad es del grupo, esta se apoya en la herramienta de medidas de tendencia central; la media, la moda, la mediana etc. También se tiene medida de dispersión como la varianza y la desviación típica (HERNANDEZ SAMPIERI, 2014, p. 282).

Se comparara las dimensiones de mis variables independientes con mis variables dependientes, se evaluará para cuadro comparativo un diagrama de dispersión para poder observar gráficamente los cambios que produce cada dimensión a la variable dependiente.

Se utilizarán gráficos de resultados los mismos que serán sistematizados y procesados mediante el software Minitab, que me permitirán desarrollar fórmulas de regresión adecuadas para la estimación de parámetros futuros, tales como: niveles de concentración de limón para un nivel de reducción arsénico, niveles de concentración de alambre de hierro para un nivel de reducción de arsénico

especifico y tiempo de exposición solar para un nivel de reducción de arsénico, además de permitirme la elaboración de la combinación adecuada de las dimensiones que producirán una mayor disminución de la concentración de arsénico. Esto mediante el modelo de regresión lineal múltiple que se hayo en la investigación.

## **2.6. Aspectos éticos**

Esta investigación y el investigador se comprometerán a tener un comportamiento ético y profesional en cuanto a mostrar resultados reales y convincentes. Además la investigación ha sido sometida al software Turnitin, por parte de la Universidad César Vallejo con el fin de verificar el porcentaje de similitud.

Además todos los aportes de otros investigadores y estudios aplicados o similares a esta técnica que se aplicara serán debidamente citados tal como lo indica el manual UNE-ISO 690 y 690-2.

### **III. RESULTADOS**

### 3.1. Resultados Descriptivos

### 3.2. Datos de parte experimental

La parte experimental de esta investigación es desarrollada durante 3 días, con 5 muestras por día, luego de observar cuál de los grupos tuvo una mayor reducción de la concentración de arsénico, se realizó una corrida de 3 nuevas muestras, todas las muestras fueron sometidas al tratamiento de la oxidación, las cuales se observaran en las siguientes tablas.

Tabla 5. Variables y medición totales del día 01.

MUESTRAS	Alambre de hierro (g)	Jugo de Limón (ml)	Tiempo (H)	Radiación Solar (W/M2)	pH Inicial	pH Final	Temperatura Inicial (°C)	Temperatura Final (°C)	Arsénico Inicial (mg/L)	Arsénico Final (mg/L)	Porcentaje de reducción (%)
M6	0	0	0	0	0	0	0	0	2.2	0	0
M7	3	2	2	293.24	5.89	5.63	14.3	26.7	2.2	0.465	78.86
M8	4	4	4	428.14	5.87	4.72	14.3	33.8	2.2	0.242	89
M9	5	6	6	523.72	6.03	4.03	13.8	24.7	2.2	0.418	81
M10	6	8	8	540.25	6.1	5.57	14	26.9	2.2	0.404	81.64

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6. Variables y medición totales del día 02.

MUESTRAS	Alambre de hierro (g)	Jugo de Limón (ml)	Tiempo (H)	Radiación Solar (W/M2)	pH Inicial	pH Final	Temperatura Inicial (°C)	Temperatura Final (°C)	Arsénico Inicial (mg/L)	Arsénico Final (mg/L)	Porcentaje de reducción (%)
M1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.64	0	0
M2	2	2	2	303.83	6.06	5.89	14.2	27.5	1.64	0.283	82.74
M3	3	4	4	444.46	6.8	4.58	13.7	31.4	1.64	0.213	87.01
M4	4	6	6	550.18	7.08	4.12	13.7	26.2	1.64	0.128	92.2
M5	5	8	8	590.21	6.03	3.91	14	26.5	1.64	0.472	71.22

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 7. Variables y medición totales del día 03

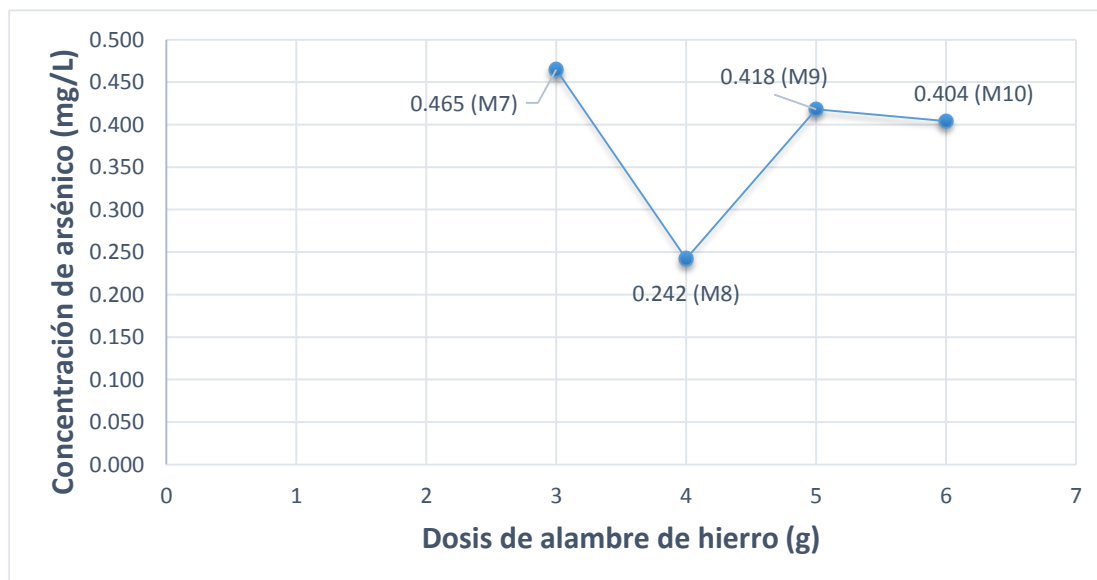
MUESTRAS	Alambre de hierro (g)	Jugo de Limón (ml)	Tiempo (H)	Radiación Solar (W/m2)	pH Inicial	pH Final	Temperatura Inicial (°C)	Temperatura Final (°C)	Arsénico Inicial (mg/L)	Arsénico Final (mg/L)	Porcentaje de reducción (%)
M11	0	0	0	0	0	0	0	0	0.835		
M12	2	8	2	292.24	5.59	3.84	14.7	30		0.248	70.3
M13	3	6	4	407.69	5.73	4.11	14.4	31.5		0.316	62.16
M14	5	4	6	463.34	5.78	4.01	14.3	24.5		0.293	56.65
M15	6	2	8	392.44	5.83	3.85	14.2	24.2		0.362	64.91

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3. Análisis de las dosis de alambre de hierro.

#### 3.3.1. Resultados del día 01.

El alambre de hierro es uno de los parámetros que es considerado para evaluar la efectividad de la oxidación solar, ya que este es el que genera los hidróxidos de hierro para capturar a las moléculas de arsénico y luego sedimentarlas, se obtuvieron los resultados que se observa en los siguientes gráficos.



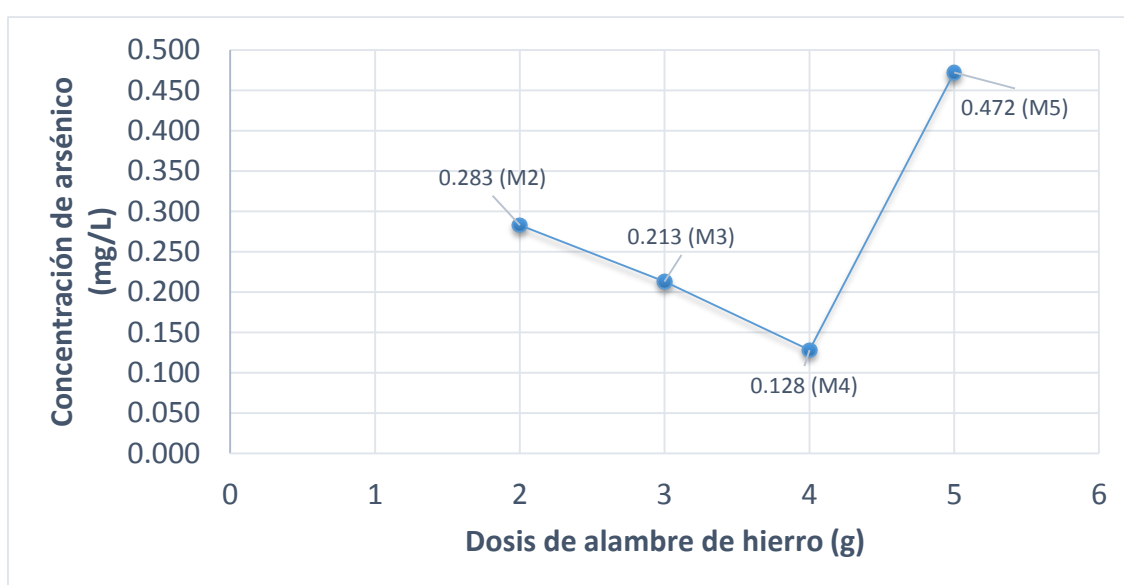
Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 1. Concentración de arsénico final respecto a dosis de alambre de hierro día 1.



Como se observa en el gráfico, la tendencia de los datos indica que la reacción alcanza un máximo rendimiento para un valor específico de 4 g de alambre de hierro. A partir de este valor al aumentar los gramos de alambre de hierro no mejora el rendimiento de mi reacción y busca tener una tendencia constante, esto indica que el efecto es prácticamente nulo. Se puede lograr una reducción de arsénico para el día 1 de 2.2 (mg/L) de arsénico inicial a 0.242 (mg/L) de arsénico final.

### 3.3.2. Resultados del día 02.

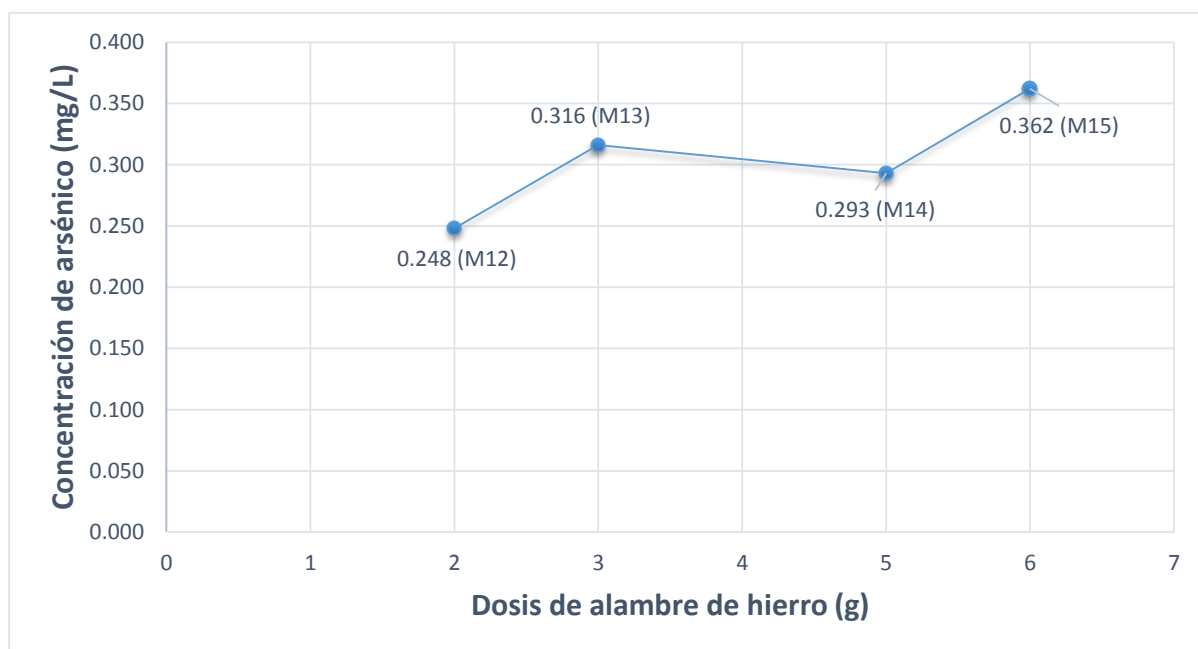


Fuente: *Elaboración Propia*

Gráfico 2. *Concentración de arsénico final respecto a dosis de alambre de hierro día 2.*

Como se observa en el gráfico, la tendencia de los datos indica que la reacción alcanza un máximo rendimiento para un valor de 4 g de alambre de hierro. A partir de este valor al aumentar los gramos de alambre de hierro no mejora el rendimiento de mi reacción, esto indica que el efecto tiene una deficiencia de reducción. Se puede lograr una reducción de arsénico para el día 2, con una concentración inicial de 1.64 (mg/L) de arsénico a una concentración final de arsénico de 0.128 (mg/L).

### 3.3.3. Resultados del día 03



Fuente: Elaboración Propia.

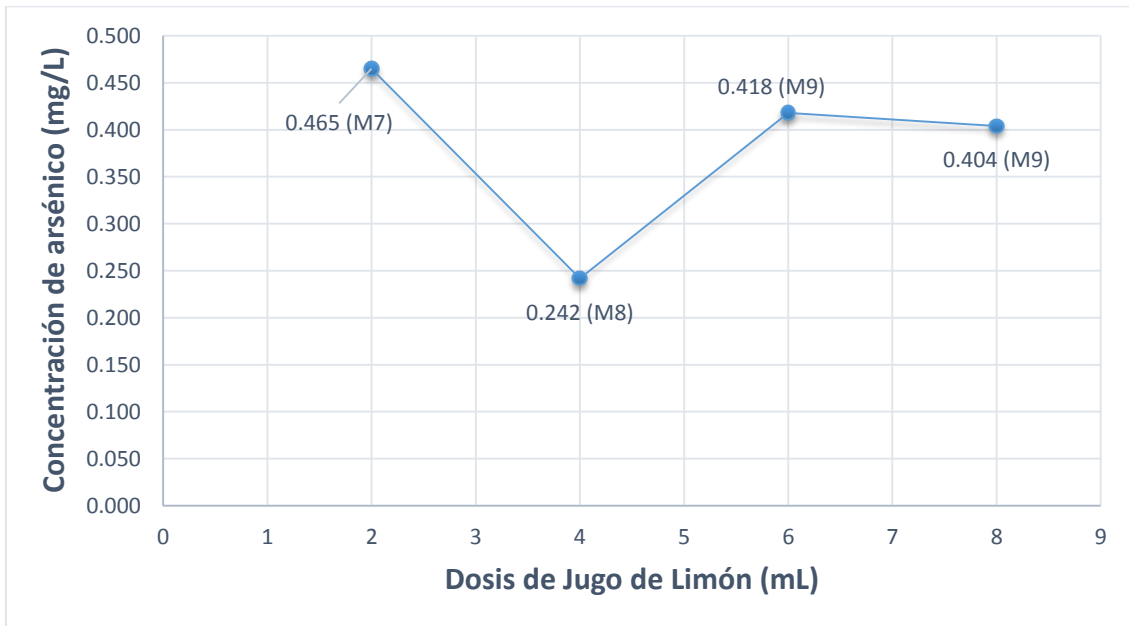
Grafico 3. Concentración de arsénico final respecto a dosis de alambre de hierro día 3.

Como se observa en el gráfico, la tendencia de los datos es creciente y ambos directamente proporcionales, la reacción alcanza un máximo rendimiento para un valor de 2 g de alambre de hierro. A partir de este valor al aumentar los gramos de alambre de hierro no mejora el rendimiento de mi reacción, esto indica que el efecto tiene una deficiencia de reducción. Se pudo lograr una reducción de arsénico para el día 3, con una concentración inicial de 0.835 (mg/L) de arsénico a una concentración final de arsénico de 0.248 (mg/L).

### 3.4. Análisis de las dosis de jugo de limón.

El jugo de limón es uno de los parámetros que es considerado para evaluar la efectividad de la oxidación solar, este ayuda a facilitar el proceso de oxidación, como la generación de oxidantes, se obtuvieron los resultados que se observa en los siguientes gráficos.

### 3.4.1. Resultados del día 01

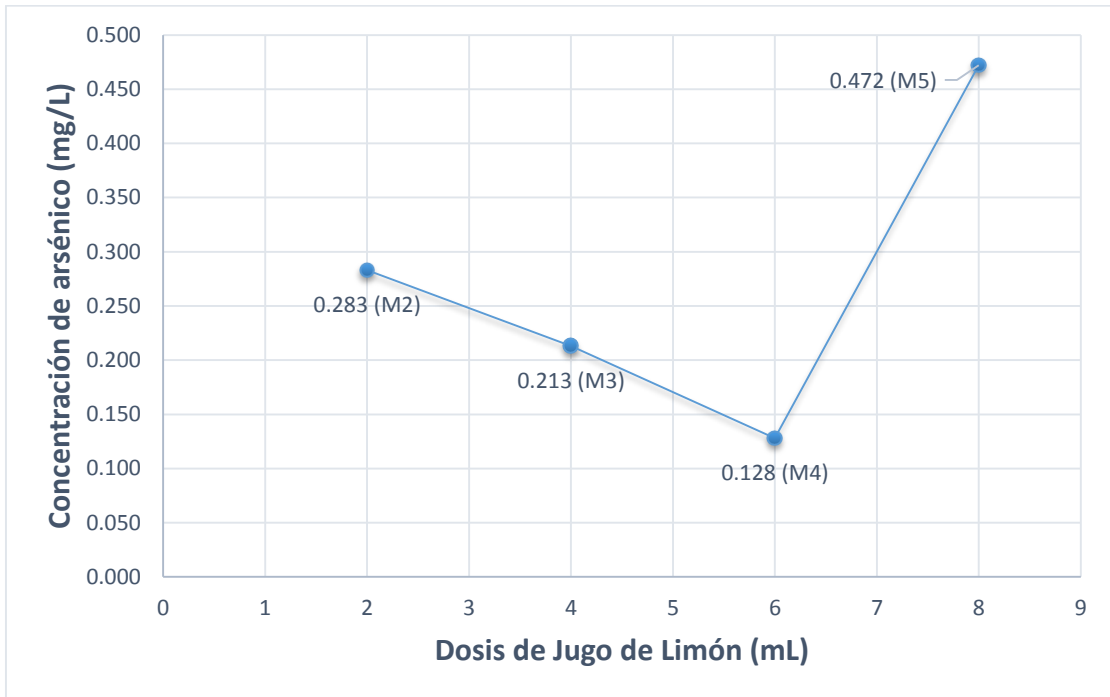


*Fuente: Elaboración Propia*

*Grafico 4. Concentración de arsénico final respecto a dosis de jugo de limón día 1.*

Como se observa en el gráfico, la tendencia de los datos indica que la reacción alcanza un máximo rendimiento para un valor específico de 4 mL de jugo de limón. A partir de este valor al aumentar los mL de jugo de limón no mejora el rendimiento de mi reacción y busca tener una tendencia constante, esto indica que el efecto es prácticamente nulo. Se puedo lograr una reducción de arsénico para el día 1 de 2.2 (mg/L) de arsénico inicial a 0.242 (mg/L) de arsénico final.

### 3.4.2. Resultados del día 02

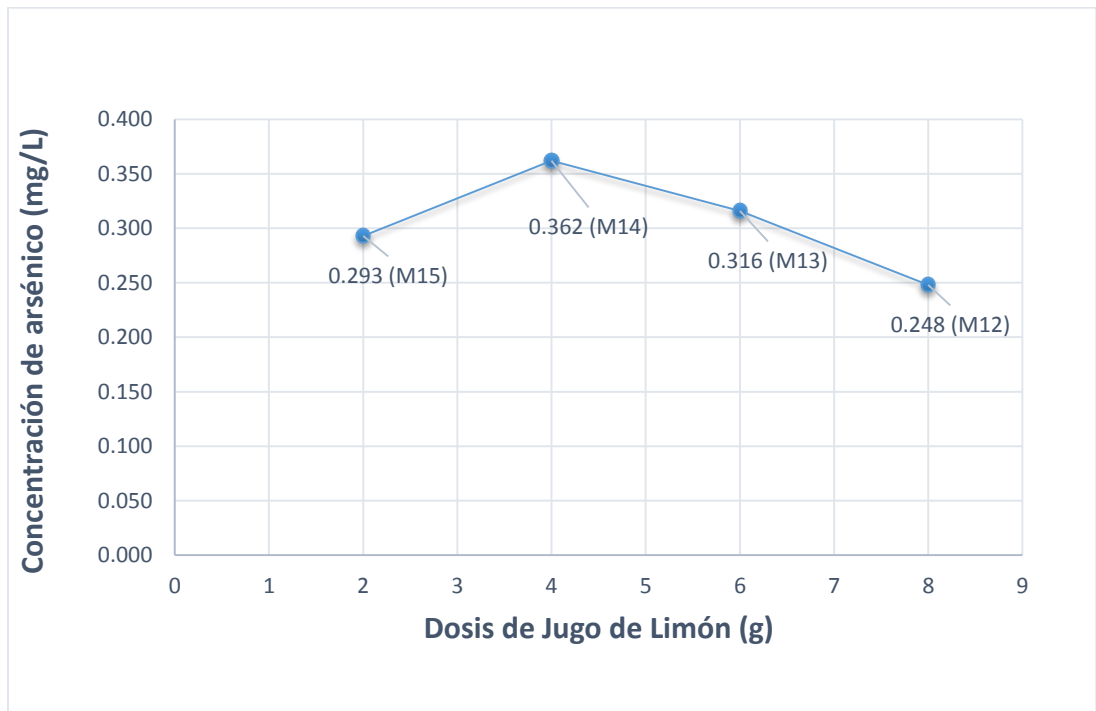


Fuente: *Elaboración Propia*

Grafico 5. *Concentración de arsénico final respecto a dosis de jugo de limón día 2.*

Como se observa en el gráfico, la tendencia muestra que deja de crecer cuando aumentamos los mL de jugo de limón, a partir de los 6mL ya no se nota una mejora en la reducción si no lo contrario. Se puede lograr una reducción de arsénico para el día 2, con una concentración inicial de 1.64 (mg/L) de arsénico a una concentración final de arsénico de 0.128 (mg/L).

### 3.4.3. Resultados del día 03



*Fuente: Elaboración Propia*

*Gráfico 6. Concentración de arsénico final respecto a dosis de jugo de limón día 3.*

Como se observa en el gráfico, la tendencia muestra que cuando aumentamos los mL de jugo de limón, a partir de los 4mL comienza un índice positivo de reducción, llegando a los 8 mL de jugo de limón como la más adecuada. Se puede lograr una reducción de arsénico para el día 3, con una concentración inicial de 0.835 (mg/L) de arsénico a una concentración final de arsénico de 0.248 (mg/L).

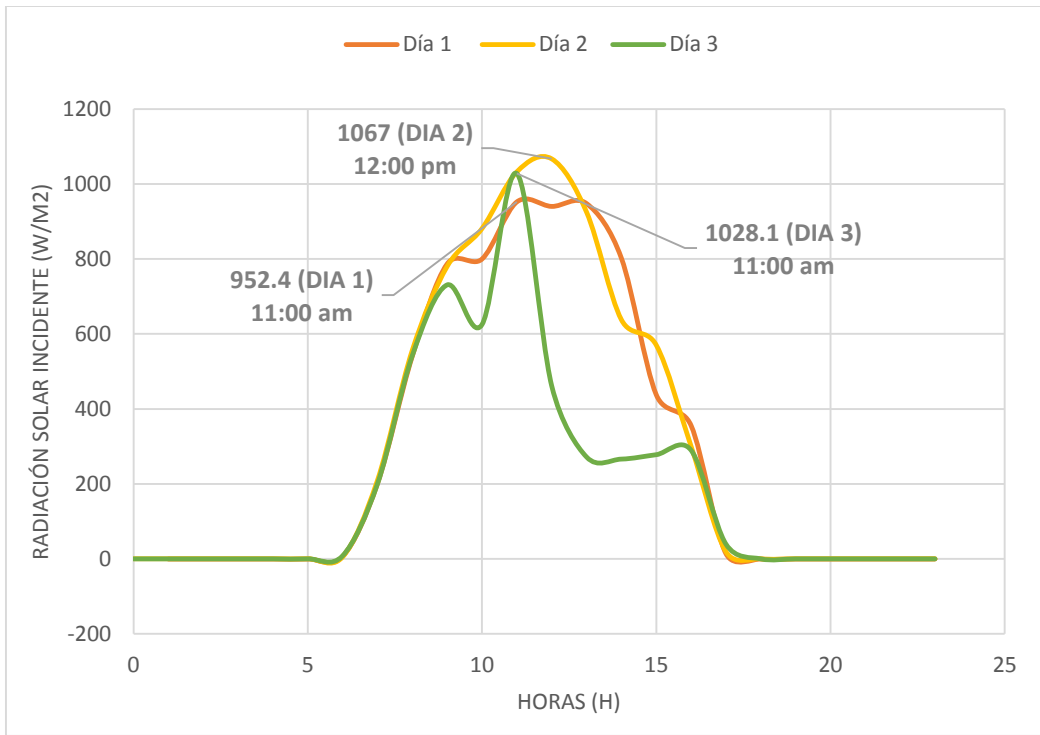
### 3.5. Análisis de la radiación solar

La radiación solar es la que generara unos oxidantes muy fuertes que son los que oxidan al arsénico y lo llevan a un estado de oxidación, en el cual tiene la capacidad de adherirse a los óxidos de hierro posterior a eso estos precipitan.

Tabla 8. Variación horaria de la radiación solar incidente (W/m<sup>2</sup>)

Radiación solar incidente (W/m <sup>2</sup> )			
Hora	Día 1	Día 2	Día 3
0		0	0
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	6.7	5	8.1
7	201	209	200
8	541.2	556.2	542.4
9	787	780	731
10	800	881	625.1
11	952.4	1032.4	1028.1
12	940.4	1067	461.8
13	948	925	271.8
14	802.3	637.8	266.2
15	438.2	570.1	277.9
16	356.1	300	289.9
17	14.4	19	39.4
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	0	0	0
22	0	0	0
23	0	0	0

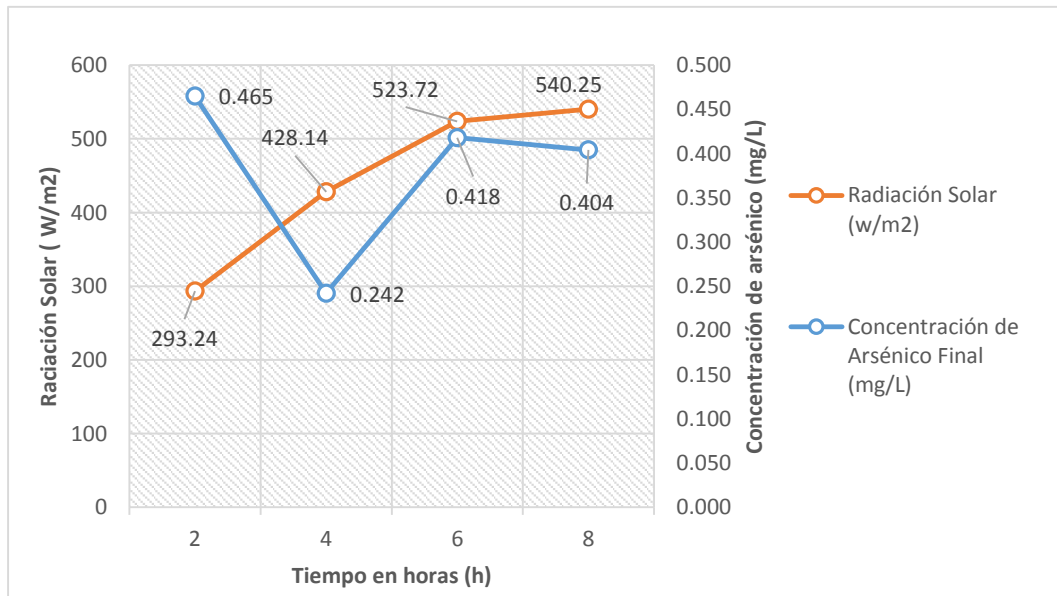
Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración Propia

Grafico 7. Variación horaria de la radiación solar incidente (W/m²).

### 3.5.1. Resultados del día 01

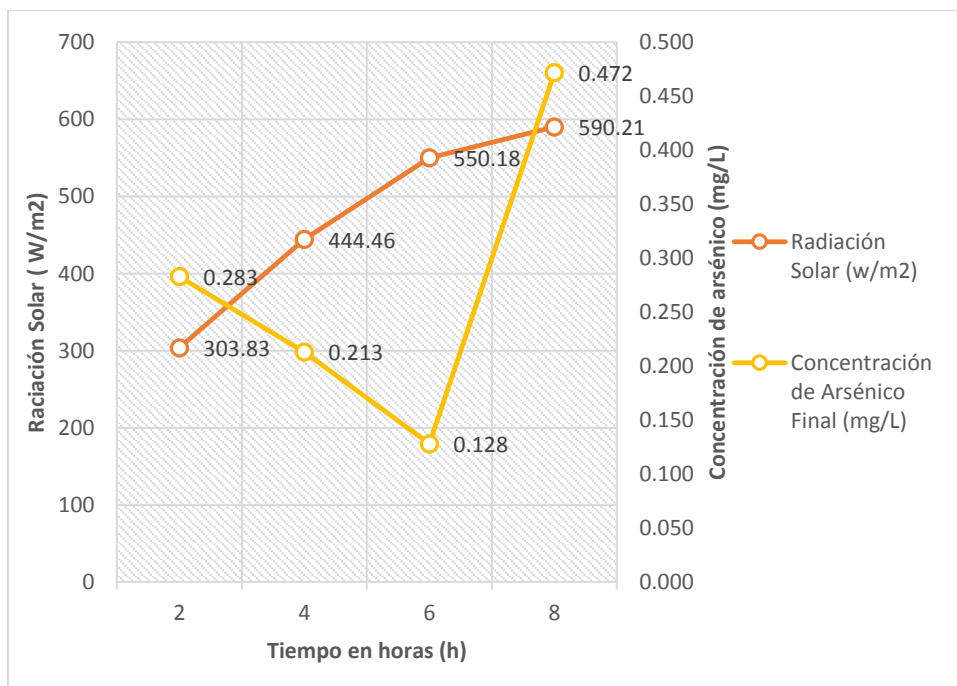


Fuente: Elaboración Propia

Grafico 8. Concentración de arsénico final respecto a la radiación solar 1.

Como se observa en el gráfico, la radiación solar va aumentando en cuanto a las horas expuestas, sin embargo el resultado más óptima fue de 4 horas de exposición solar con un valor de 428.14 (W/m<sup>2</sup>), para así llegar a obtener una reducción de arsénico final de 0.242 (mg/L) con un valor inicial de 2.2 (mg/L) de arsénico.

### 3.5.2. Resultados del día 02



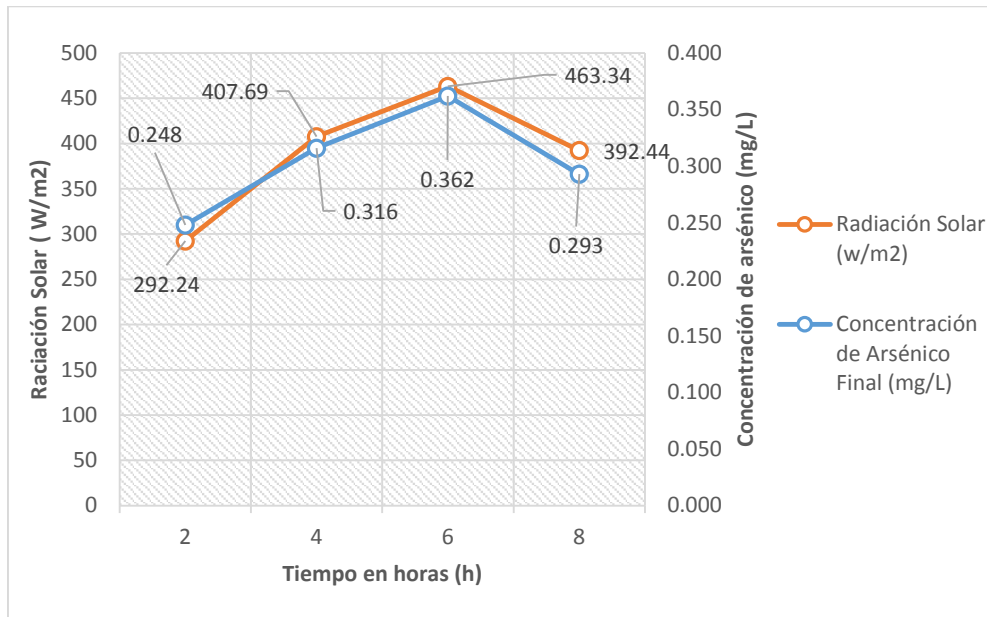
*Fuente: Elaboración Propia*

*Grafico 9. Concentración de arsénico final respecto a la radiación solar 2.*

Como se observa en el gráfico, la radiación solar va aumentando en cuanto a las horas expuestas, sin embargo el resultado más óptima fue de 6 horas de exposición solar con un valor de 550.18 (W/m<sup>2</sup>), para así llegar a obtener una reducción de arsénico final de 0.128 (mg/L) con un valor inicial de 1.64 (mg/L) de arsénico.



### 3.5.3. Resultados del día 03

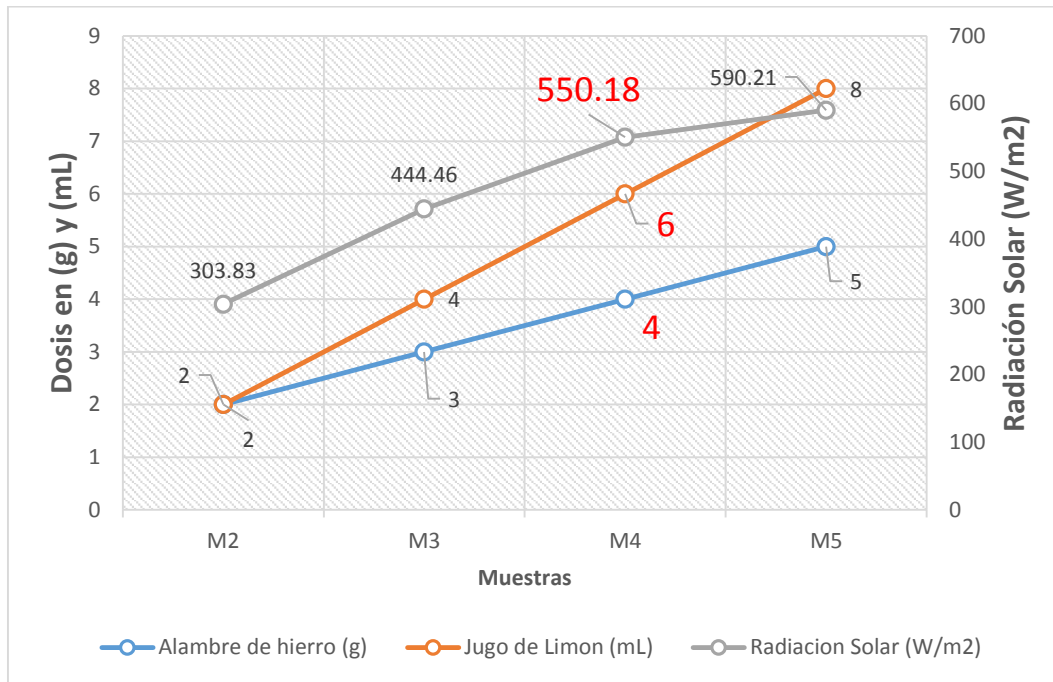


Fuente: Elaboración Propia

Gráfico 10. Concentración de arsénico final respecto a la radiación solar 3.

Como se observa en el gráfico, la radiación solar va aumentando en cuanto a las horas expuestas hasta llegar a un punto que comienza a disminuir, sin embargo el resultado más óptima fue de 2 horas de exposición solar con un valor de 292.24 (W/m<sup>2</sup>), para así llegar a obtener una reducción de arsénico final de 0.248 (mg/L) con un valor inicial de 0.835 (mg/L) de arsénico.

### 3.6. Análisis de mejor grupo de dosis



Fuente: Elaboración Propia

Grafico 11. Dosis de alambre de hierro, jugo de limón y radiación solar.

Como se observa en el gráfico, con los datos del día 2 siendo este considerado como el de mayor reducción de arsénico en la muestra M4, con dosis de 4g de alambre de hierro, 6mL de jugo de limón y un periodo de exposición solar de 6 horas con 550.18 (W/m<sup>2</sup>) de radiación solar se llegó a reducir una concentración de arsénico inicial de 1.64 mg/L de arsénico a 0.128 mg/L de concentración de arsénico final, siendo este el valor más bajo dentro de los 3 días de prueba.

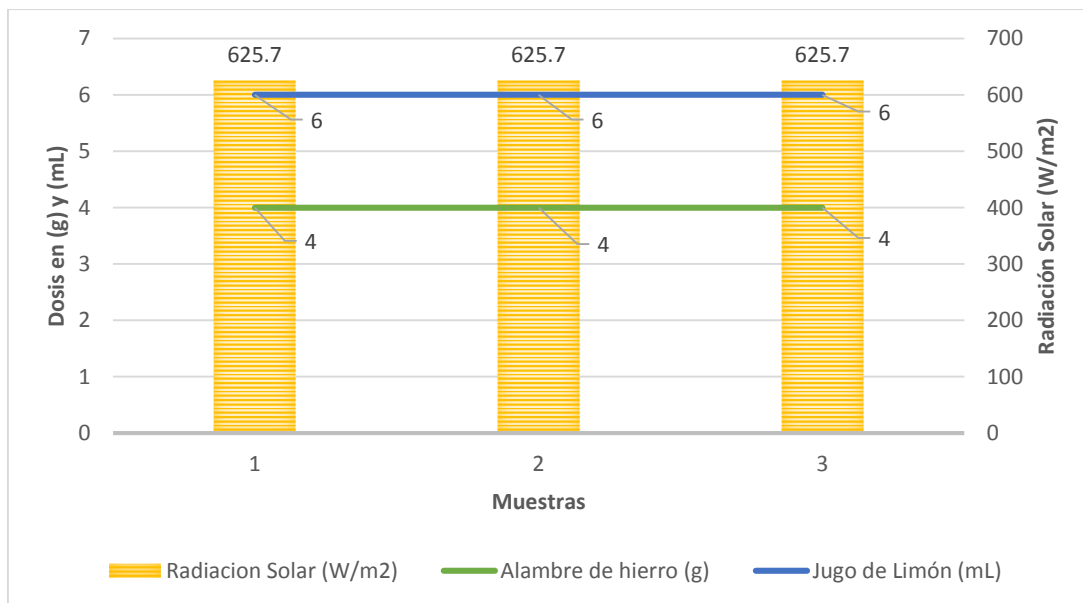
### 3.7. Datos de repetición de prueba

Tabla 9. Variables y medición de la repetición.

MUESTRAS	Alambre de hierro (g)	Jugo de Limón (mL)	Tiempo (H)	Radiación Solar (W/m <sup>2</sup> )	pH Inicial	pH Final	Temperatura Inicial (°C)	Temperatura Final (°C)	Arsénico Inicial (mg/L)	Arsénico Final (mg/L)	Porcentaje de reducción (%)
M0-2	0	0	0	0	0	0	0	0	1.64	0	0
M1-2	4	6	6	625.7	6.01	5.48	15.2	35.2	1.64	0.002	99.8
M2-2	4	6	6	625.7	6.25	5.12	15.7	35.6	1.64	0.002	99.8
M2-3	4	6	6	625.7	5.59	4.8	15.2	35.1	1.64	0.002	99.8

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.7.1. Análisis de datos de la repetición



Fuente: Elaboración Propia.

Gráfico 12. Dosis de alambre de hierro, jugo de limón y radiación solar de la repetición.

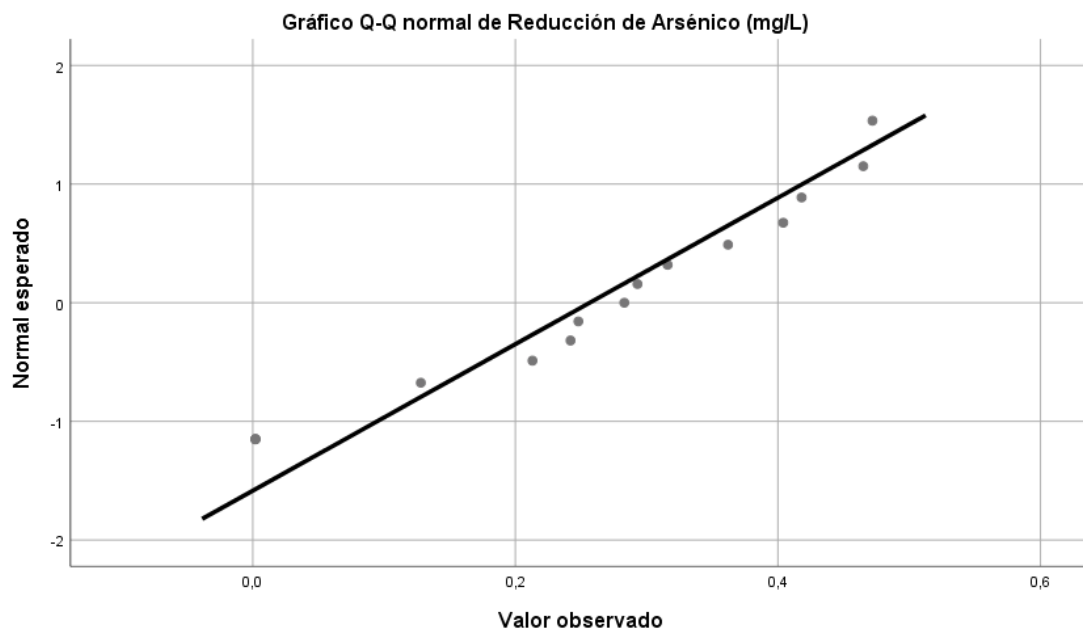
Como se observa en el gráfico, se realizó una repetición para respecto a los valores más óptimos del día 2, los cuales fueron 4g de alambre de hierro, 6mL de jugo de limón y un periodo de exposición solar de 6horas, obteniendo así un valor de 625.7 (W/m<sup>2</sup>) de radiación solar. Como concentración inicial se tuvo 1.62 mg/L de arsénico y se consiguió reducir para las 3 repeticiones una concentración final de 0.002 mg/L de arsénico.

### 3.8. Influencia de los parámetros de alambre de hierro, juego de limón y radicación solar en el proceso de oxidación solar para la reducción de la concentración de arsénico: Verificación Estadística Inferencial

	Prueba de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Reducción de Arsénico (mg/L)	,142	15	,200 <sup>*</sup>	,913	15	,153

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors



Fuente: Elaboración propia

Grafico 13. Normalidad de datos.

La prueba de normalidad indica que los datos de las muestras representativas siguen una distribución normal o gaussiana y que si pasa el valor mínimo requerido, las conclusiones obtenidas en mis muestras podremos generalizarlas para la población.

### 3.9. Regresión lineal múltiple

Luego de ver y analizar la normalidad en los datos y al ver que son normales, se aplicó la regresión lineal múltiple que cuyo objetivo es encontrar y observar la relación o de qué manera intervienen las variables independientes respecto a mi variable dependiente Y, así poder analizar su comportamiento del mismo. Así mismo lo que se quiere alcanzar es predecir la reducción de arsénico por oxidación solar mediante diversas combinaciones de alambre de hierro, jugo de limón e índices de radiación solar.

### 3.10. Ecuación de regresión

En esta tabla se muestra la recolección de datos de las variables como X1= Alambre de hierro, X2= Juego de limón y X3= Radiación Solar, el modelo de regresión lineal es aquel que será el que simplifica la realidad, expresando una variable que deseo explicar y otras variables que se utilizan como explicativas. Según (BARÓN LÓPEZ, FK.; TÉLLEZ MONTIEL, F. 2004) nos dice que “Utilizamos regresión múltiple cuando estudiamos la posible relación entre varias variables independientes y otra variable dependiente”

Tabla 10. Recolección de datos.

X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	y Real	Y teórico
3	2	292.24	0.465	0.339
4	4	428.14	0.242	0.291
5	6	523.72	0.418	0.299
6	8	540.25	0.404	0.416
2	2	303.83	0.283	0.23
3	4	444.46	0.213	0.176
4	6	550.18	0.128	0.17
5	8	590.21	0.472	0.254
2	8	292.24	0.248	0.387
3	6	407.69	0.316	0.274
5	4	463.34	0.293	0.336
6	2	392.44	0.362	0.48
4	6	625.7	0.002	0.066
4	6	625.7	0.002	0.066
4	6	625.7	0.002	0.066

Fuente: Elaboración Propia.

En esta tabla se muestra los datos procesados de la tabla de recolección de datos a cada variable ha sido elevada al cuadrado, luego de ellos multiplicar de dos a dos y así hallar los resultados que se muestran.

Tabla 11. Datos Procesados

x1*x1	x2*x2	x3*x3	x1*x2	x1*x3	x2*x3	x1*y	x2*y	x3*y
9	4	85404.2176	6	876.72	584.48	1.395	0.93	135.8916
16	16	183303.8596	16	1712.56	1712.56	0.968	0.968	103.60988
25	36	274282.6384	30	2618.6	3142.32	2.09	2.508	218.91496
36	64	291870.0625	48	3241.5	4322	2.424	3.232	218.261
4	4	92312.6689	4	607.66	607.66	0.566	0.566	85.98389
9	16	197544.6916	12	1333.38	1777.84	0.639	0.852	94.66998
16	36	302698.0324	24	2200.72	3301.08	0.512	0.768	70.42304
25	64	348347.8441	40	2951.05	4721.68	2.36	3.776	278.57912
4	64	85404.2176	16	584.48	2337.92	0.496	1.984	72.47552
9	36	166211.1361	18	1223.07	2446.14	0.948	1.896	128.83004
25	16	214683.9556	20	2316.7	1853.36	1.465	1.172	135.75862
36	4	154009.1536	12	2354.64	784.88	2.172	0.724	142.06328
16	36	391500.49	24	2502.8	3754.2	0.008	0.012	1.2514
16	36	391500.49	24	2502.8	3754.2	0.008	0.012	1.2514
16	36	391500.49	24	2502.8	3754.2	0.008	0.012	1.2514

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 12. Matriz de resultados parciales.

s	a	b1	b2	b3
3.85	15	60	78	7105.84
16.059	60	262	318	29529.48
19.412	78	318	468	38854.52
1689.21513	7105.84	29529.48	38854.52	3570573.95

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 13. Matriz inversa

1.325104466	-0.096929733	-0.026953452	-0.00154217
-0.096929733	0.06410918	0.006180759	-0.000404555
-0.026953452	0.006180759	0.022987671	-0.000247625
-0.00154217	-0.000404555	-0.000247625	9.38954E-06

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la tabla se expone la matriz final con los coeficientes finales, los cuales son reemplazados en la ecuación de regresión lineal múltiple.

*Tabla 14. Matriz Final*

a	0.41678019
b1	0.092950102
b2	0.023431157
b3	-0.001380039

*Fuente: Elaboración Propia.*

La cual es expresada de la siguiente manera:

### Ecuación de regresión

$$\begin{aligned} \text{Reducción de Arsénico} &= 0.417 + 0.0930 \text{ Alambre de hierro (g)} \\ &+ 0.0234 \text{ Jugo de limón (mL)} \\ &- 0.001380 \text{ Radiación solar (W/m}^2\text{)} \end{aligned}$$

*Tabla 15. Análisis de varianza*

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	3	0.232784927	0.077594976	6.338121551	0.009376743
Residuos	11	0.134668407	0.012242582	-	-
Total	14	0.367453333	-	-	-

*Fuente: Elaboración Propia.*

*Tabla 16. Coeficientes de regresión*

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	0.41678019	0.127	3.272	0.007	0.136	0.697	0.136	0.697
Variable X 1	0.0929501	0.028	3.318	0.007	0.031	0.155	0.031	0.155
Variable X 2	0.02343116	0.017	1.397	0.190	-0.013	0.060	-0.013	0.060
Variable X 3	-0.00138004	0.000	-4.070	0.002	-0.002	-0.001	-0.002	-0.001

*Fuente: Elaboración Propia.*

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 - b_3x_3$$

Donde:

Y= Reducción de arsénico

a= Constante

$b_1 = 0.0774$

$X_1 =$  Alambre de hierro (g)

$b_2 = 0.0236$

$X_2 =$  Jugo de limón (mL)

$b_3 = -0.001337$

$X_3 =$  Radiación solar ( $W/m^2$ )

### Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0.110646	63.35%	53.36%	0.00%

#### 3.10.1. Contrastación de hipótesis

Se consideró para el planteamiento de la hipótesis del modelo de regresión lineal múltiple lo siguiente:

$H_0: B_1 = B_2 = B_3 = 0$  ; El alambre de hierro, jugo de limón y el índice de radiación solar no tiene contribución significativa en la reducción de arsénico.

$H_1: B_j \neq 0$  ; Por lo menos una de las variables mencionadas como el alambre de hierro, jugo de limón y el índice de radiación solar influyen significativamente en la reducción de arsénico.



### 3.10.2. Estadístico de prueba

$$F = \text{CMR}/\text{CME} \sim F(k, n-k-1)$$

### 3.10.3. Cálculo

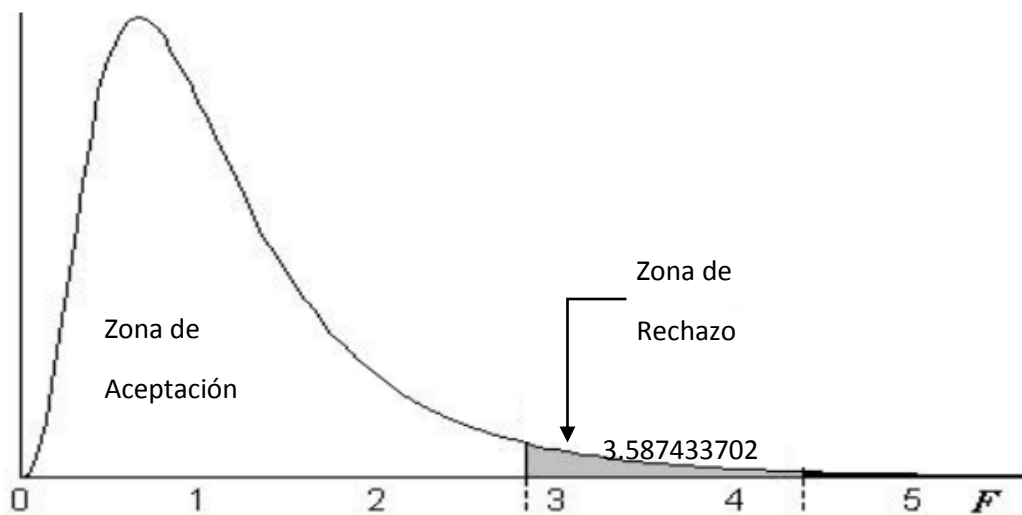
$$F_{\text{cal}} = 6.338121551$$

### 3.10.4. Regla de decisión

Donde  $\alpha = 0.05$

$$F_{\text{crítico}} = F(1 - \alpha, k, m-k-1) = F(0.95, 3, 11) = 3.587433702$$

Para hallar el  $F_{\text{crítico}}$  se usó la siguiente fórmula en Excel =INV.F (0.95;3;11)



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Gráfico de Fisher

Entonces decimos que;

Se rechaza  $H_0$  si  $F_{\text{cal}} > 3.587433702$

Se acepta  $H_0$  si  $F_{\text{cal}} \leq 3.587433702$

### 3.10.5. Interpretación de Hipótesis

Como el cálculo de  $F_{\text{calculado}}$  por la tabla de análisis de varianza (Tabla 15) se obtuvo un valor de 6.338121551, entonces rechazamos la hipótesis  $H_0$ : la que nos dice; El alambre de hierro, jugo de limón y el índice de radiación solar no tiene contribución significativa en la reducción de arsénico. Y se acepta la hipótesis  $H_1$ : la que nos dice; Por lo menos

una de las variables mencionadas como el alambre de hierro, jugo de limón y el índice de radiación solar influyen significativamente en la reducción de arsénico.

### **3.10.6. Interpretación de resultados de regresión múltiple**

Después de realizar el modelo de regresión lineal se obtuvo un porcentaje de  $R^2$  63.35% el cual indica que el modelo aplicado, es bueno, la variable dependiente muestra que es influenciada por las variables independientes, sin embargo se debe mencionar que no necesariamente el investigador debe tratar de maximizar el valor de  $R^2$  para poder decir o interpretar que el modelo es bueno, esto debido a que la regresión múltiple o lineal no tiene como objetivo obtener un óptimo valor de  $R^2$ , si no, el propósito del modelo es hallar estimadores que sean exactos de los originales coeficientes de regresión, este modelo que se obtuvo ayudara a predecir respuestas utilizando variables explicativas, también ayudara a la selección de variables que llegan a influir a un resultado, así se puede descartar variables que no llegan a aportar información.

Según (RODRÍGUEZ, M<sup>a</sup> Elena Martínez, 2005) indica que “En el análisis empírico no es raro hallar valores con alto  $R^2$ , pero de igual manera no hallar algunos coeficientes de regresión que no sean estadísticamente significativos”

#### IV. DISCUSIÓN

Los resultados que se obtuvo de 0.002 mg/L de arsénico con un 99.8% de reducción, tiene relación con lo que sostiene ROJAS, VARGAS, ARAYA Y VALVERDE (2015), en su investigación, utilizando la técnica SORAS obtuvo un resultado positivos a partir de una concentración de arsénico de 0.2 mg/L hasta reducir a 0.01 mg/L de arsénico, esto mediante el uso de 0.6g/L de hierro y un índice de radiación solar de 1200 W/m<sup>2</sup> durante 2 horas de exposición solar en días muy soleados y DUARTE, ANTÓNIO & L C OLIVEIRA, SARA & AMORIM, M.T.. (2018) en su investigación utilizando la técnica SORAS manejaron reactivos como el ácido cítrico, dióxido de titanio, sulfato de hierro (III) y jugo de limón. Los resultados que obtuvieron para este proceso llegando hasta un 90% de reducción de la concentración de arsénico, aplicando 4 horas de exposición solar. Ello es acorde con lo que en esta investigación se encontró. Pero; en el primer estudio mencionado del autor ROJAS, VARGAS, ARAYA Y VALVERDE (2015) menciona que en 2 horas se obtuvo una radiación solar de 1200 (W/m<sup>2</sup>) sin embargo en esta investigación no se alcanzó ese nivel de radiación solar en dicha cantidad de horas.

Respecto a las dosis de alambre de hierro, jugo de limón e índices de radiación solar, existe la relación entre ellas, comprobada por el tratamiento estadístico de regresión lineal múltiple y la prueba de Anova la cual indica que existe un efecto significativo entre promedio ponderado y las variables. En esta investigación se usó 4g de alambre de hierro, 6mL de jugo de limón y un promedio de radiación solar de 625.7 (W/m<sup>2</sup>) obteniendo un porcentaje de reducción de arsénico de 99.8%. QUIJADA Y TOLEDO (2011); indica que el alambre de hierro, jugo de limón y la radiación solar, son las que influyen en la reducción de arsénico en la oxidación solar, en su investigación aplicando RAOS obtuvieron resultados favorables de 88% y 98.5% de reducción de arsénico utilizando 6g de alambre de hierro y 1,3 mL de jugo de limón con una irradiación solar de 586 y 612.1 (W/m<sup>2</sup>).

Así mismo respecto al estadístico de regresión lineal múltiple de la investigación se llegó a estar frente a un error tipo I, afirmando que las evidencias muestrales sugieren que existe efecto significativo lineal entre la reducción de arsénico y las dosis de alambre de hierro, juego de limón y los índices de radiación solar. Mencionando también que el modelo que se aplicó conlleva una porcentaje de 63.35% de aceptabilidad, indicando que es un modelo bueno para futuras predicciones en la oxidación solar para la reducción de arsénico.

A partir de los resultados hallados, se acepta la hipótesis alternativa general que se estableció, la cual no dice que “La aplicación del método de oxidación solar reduce el nivel de la concentración de arsénico en las aguas del Rio Rímac, San Mateo - Huarochirí.”

## V. CONCLUSIONES

Se determinó que la aplicación de la oxidación solar redujo el nivel de la concentración de arsénico de las muestras analizadas del agua del Rio Rímac, San Mateo – Huarochirí, bajo diferentes dosis de alambre de hierro, siendo la cantidad de 4 gramos de alambre hierro como la cantidad más apropiada, llegando alcanzar valores de reducción entre 0.128 mg/L y 0.002mg/l de concentración final de arsénico.

Se determinó que la aplicación de la oxidación solar redujo el nivel de concentración de arsénico de las muestras analizadas del agua del Rio Rímac, San Mateo– Huarochirí, bajo diferentes dosis de jugo de limón, siendo la cantidad de 6mL de jugo de limón como la cantidad más apropiada, llegando alcanzar valores de reducción entre 0.128 mg/L y 0.002mg/l de concentración final de arsénico.

Se determinó que la aplicación de la oxidación solar redujo el nivel de concentración de arsénico de las muestras analizadas del agua del Rio Rímac, San Mateo – Huarochirí, bajo diferentes dosis índices de radiación solar, siendo la cantidad de 6 horas de exposición solar llegando a tener un índice de 550.18 y 625.7 ( $W/m^2$ ) como la cantidad más apropiada, llegando alcanzar valores de reducción entre 0.128 mg/L y 0.002mg/l de concentración final de arsénico.

Como parte de los resultados experimentales que se realizó, se menciona la combinación más apropiada que llegó a alcanzar valores significativos respecto a la reducción de arsénico las cuales son 4g de alambre de hierro, 6mL de jugo de limón y un índice de radiación solar de 625.7 ( $W/m^2$ )

Así mismo se concluye que estos resultados son corroborados mediante un tratamiento estadístico inferencial de regresión lineal múltiple, obteniendo el siguiente modelo;  $Y = 0.417 + 0.0930(X_1) + 0.0234 (X_2) - 0.001380 (X_3)$ ; Dónde:  $X_1$ = Alambre de hierro (g),  $X_2$  = Jugo de limón (mL) y  $X_3$  = Radiación solar ( $W/m^2$ ). De igual manera se acepta la hipótesis planteando en la prueba, la cual es;  $H_1: B_j \neq 0$  ; Por lo menos una de las variables mencionadas como el alambre de hierro, jugo de limón y el índice de radiación solar influyen significativamente en la reducción de arsénico.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Mediante los resultados obtenidos se recomienda aplicar la oxidación solar a gran escala y observar su comportamiento, y poder aplicarla en zonas con mayor cantidad de habitantes y tratar mayor cantidad de agua.

Se recomienda evaluar la zona donde se desea aplicar la oxidación solar, para no tener problemas relacionados al clima, para la adecuada obtención de índice de radiación solar y el traslado de la logística en los equipos que se requieren para las mediciones respectivas en campo.

En los tratamientos es recomendable hacerlo por grupos y una mayor cantidad de repeticiones para ver resultados y comportamientos bajos otros estadísticos y evaluar su aceptabilidad.

## VII. REFERENCIAS

AVILA BARAY, Héctor. Introducción a la metodología de la investigación: AVILA BARAY, Héctor. México: Editado por eumed.net, 2006.

ISBN-10: 84-690-1999-6

ANA. Protocolo Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua [en línea] 2011. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://www.ana.gob.pe/media/361356/3%20protocolo%20nacional%20de%20monitoreo%20af.pdf>

AMERICAN Cancer Society. [En línea]. Arsénico en el agua potable. [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-vejiga/causas-riesgos-prevencion/factores-de-riesgo.html>

ANA. LEY DE RECURSOS HÍDRICOS LEY N° 29338 [en línea]. 2009. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en: [http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/ley\\_29338\\_0.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/ley_29338_0.pdf)

ALBORES, Arnulfo, et al. Arsénico. Introducción a la Toxicología ambiental. OPS, OMS, CPEHSPA. Metepec, p. 247-261. [en línea] 1997. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2018].

Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-03a15.pdf>

BARÓN LÓPEZ, F. J.; TÉLLEZ MONTIEL, F. Regresión múltiple. *Apuntes de bioestadística: Tercer ciclo de en ciencias de la Salud y Medicina. México: Universidad de Málaga*, 2004, p. 35-43.

Castro de Esparza M.L.. Presencia de arsénico en el agua de bebida en América Latina y su efecto en la salud pública. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (CEPIS-SB/SDE/OPS). [en línea] 2006.



[Fecha de consulta: 18 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/cd51/arsenico-agua.pdf>

CHANPIWAT, P; et al. Single and combined effects of phosphate, silicate, and natural organic matter on arsenic removal from soft and hard groundwater using ferric chloride. *Hydrogeology Journal* [en línea]. 25, 4, 1183-1190, Junio 2017. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en:  
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=9&sid=62c228ad-4ad0-492e-a718-e21a2ca16b21%40sessionmgr4010&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=123151660&db=eih>  
ISSN: 14312174.

CEPIS-SB/SDE/OPS. 2006. BVSPER. BVSPER. [En línea] 20-24 de Junio de 2006. Disponible en: <http://bvspere.paho.org/bvsacd/cd51/arsenico-agua.pdf>

CABRERA, Sergio, GERVASO, Eduardo y MAURO, Juan. Radiación ultravioleta y salud. [en línea]. 1. a ed. Santiago de Chile: CABRERA, Sergio, GERVASO, Eduardo y MAURO, Juan., 2005 [Fecha de consulta: 25 de junio de 2018].

Disponible en:  
[https://books.google.com.pe/books?id=KrUfTWblPhMC&printsec=frontcover&q=Radiacion&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjahNbJ\\_O3bAhXCPpAKHcfiAMMQ6AEIJzAA#v=onepage&q=Radiacion&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=KrUfTWblPhMC&printsec=frontcover&q=Radiacion&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjahNbJ_O3bAhXCPpAKHcfiAMMQ6AEIJzAA#v=onepage&q=Radiacion&f=false)  
ISBN: 956-11-1790-8

DIGESA. Informes Técnicos. Parámetros Físicoquímicos. [en línea] 2003. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2018]. Disponible en: [http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf)

DUKER, Alfred et al. Arsenic geochemistry and health. Arsenic geochemistry and health. Revista Scienc Direct [en línea].2004 [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2018].

Disponible en:  
<https://scihub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412004001953>

DRANSFIELD, Béla Török and Timothy. Green Chemistry. [en línea]. 2017 [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018]. ISBN: 978-0-12-809270-5.

DUARTE, António & L C Oliveira, Sara & Amorim, M.T. Arsenic removal from drinking water by advanced filtration processes. Researchgate. [En línea]. 2018, [citado 2018-10-24].

Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/267263499\\_ARSENIC\\_REMOVAL\\_FROM\\_DRINKING\\_WATER\\_BY\\_ADVANCED\\_FILTRATION\\_PROCESSES](https://www.researchgate.net/publication/267263499_ARSENIC_REMOVAL_FROM_DRINKING_WATER_BY_ADVANCED_FILTRATION_PROCESSES)

ESCALERA VASQUEZ, Ramiro; ORMACHEA, Mauricio; ORMACHEA, Omar y HEREDIA, Miguel. Presencia de arsénico en aguas de pozos profundos y su remoción usando un prototipo piloto basado en colectores solares de bajo costo. Investigación Y Desarrollo. [En línea]. 2014, vol.2, n.14 [citado 2018-06-24], pp. 83-91.

Disponible en:  
<[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2518-44312014000200006&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312014000200006&lng=es&nrm=iso)>.  
ISSN 2518-4431.

EUTIQUIO Barrientos, José Matutes y Mario Miki. Arsenic removal from water using magnetic nanoparticles obtained by accvd. Revista de Física[En línea]. Abril 2013 N° 46 [Fecha de consulta: 16 de junio de 2018].

Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/38629/1/41554-188217-1-PB.pdf>.

FINKELMAN, Corey y Calderon, Jacobo, German y Rebecca. bvsde.paho. bvsde.paho. [En línea] 2000. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2018]. Disponible en:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsea/e/fulltext/epidemio/epidemio.pdf>

GARRIDO-HOYOS, S; ROMERO-VELAZQUEZ, L. Synthesis of Minerals with Iron Oxide and Hydroxide Contents as a Sorption Medium to Remove Arsenic from Water for Human Consumption. International Journal Of Environmental Research And Public Health [en línea]. , Diciembre . 23, 2015. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en:

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=7&sid=62c228ad-4ad0-492e-a718->

[e21a2ca16b21%40sessionmgr4010&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=26703707&db=cmedm](http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=7&sid=62c228ad-4ad0-492e-a718-e21a2ca16b21%40sessionmgr4010&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=26703707&db=cmedm)

ISSN: 1660-4601.

GEORGE Christine Marie, SIMA Laura, ARIAS M Helena Jahuira, MIHALIC Jana, CABRERA Lilia Z, DANZ David, CHECKLE Y William & GILMAN Robert H .Arsenic exposure in drinking water: an unrecognized health threat. Editorial Bull World Health Organ. [en línea] 2014. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2018]. Disponible en:<http://www.who.int/bulletin/volumes/92/8/13-128496/en/>

GUILLEn Valle, VALDERRAMA Mendoza, Oscar y Santiago. Ando educando Perú. [en línea] 2015. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://andoeducandoperu.com/wordpress/wp-content/uploads/2016/01/GUIA-2015-15-October-Vf-30.pdf>

GALINDO, Griselda & Fernandez-Turiel, J.L. & Angel Parada, Miguel & Gimeno, Domingo. Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento. II Seminario hispano latinoamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea iv congreso hidrogeológico argentino. Rio Cuarto. [en línea] 2005. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2018]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/39375928\\_Arsenico\\_en\\_aguas\\_origen\\_movilidad\\_y\\_tratamiento](https://www.researchgate.net/publication/39375928_Arsenico_en_aguas_origen_movilidad_y_tratamiento).

HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto. Metodología de la investigación:  
HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto. México: McGRAW-HILL /  
INTERAMERICANA EDITORES, 2014. Pp. 95-96.  
ISBN: 978-1-4562-2396-0

KAARTINEN, T; et al. Arsenic Removal from Mine Waters with Sorption  
Techniques. Editorial Mine Water & the Environment. [En línea]. 2017 vol.36, n.2  
[Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en:  
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=6&sid=85d15e98-ce95-4a23-ba34-326a8aae16a2%40sessionmgr103&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZI#AN=123282040&db=a9h>  
ISSN: 1025-9112

LONDOÑO, Luis, LONDOÑO, Paula y GARCIA, Fabián. Los riesgos de los  
metales pesados en la salud humana y animal. Biotecnología en el Sector  
Agropecuario y Agroindustrial. [en línea].2016 [Fecha de consulta: 21 de mayo  
de 2018].

Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>

LITTER, Marta. La problemática del arsénico en la Argentina: el HACER. Revista  
SAEGRE N° 02. [en línea].2010 [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2018].

Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/283679218\\_La\\_problemativa\\_del\\_arsenico\\_en\\_Argentina\\_El\\_HACRE](https://www.researchgate.net/publication/283679218_La_problemativa_del_arsenico_en_Argentina_El_HACRE).

LEIGH Y Eugenio. Evaluación de una planta piloto de remoción de arsénico por  
adsorción mediante un medio agaroso. Tesis (Titulo de Ingenierio Civil).  
Santiago: Universidad De Chile, 2014.

Disponible en <http://www.repositorio.uchile.cl/handle/2250/113112>.

MEJIA-ZAMUDIO, F; et al. Adsorption of arsenic on pre-treated zeolite at different pH levels. *Chemical Speciation & Bioavailability* [en línea]. 25, 4, 280-284, noviembre. 2013. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en:

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=5&sid=62c228ad-4ad0-492e-a718->

[e21a2ca16b21%40sessionmgr4010&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZI#AN=92762686&db=eih](http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=5&sid=62c228ad-4ad0-492e-a718-e21a2ca16b21%40sessionmgr4010&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZI#AN=92762686&db=eih)

ISSN: 0954-2299.

MARTINEZ JARDINES, Luis Gerardo; MARTIN ROMERO, Francisco; GUTIERREZ RUIZ, Margarita Eugenia y CENICEROS GOMEZ, Águeda Elena. Evaluation of the removal of arsenic and cadmium from aqueous solution using natural rhyolitic sediments and metallurgical wastes. *Rev. Int. Contam. Ambient* [en línea]. 2012, vol.28, n.3 [citado 2018-06-24], pp.237-249.

Disponible en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992012000300006&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000300006&lng=es&nrm=iso).

ISSN 0188-4999.

GARCÍA, Manuel. El modelado fluvial, costero y glacial. Las aguas subterráneas. Los impactos en las costas. [en línea]. 2009, pg 255 [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/263925727\\_El\\_modelado\\_fluvial\\_costero\\_y\\_glacial\\_Las\\_aguas\\_subterraneas\\_Los\\_impactos\\_en\\_las\\_costas](https://www.researchgate.net/publication/263925727_El_modelado_fluvial_costero_y_glacial_Las_aguas_subterraneas_Los_impactos_en_las_costas).

MOHAMMDA, Amir, RADZINSKI, Rebecca y GHAHREMAN, Ahmad. Review of arsenic metallurgy: Treatment of arsenical minerals and the immobilization of arsenic. *Hydrometallurgy* [en línea]. 2016, p. 3 [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/309185439\\_Review\\_of\\_arsenic\\_metal\\_lurgy\\_Treatment\\_of\\_arsenical\\_minerals\\_and\\_the\\_immobilization\\_of\\_arsenic](https://www.researchgate.net/publication/309185439_Review_of_arsenic_metal_lurgy_Treatment_of_arsenical_minerals_and_the_immobilization_of_arsenic).

M.E. Hernández García, Loreto Fernández Ruiz. Presencia de arsénico de origen natural en las aguas subterráneas del acuífero detrítico del Terciario de Madrid. Boletín geológico y minero. [en línea].2002 [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2018].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=263781>

ISSN: 0366-0176.

Marta I. Litter y Héctor D. Mansilla. Remoción de As mediante el método RAOS in Los Pereyra, Provincia de Tucumán, Argentina. [en línea] 2003. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2018]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/292256208\\_Remocion\\_de\\_As\\_mediante\\_el\\_metodo\\_RAOS\\_in\\_Los\\_Pereyra\\_Provincia\\_de\\_Tucuman\\_Argentina](https://www.researchgate.net/publication/292256208_Remocion_de_As_mediante_el_metodo_RAOS_in_Los_Pereyra_Provincia_de_Tucuman_Argentina).

OSCCO, Fernando. Estudio físico-químico de nanopartículas de TiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> - Fe y TiO<sub>2</sub> impregnadas en carbón activado para la remoción de arsénico. Tesis (Título de Licenciado en Química). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2014.

Disponible en <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4200>

FAO. El Agua [en línea]. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en:

<http://www.fao.org/docrep/006/w1309s/w1309s06.htm#TopOfPage>.

OMS. Guías para la calidad del agua potable Agua [en línea].2006 [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en:

[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_fulll\\_lowsres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowsres.pdf)

ISBN: 92 4 154696 4

OMS. Guías para la calidad del agua potable. Prmer apéndice de la tercera edición, V. 1. [en línea] 2003. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2018].

Disponible

en:[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_fulll\\_lowsres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_fulll_lowsres.pdf)

PERRAZO, Crisanto y PILAR, Tania. Caracterización de los residuos generados en el tratamiento de aguas arsenicales por el método de coagulación – adsorción. Tesis (Título Maestría en Ingeniero Ambiental). Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional, 2012.

Disponible en: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/338>.

PELLIZZARI, EE; et al. Degradación de arsénico por pseudomonas aeruginosa para biorremediación de agua. Avances en Ciencias e Ingeniería [en línea]. 6, 1, 1-5, Enero. 2015. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en:

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=14&sid=62c228ad-4ad0-492e-a718-e21a2ca16b21%40sessionmgr4010&bdata=Jmxbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=102017845&db=fua>

ISSN: 07188706.

PUENTE-Urbina, A. & Montero-Campos, Virginia. Porous Materials Modified with Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles for Arsenic Removal in Drinking Water. Water, Air, & Soil Pollution [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 16 de junio de 2018].

Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3513-3>

ISSN: 1573-2932.

QUIJADA, Mary Luz y TOLEDO, María. Remoción de arsénico por oxidación solar en aguas. [en línea].2011 [Fecha de consulta: 29 de septiembre de 2018].

Disponible: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2011000400008](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2011000400008)

ISSN 1810-634X

RODRÍGUEZ, M<sup>a</sup> Elena Martínez. Errores frecuentes en la interpretación del coeficiente de determinación lineal. *Anuario jurídico y económico escurialense*, 2005, no 38, p. 315-331.

ROJAS-Chaves, Paola & J. Vargas-Benavides, María & Araya Obando, Andrés & Valverde, Johnny & Romero, Luis. Tecnología en Marcha, 28 pg. 54-65 [en línea] 2015 [Fecha de consulta: 29 de septiembre de 2018].

Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/317484204\\_Study\\_of\\_arsenic\\_removal\\_in\\_drinking\\_water\\_at\\_household\\_level\\_using\\_solar\\_oxidation\\_and\\_coagulation-flocculation\\_techniques](https://www.researchgate.net/publication/317484204_Study_of_arsenic_removal_in_drinking_water_at_household_level_using_solar_oxidation_and_coagulation-flocculation_techniques)

RAYMOND, Chang y KEN, Goldsby. Química: Raymond Chang y Ken Goldsby. China: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, 2013. Pp. 662-663. ISBN: 978-607-15-0928-4

SANTOS-DOMINGUEZ, Erik E; VARGAS-MORALES, Juan M; CARDENAS-GONZALEZ, Juan F y ACOSTA-RODRIGUEZ, Ismael. Remoción de Arsénico (V) en Solución Acuosa por Biomasa Modificada del Hongo *Aspergillus niger*. Inf. tecnol. [En línea]. 2017, vol.28, n.6 [citado 2018-06-24], pp.45-52.

Disponible en:  
<[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642017000600006&lng=es&nrm=iso](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000600006&lng=es&nrm=iso)>.  
ISSN 0718-0764. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000600006>.

SANTANDER MUÑOZ, Mario Enrique. Dissolved Air Flotation of arsenic adsorbent particles. Ingeniería e Investigación, [S.l.], v. 35, n. 1, p. 36-42, junio. 2015.

Disponible en:  
<<https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingenv/article/view/44761>>. Date accessed: 24 June 2018. doi:<https://doi.org/10.15446/ing.investig.v35n1.44761>. ISSN: 2248-8723.

SANTANDER, M; VALDERRAMA, L. Dissolved Air Flotation of arsenic adsorbent particles. Flotación por Aire Disuelto de partículas adsorbentes de arsénico. Revista Ingeniería e Investigación [en línea]. 35, 1, 36-42, Abril 2015. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].



Disponible en:  
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=12&sid=62c228ad-4ad0-492e-a718-e21a2ca16b21%40sessionmgr4010&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=102204000&db=fua>  
ISSN: 01205609.

SERAFÍN MUÑOZ, AH; et al. Uso potencial de pellets para el tratamiento de aguas contaminadas con arsénico en comunidades de Xichú, Gto., México. Acta Universitaria [en línea]. 26, NE-2, 22-32, diciembre. 2016. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2018].

Disponible en:  
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=17&sid=62c228ad-4ad0-492e-a718-e21a2ca16b21%40sessionmgr4010&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=120904714&db=fua>  
ISSN: 0188-6266.

TURK, T. Removal of Dissolved Arsenic by Pyrite Ash Waste. : Entfernung von gelöstem Arsen mit Pyrit-Asche. Mine Water & the Environment [en línea]. 36, 2, 255-263, Junio 2017. [Fecha de consulta: 16 de junio de 2018].

Disponible en:  
<http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=4&sid=85d15e98-ce95-4a23-ba34-326a8aae16a2%40sessionmgr103&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=123282050&db=8gh>  
ISSN: 1025-9112.

VALLES-ARAGÓN, María Cecilia, ALARCÓN-HERRERA, María Teresa, RETENCIÓN DE ARSÉNICO EN HUMEDALES CONSTRUIDOS CON *Eleocharis macrostachya* Y *Schoenoplectus americanus*. Revista Internacional de Contaminación Ambiental [en línea]. 2014, 30 [Fecha de consulta: 24 de junio de 2018]

Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37030754002>>

ISSN 0188-4999.

World Health Organization. Environmental Health Criteria 224. ARSENIC AND ARSENIC COMPOUNDS, Segunda edición. Environmental Health Criteria 224. [en línea].2001 [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2018].

Disponible en:  
[http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42366/WHO\\_EHC\\_224.pdf;jsessionid=2911D7CB895DFF5584940777D908BEDB?sequence=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42366/WHO_EHC_224.pdf;jsessionid=2911D7CB895DFF5584940777D908BEDB?sequence=1)

ISSN: 0250-863X

WEGELIN, Martin, GECHTER, Daniel et al. SORAS – a simple arsenic removal process. Bangladesh: 26th WERD Conference Dhaka, Bangladesh. [en línea] 2000. [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2018]. Disponible en:  
[http://wilsonweb.physics.harvard.edu/arsenic/remediation/sodis/SORAS\\_Paper.html](http://wilsonweb.physics.harvard.edu/arsenic/remediation/sodis/SORAS_Paper.html)

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de Consistencia

<b>MATRIZ DE CONSISTENCIA</b>				
<b>Problema de Investigación</b>	<b>Objetivos de Investigación</b>	<b>Hipótesis de Investigación</b>	<b>Variables</b>	<b>Metodología</b>
<p><b>Problema General:</b></p> <p>¿Cuál es el grado de reducción de la concentración de arsénico mediante la oxidación solar en las aguas del Río Rímac, Huarochirí?</p>	<p><b>Objetivo General:</b></p> <p>Determinar el grado de reducción de la concentración del arsénico mediante la oxidación solar en las aguas del Río Rímac, San Mateo - Huarochirí.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>La aplicación del método de oxidación solar reduce el nivel de la concentración de arsénico en las aguas del Río Rímac, San Mateo - Huarochirí.</p>	<p><b>Variable independiente:</b></p> <p>La oxidación solar.</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b></p> <p>Aplicativa.</p> <p><b>Enfoque:</b></p> <p>Cuantitativo.</p> <p><b>Nivel:</b></p> <p>Explicativo.</p> <p><b>Diseño:</b></p> <p>Experimental - experimento puro de Pre y Pos prueba.</p>
<p><b>Problemas Específicos:</b></p> <p>¿Cuánto es la reducción de la concentración del arsénico bajo condiciones de diferentes dosis de alambre de hierro, con la oxidación solar en las aguas del Río Rímac, San Mateo - Huarochirí?</p> <p>¿Cuánto es la reducción de la concentración del arsénico bajo condiciones de diferentes dosis de jugo de limón, con la oxidación solar en las aguas del Río Rímac, San Mateo - Huarochirí?</p> <p>¿Cuánto es la reducción de la concentración arsénico bajo diferentes índices de radiación solar, con la oxidación solar en las aguas del Río Rímac, San Mateo - Huarochirí?</p>	<p><b>Objetivo Específicos:</b></p> <p>Determinar la reducción de la concentración del arsénico en las aguas del Río Rímac, San Mateo - Huarochirí, bajo diferentes dosis de alambre de hierro.</p> <p>Determinar la reducción de la concentración del arsénico en las aguas del Río Rímac, San Mateo - Huarochirí, bajo diferentes dosis de jugo de limón.</p> <p>Determinar la reducción de la concentración del arsénico en las aguas del Río Rímac, San Mateo - Huarochirí, bajo diferentes índices de radiación solar.</p>	<p><b>Hipótesis Específicos:</b></p> <p>H1: La aplicación de diferentes dosis de alambre de hierro, en la oxidación solar reduce la concentración del arsénico a niveles permitidos por la normativa, en aguas del Río Rímac, San Mateo - Huarochirí.</p> <p>H1: La aplicación de diferentes dosis de jugo de limón, en la oxidación solar reduce la concentración del arsénico a niveles permitidos por la normativa, en aguas del Río Rímac, San Mateo - Huarochirí.</p> <p>H1: La aplicación de diferentes índices de radiación solar, en la oxidación solar reduce la concentración del arsénico a niveles permitidos por la normativa, en aguas del Río Rímac, San Mateo - Huarochirí.</p>	<p><b>Variable Dependiente:</b></p> <p>Reducción de la concentración del Arsénico en aguas del Río Rímac, Huarochirí - San Mateo</p>	

Anexo 2. Instrumento de recolección de dato.

VARIABLES	PRUEBAS	APLICACIÓN DE DOSIS DE ALAMBRE DE HIERRO Y JUGO DE LIMON	CANTIDAD DE MUESTRA DE AGUA (L)	TIEMPO EXPOSICIÓN SOLAR (W/m2)	pH Inicial	pH Final	Temperatura Inicial (°C)	Temperatura final (°C)	FECHA	Cantidad de Alambre de Hierro					Cantidad de Jugo de Limon					Arsénico Inicial %	Arsénico Final %	
										0	2	3	4	5	0	2	4	6	8	Arsénico (mg/L)	Arsénico (mg/L)	
										(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(ml)	(ml)	(ml)	(ml)	(ml)	(mg/L)	(mg/L)	
Oxidación solar	PRUEBA 1	DOSIS 0																				
		DOSIS 1																				
		DOSIS 2																				
		DOSIS 3																				
		DOSIS 4																				
	PRUEBA 2	DOSIS 0																				
		DOSIS 1																				
		DOSIS 2																				
		DOSIS 3																				
		DOSIS 4																				
	PRUEBA 3	DOSIS 0																				
		DOSIS 1																				
DOSIS 2																						
DOSIS 3																						
DOSIS 4																						
PRUEBA 4	DOSIS 0																					
	DOSIS 1																					
	DOSIS 2																					
	DOSIS 3																					

Anexo 3. Instrumento de recolección de datos – Cadena de custodia

LUGAR DE MUESTREO: RIO RIMAC CUENCA ALTA - SAN MATEO - HUAROCHIRI				CEDENA DE CUSTODIA PARA MUESTRAS				Versión 01 2018	
					PARAMETROS			GEORREFERENCIA(UTM WGS 84)	
CODIGO DE ESTACION Y/O MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	Nº de Envases	ARSENICO	pH	Temperatura	ESTE	NORTE
M1	As			1	x	x	x		
M2	As			1	x	x	x		
M3	As			1	x	x	x		
M4	As			1	x	x	x		
M5	As			1	x	x	x		
M6	As			1	x	x	x		
M7	As			1	x	x	x		
M8	As			1	x	x	x		
M9	As			1	x	x	x		
M10	As			1	x	x	x		
M11	As			1	x	x	x		
M12	As			1	x	x	x		
M13	As			1	x	x	x		
M14	As			1	x	x	x		
M15	As			1	x	x	x		
M0-2	As			1	x	x	x		
M1-2	As			1	x	x	x		
M2-2	As			1	x	x	x		
M3-2	As			1	x	x	x		
<b>DATOS DE MUESTREO:</b>									
Muestreado por:									
Fecha de finalizacion del muestreo:									
Hora finalizada del muestero:									

Anexo 4. Validación de Instrumentos.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Elmer Benites Alfaro  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Dic. de Investigación. Universidad César Vallejo  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Parámetros de Tulos  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Llerlin Chapa Tomanguilla

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

87 %

Lima, 25 de noviembre del 2018

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 ELMER GONZÁLES BENITES ALFARO  
 INGENIERO QUÍMICO  
 Reg. CIP N° 71998  
 DNI No. ....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Elmer Benites Alfaro  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Doc. de Secunde Facultad de Medicina  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Exm. 22 Cadena de Lectura  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Llerlin Chapa Tomanguilla

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

87 %

Lima, 25 de agosto del 2018

FIRMA DE EXPERTO INFORMANTE

ALFONSO DONZALES BENTES ALFARO

INGENIERO QUÍMICO

DNI No.

Reg. SUPY (1000)



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: QUERE SALAZAR FIORELLA VANESSA  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Exho or Parametros Totales  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Llerlin Chapa Tomanguilla

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

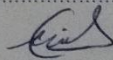
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 25 de noviembre del 2018

  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 43566120 Telf.: \_\_\_\_\_



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: GÓMEZ SALAZAR FIORELLA VANESSA  
 1.2. Cargo e institución donde labora: OXENTE  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Cadenas de Custodia  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Llerlin Chapa Tomanguilla

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										/			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										/			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										/			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										/			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										/			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										/			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										/			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										/			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										/			

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

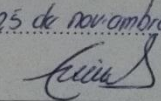
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

85 %

Lima, 25 de noviembre del 2018

  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 43566130 Telf: \_\_\_\_\_

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Jimenez Calderon Cesas Eduardo  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DCI - UCV - Investigación Metodológico  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Parámetros Totales  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Llerlin Chapa Tomanguilla

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

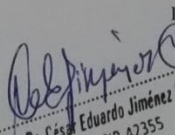
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

95 %

Lima, 25 de Noviembre del 2018

  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón  
 CIP. 42355  
 DNI No..... Telf.:.....

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Jimenez Calderon Cesar, Eduardo*  
 1.2. Cargo e institución donde labora: *Doc - UCV - Investigación Metodológica*  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: *Ficha 02: Cadena de Custodia*  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Llerlin Chapa Tomanguilla

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

95 %

Lima, *25 de noviembre* del 2018

*Edgmar*  
 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón  
 CIP. 42355

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf.:.....



### INFORME DE ENSAYO N° 1-09240/18

Pág. 1/1

Solicitante : **CHAPA TOMANGUILLA, LLERLIN**  
Domicilio legal : **Grau Mza. I Lote. 12 Urb. Hab Ur Unamarc San Juan de Miraflores - Lima - Lima**  
Producto declarado : **AGUA SUPERFICIAL**  
Cantidad de Muestras para el Ensayo : **5 muestras x 500 mL c/u**  
**Muestra proporcionada por el solicitante**  
Identificación de la muestra : **Según se indica**  
Forma de Presentación : **En frasco de plástico, cerrado y preservado**  
Fecha de recepción : **2018 - 08 - 13**  
Fecha de inicio del ensayo : **2018 - 08 - 17**  
Fecha de término del ensayo : **2018 - 08 - 22**  
Ensayo realizado en : **Laboratorio Ambiental**  
Identificado con : **H/S 18008740 (EXMA-07923-2018)**  
Validez del documento : **Este documento es válido solo para las muestras descritas**

Ensayo	LD	Unidad	Muestras / Resultados				
			M-1	M-2	M-3	M-4	M-5
Arsénico	0,0002	mg/L	1,64	0,283	0,213	0,128	0,472

LD: Límite de detección

#### MÉTODO

**Arsénico:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3114 C, 23rd Ed.2017. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry. Continuous Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method

#### OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 23 de agosto de 2018  
BC

**CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.**

ING. ROSA PALOMINO LOO  
C.I.P. N° 40302  
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

**INFORME DE ENSAYO N° 1-09241/18**

Pág. 1/1

Solicitante : **CHAPA TOMANGUILLA, LLERLIN**

Domicilio legal : **Grau Mza. I Lote. 12 Urb. Hab Ur Unamarc San Juan de Miraflores - Lima - Lima**

Producto declarado : **AGUA SUPERFICIAL**

Cantidad de Muestras para el Ensayo : **5 muestras x 500 mL c/u**  
**Muestra proporcionada por el solicitante**

Identificación de la muestra : **Según se indica**

Forma de Presentación : **En frasco de plástico, cerrado y preservado**

Fecha de recepción : **2018 - 08 - 13**

Fecha de inicio del ensayo : **2018 - 08 - 17**

Fecha de término del ensayo : **2018 - 08 - 22**

Ensayo realizado en : **Laboratorio Ambiental**

Identificado con : **H/S 18008740 (EXMA-07923-2018)**

Validez del documento : **Este documento es válido solo para las muestras descritas**

Ensayo	LD	Unidad	Muestras / Resultados				
			M-6	M-7	M-8	M-9	M-10
Arsénico	0,0002	mg/L	2,20	0,465	0,242	0,418	0,404

LD: Límite de detección

**MÉTODO**

**Arsénico:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3114 C, 23rd Ed.2017. Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry. Continuous Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 23 de agosto de 2018  
BC

**CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.**

ING. ROSA PALOMINO LOO  
C.I.P. N° 40302  
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

**INFORME DE ENSAYO N° 1-09242/18**

Pág. 1/1

Solicitante : **CHAPA TOMANGUILLA, LLERLIN**

Domicilio legal : **Grau Mza. I Lote. 12 Urb. Hab Ur Unamarc San Juan de Miraflores - Lima - Lima**

Producto declarado : **AGUA SUPERFICIAL**

Cantidad de Muestras para el Ensayo : **5 muestras x 500 mL c/u**  
**Muestra proporcionada por el solicitante**

Identificación de la muestra : **Según se indica**

Forma de Presentación : **En frasco de plástico, cerrado y preservado**

Fecha de recepción : **2018 - 08 - 13**

Fecha de inicio del ensayo : **2018 - 08 - 17**

Fecha de término del ensayo : **2018 - 08 - 22**

Ensayo realizado en : **Laboratorio Ambiental**

Identificado con : **H/S 18008740 (EXMA-07923-2018)**

Validez del documento : **Este documento es válido solo para las muestras descritas**

Ensayo	LD	Unidad	Muestras / Resultados				
			M-11	M-12	M-13	M-14	M-15
Arsénico	0,0002	mg/L	0,835	0,248	0,316	0,362	0,293

LD: Límite de detección

**MÉTODO**

**Arsénico:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3114 C, 23rd Ed.2017.Arsenic and Selenium by Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometry. Continuous Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 23 de agosto de 2018  
BC

**CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.**

**ING. ROSA PALOMINO LOO**  
C.I.P. N° 40302  
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

ANALISIS DE CUATRO MUESTRAS

SOLICITADO POR : LLERLIN CHAPA TOMANGUILLA  
Procedencia de muestras : Cuenca Huarochirí – Rio Rímac - Lima  
Recepción de muestras : Lima, 4 de Octubre del 2018

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRAS

Muestras	As (mg/L)
Muestra 0	1.62
Muestra 01	0.0016
Muestra 02	0.0022
Muestra 03	0.0023

Lima, 15 de Octubre del 2018

MSc. Atilio Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427 ; Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe







# Certificado de Calibración

LA-265-2018

Pág. 1 de 1

- 1 **Cliente** : GINUS SERVICIOS AMBIENTALES S.A.C.
- 2 **Dirección** : Jr. Los Huertos N°1915, Urb. San Hilarión - San Juan de Lurigancho
- 3 **Datos del Instrumento**
- . **Instrumento de medición** : Potenciómetro . **N° de serie del Instrumento** : JC04381  
. **Marca** : YSI . **N° de serie sonda** : No indica  
. **Modelo** : pH100 . **Intervalo de Indicación** : -2,00 pH a 16,00 pH  
. **Identificación** : No indica . **Resolución** : 0,01 pH
- 4 **Lugar de calibración** : Laboratorio de Aguas - Green Group PE S.A.C.
- 5 **Fecha de calibración** : 2018-06-13
- 6 **Método de calibración.**

La calibración se realizó por comparación de la indicación del Instrumento con valores asignados a materiales de referencia de pH certificados, según procedimiento PC 020 Calibración de medidores de pH de INDECOPI.

7 **Condiciones Ambientales.**

	Temperatura (°C)	Humedad relativa (% hr)
Inicial	23,5	65,9
Final	23,7	65,1

8 **Trazabilidad**

Patrón usado	Código Interno	N° Lote o N° Certificado	F. Vencimiento
MRC pH 4	GGP-S-01.20	CC523997	2019-10-12
MRC pH 7	GGP-S-02.21	CC525939	2019-10-19
MRC pH 10	GGP-S-03.22	CC537296	2019-12-29

9 **Resultados de medición**

Indicación del Instrumento (pH)	Valor del patrón (pH)	Error (pH)	Incertidumbre (pH)
4,01	3,999	0,011	0,013
7,00	6,997	0,003	0,016
9,99	10,001	-0,011	0,016

10 **Observaciones**

- a) Los resultados están dados a la temperatura de 25 °C  
b) El coeficiente de correlación obtenido es: 1,000  
c) El error máximo permisible considerado, tomando como referencia: IUPAC Recommendations 2002, "Measurement of pH, Definition, Standards, and Procedures", es: ±pH 0,03

- La Incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
- Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor calibrado, en el momento de la calibración.
- Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.
- La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.
- Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Sin firma y sello carecen de validez.

Fecha de emisión

2018-06-14

"EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LEY"

# Certificado de Calibración

LA-266-2018

Pág. 1 de 1

- 1 **Cliente** : GINUS SERVICIOS AMBIENTALES S.A.C.
- 2 **Dirección** : Jr. Los Huertos N°1915, Urb. San Hilarión - San Juan de Lurigancho
- 3 **Datos del Instrumento**
- |                           |                       |                               |                    |
|---------------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------------|
| . Instrumento de medición | : Termómetro digital* | . N° de serie del instrumento | : JC04381          |
| . Marca                   | : YSI                 | . N° de serie de sensor       | : No indica        |
| . Modelo                  | : pH100               | . Intervalo de Indicación     | : 0,0 °C a 50,0 °C |
| . Identificación          | : No indica           | . Resolución                  | : 0,1 °C           |
- 4 **Lugar de calibración** : Laboratorio de Aguas - Green Group PE S.A.C.
- 5 **Fecha de calibración** : 2018-06-13

6 **Método de calibración**

La calibración se realizó por comparación siguiendo el procedimiento "PC-017 Calibración de Termómetros Digitales" Edición 2° de INDECOPI

7 **Condiciones Ambientales**

	Temperatura (°C)	Humedad relativa (% hr)
Inicial	23,9	64,8
Final	23,5	65,6

8 **Trazabilidad**

Patrón Usado	Código Interno	N° de Certificado	F. Vencimiento
Indicadores digitales con sensores de termistor de resolución de 0,001 °C	GGP-25	LT-441-2017 INACAL/DM	2019-08-22
	GGP-26	LT-417-2017 INACAL/DM	2019-08-09

9 **Resultados de medición**

T.C.V. (°C)	Indicación del Termómetro (°C)	Corrección (°C)	Incertidumbre (°C)
10,03	10,0	0,03	0,11
20,03	20,0	0,03	0,09
40,00	40,0	0,00	0,09

Temperatura Convencionalmente Verdadera (T.C.V.) = Indicación del termómetro + Corrección.

10 **Observaciones**

- La profundidad de inmersión del sensor fue de 3 cm
  - El tiempo de estabilización de temperatura fue de 6 minutos.
  - La precisión del instrumento es  $\pm 0,4$  °C
- \* La calibración del termómetro digital se realizó en la sonda de pH en el Potenciómetro.

- Las temperaturas convencionalmente verdaderas mostradas en los resultados de medición son las de la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (International Temperature Scale ITS-90).
- La Incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
- Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor calibrado, en el momento de la calibración.
- Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.
- La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.
- Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones, sin firma y sello carecen de validez.

Fecha de Emisión

2018-06-14

- En el caso de ríos accesibles y de bajo caudal, se recomienda tomar los parámetros de campo directamente en el cuerpo de agua, caso contrario utilizar un balde limpio y transparente.
- Medir los parámetros oxígeno disuelto, pH, conductividad eléctrica y temperatura (como mínimo), la lectura de los valores deberá ser realizada de forma inmediata, luego de tomada la muestra de agua.
- Si se producen variaciones significativas de medidas entre dos muestras, es necesario calibrar el equipo.
- Las mediciones deberán registrarse en la *Ficha de registro de datos de campo* (véase el anexo I).
- Se deberán limpiar los equipos de muestreo inmediatamente después de su uso y, adicionalmente, entre muestreo y muestreo, a fin de evitar posibles contaminaciones y deterioro. Para la limpieza exterior de los equipos de muestreo es recomendable lavarlos con suficiente agua destilada/desionizada, sin causar daños internos que puedan alterar las características de los diferentes componentes. Es importante llevar a campo las herramientas necesarias y apropiadas para efectuar la limpieza de los equipos que lo requieran.

### 6.15. Procedimiento para la toma de muestras

Antes de iniciar el muestreo, todo el personal que manipula los equipos de toma de muestra, los recipientes y frascos o los reactivos de preservación, deben colocarse guantes descartables, mascarilla y gafas protectoras.

#### a. Toma de muestras en ríos o quebradas con bajo caudal

Es aplicable para ríos de bajo caudal o de poca profundidad, donde exista fácil acceso de ingreso al río. Se deberá evitar la contaminación de las muestras por disturbar los sedimentos del fondo o de la orilla del cauce.

Procedimiento:

- (a.1). El personal responsable deberá colocarse las botas de jebe y los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua.
- (a.2). Ubicarse en un punto medio de la corriente principal, donde la corriente sea homogénea, evitando aguas estancadas y poco profundas.
- (a.3). Medir los parámetros de campo directamente en el río o tomando un volumen adecuado de agua en un balde limpio y evitar hacer remoción del sedimento. Seguir los procedimientos indicados en el ítem 6.14 y registrar las mediciones en la *Ficha de registro de datos de campo* (anexo I).
- (a.4). Coger un recipiente, retirar la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna del frasco.
- (a.5). Antes de coleccionar las muestras, los frascos se deben enjuagar como mínimo dos veces, a excepción de los frascos para el análisis de los parámetros orgánicos o microbiológicos.
- (a.6). Coger la botella por debajo del cuello, sumergirla en dirección opuesta al flujo de agua.
- (a.7). Para los parámetros orgánicos (aceites y grasas, hidrocarburos de petróleo, etc.) la toma de muestras se realiza en la superficie del río.
- (a.8). Considerar un espacio de alrededor de 1 % aproximadamente de la capacidad del envase para aquellos parámetros que requieran preservación.
- (a.9). Para muestras microbiológicas dejar un espacio del 10 % del volumen del recipiente para asegurar un adecuado suministro de oxígeno para las bacterias.
- (a.10). Para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), el frasco debe llenarse lentamente en su totalidad para evitar la formación de burbujas.
- (a.11). Evitar coleccionar suciedad, películas de la superficie o sedimentos del fondo.





b. Toma de muestras en ríos o lagos desde la orilla

Este procedimiento se realiza cuando la corriente del río es caudaloso o profundo y en el muestreo de lagos desde la orilla, utilizando un brazo muestreador.

Procedimiento:

- (b.1). El personal responsable deberá colocarse las botas de jebe y los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua.
- (b.2). Ubicarse en un punto donde exista fácil acceso, donde la corriente sea homogénea y poco turbulenta.
- (b.3). Antes del inicio de la toma de muestras enjuagar el balde con agua del punto de muestreo como mínimo dos veces, luego tomar una muestra de agua para medir los parámetros de campo de acuerdo al ítem a.3 y registrar las mediciones en la Ficha de registro de datos de campo (anexo I).
- (b.4). Para la toma de muestras colocar un frasco en el brazo muestreador, asegurarlo y retirar la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna del frasco.
- (b.5). Extender el brazo muestreador y sumergir la botella en sentido contrario a la corriente, hasta que esté parcialmente llena y proceder a su enjuague (mínimo dos veces), a excepción de los frascos para el análisis de los parámetros orgánicos o microbiológicos.
- (b.6). Sumergir el recipiente a una profundidad aproximada de 20 a 30 cm desde la superficie en dirección opuesta al flujo del río.
- (b.7). Repetir los procedimientos (a.7) hasta (a.12) del ítem anterior.

c. Toma de muestras en el mar a orillas de playas

Las muestras se tomarán de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- (c.1). En playas donde el oleaje es tranquilo, el personal responsable del muestreo provisto previamente de guantes descartables deberá ingresar a la playa a una profundidad aproximada de 1 metro o hasta que el agua bordee la cintura del muestreador. Si la pendiente del fondo es pronunciada, el muestreador deberá tomar la muestra en la orilla, donde la profundidad del agua se encuentre entre el tobillo y la rodilla.
- (c.2). Se debe evitar tomar muestras en zonas de rompientes de olas.
- (c.3). Tomar un volumen de muestra de agua en un balde para medir los parámetros de campo de acuerdo con el ítem a.3 y registrar las mediciones en la Ficha de registro de datos de campo (anexo I).
- (c.5). Proceder al enjuague de los frascos, retirando la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna. Enjuagar el frasco como mínimo dos veces.
- (c.6). Tomar el recipiente por debajo del cuello, sumergirla a una profundidad de 20 a 30 cm bajo el agua orientando la boca del frasco en contracorriente del flujo entrante. Evitar coleccionar suciedad u otras películas de la superficie.
- (c.7). Llenar el recipiente con la metodología descrita en los procedimientos (a.6) hasta (a.12), procurando que contenga un mínimo de arena.

d. Toma de muestras desde puentes

Este procedimiento es aplicable para ríos caudalosos que tienen acceso de puentes, para ellos se debe emplear un balde transparente de 4 a 20 litros, según corresponde, y una cuerda de nylon.

Procedimiento:

- (d.1). Ubicarse en el centro del puente.



- (d.2). Amarrar y asegurar el balde con la cuerda de nylon.
  - (d.3). Bajar el balde y llenarlo, evitando la remoción de sedimentos del fondo del cauce. Al momento de subir el balde, se debe evitar raspar estructuras del puente con la cuerda para no contaminar las muestras.
  - (d.5). Enjuagar el balde y lavar los últimos metros de la cuerda de nylon.
  - (d.6). Tomar una volumen de muestra de agua en un balde para medir los parámetros de campo de acuerdo con el ítem a.3 y registrar las mediciones en la Ficha de registro de datos de campo (anexo I).
  - (d.7). Tomar otra muestra de agua con el balde para el lavado de los frascos dos veces y lavar la cuerda.
  - (d.9). Llenar cada recipiente con la metodología descrita en los procedimientos (a.6) hasta (a.12).
- e. Toma de muestras usando embarcación

Para el muestreo en cuerpos de agua navegables (ríos, lagos, mar) se debe considerar lo siguiente:

Procedimiento:

- (e.1). Se debe obtener previamente a la partida un pronóstico del tiempo fiable; si las condiciones son malas, es conveniente posponer la campaña.
- (e.2). Si la estación ubicada no es muy profunda, anclar el bote (o atarlo a una boya). Si el cuerpo de agua es muy profundo, regular la ubicación con el motor o con los remos de la embarcación. La embarcación deberá orientarse hacia la proa contra la corriente para realizar las mediciones de campo y la toma la muestra.
- (e.3). Tomar un volumen de muestra de agua en un balde para medir los parámetros de campo de acuerdo con el ítem a.3 y registrar las mediciones en la Ficha de registro de datos de campo (anexo I).
- (e.4). Colocar la botella en el brazo muestreador, asegurarla y retirar la tapa y contratapa sin tocar la superficie interna.
- (e.5). Extender el brazo muestreador y enjuagar el recipiente como mínimo dos veces. Para la toma de muestras sumergir el recipiente a una profundidad aproximada de 20 o 30 cm desde la superficie en dirección opuesta al flujo de la corriente.
- (e.6). Llenar el recipiente con la metodología descrita en los procedimientos (a.7) hasta (a.12).

f. Toma de muestras a diferentes profundidades utilizando la botella hidrográfica

La botella hidrográfica tipo Niskin, Van Dorn o similar es un dispositivo que permite la toma de muestras a cualquier profundidad. Cuenta con válvulas o tapas que se cierran herméticamente a través de un mensajero. Asimismo, proporciona una válvula de drenaje para la obtención de la muestra almacenada.

Procedimiento:

- (f.1). Marcar la cuerda de nylon en cada metro y colocar un lastre por debajo de la botella hidrográfica para permitir el hundimiento de la misma y otro lastre en el extremo opuesto de la cuerda.
- (f.2). Acondicionar la botella hidrográfica abriendo ambos extremos de la botella y asegurarlos para que no se cierren.
- (f.3). Enjuagar como mínimo dos veces la botella con agua del mismo punto.
- (f.4). Bajar la botella a la profundidad requerida de acuerdo con los objetivos del monitoreo. Esperar por lo menos un minuto para su estabilización y enviar el dispositivo mensajero que cerrará de manera instantánea ambos extremos de la botella hidrográfica y proceder a subirla.





(f.5). Cuando la botella llegue a la embarcación vaciar el contenido en un balde limpio y enjuagado y medir los parámetros de campo de acuerdo con el ítem a.3 y registrar las mediciones en la Ficha de registro de datos de campo (anexo I).

(f.7). Repetir los pasos (f.2) al (f.5) para la toma de muestras.

g. Toma de muestras a diferentes profundidades utilizando manguera

Se prepara con tramos de manguera de PVC de jardinería de 1.5 a 3 cm de diámetro y un largo deseado (1-5 m), unidos con válvulas de acoplamiento y llaves o grifos. El largo total de la manguera no debería superar los 15 o 20 m. Es preciso colocar un lastre cerca de la boca inferior del sistema, cuidando que no obstruya la libre circulación de agua por la manguera y asegurarse de que se sumerja en el agua lentamente en posición vertical.

De lo contrario, los tramos de manguera muestreados no coincidirán con la profundidad esperada. El tramo superior de la manguera tendrá un largo igual al intervalo superior de la columna de agua muestreado, más la distancia comprendida entre la superficie del mar, lago y la cubierta del barco. Se hará una marca en la parte de la manguera que debe coincidir con la superficie del agua al descenderla. Cuando se ha dejado bajar verticalmente la manguera hasta llegar a la marca de superficie, se cierra el grifo superior y se sube toda la manguera a bordo.

Procedimiento:

(g.1). El personal responsable deberá colocarse los guantes descartables antes del inicio de la toma de muestras de agua.

(g.2). La manguera se desciende con cuidado con todos los grifos abiertos para permitir el libre flujo de la columna de agua.

(g.3). Cuando la marca del tramo superior de la manguera alcanza la superficie del agua, se cierra el grifo superior, lo cual hará que el agua quede retenida por la fuerza hidrostática ejercida por las paredes de la manguera.

(g.4). Se recupera la manguera con cuidado y una vez en la cubierta de la embarcación:

- Se vacía el contenido de la manguera en un recipiente tras abrir el grifo superior (obtención de una única muestra de la columna de agua)
- O se cierra cada grifo a medida que van llegando a cubierta y se desacoplan los distintos tramos de manguera, los cuales se vaciarán en recipientes separados debidamente marcados. En este caso obtendremos varias muestras integradas correspondientes a distintos intervalos (por ej. a 0-5 m, 5-10 m, 10-15 m) de profundidad de la columna de agua.

(g.5). Los recipientes deben ser lo suficientemente amplios como para permitir la mezcla de la muestra antes de tomar submuestras para distintos fines. Una vez vaciado el contenido (o contenidos) de la manguera (o los tramos de manguera) en los respectivos recipientes, se toma una alícuota en los recipientes o frascos de los parámetros requeridos.

(g.6). Llenar los recipientes con la metodología descrita en los procedimientos (a.8) hasta (a.12).

**6.16. Preservación, llenado de la cadena de custodia, almacenamiento, conservación y transporte de las muestras**

a. Preservación

Una vez tomada la muestra de agua, se procede inmediatamente a adicionarle el preservante para los parámetros requeridos de acuerdo con lo indicado en el anexo VII (*Conservación y preservación*)



de muestra de agua en función del parámetro evaluado). Una vez preservada la muestra, homogenizar y cerrar herméticamente el recipiente. Se deberán considerar las medidas de seguridad en la manipulación de reactivos utilizados (por ejemplo, ácidos, álcalis, formaldehído) teniendo en cuenta las normas de seguridad y protección personal para sustancias químicas siguiendo las recomendaciones de los fabricantes estipuladas en las hojas de seguridad (MSDS).

Los reactivos deben manipularse adecuadamente para evitar el contacto con los ojos, labios y la piel (manos), y de esa manera provocar la corrosión. Asimismo, deben tomarse precauciones para evitar la inhalación de gases tóxicos y la ingestión de materiales tóxicos a través de la nariz, la boca y la piel. Por lo cual, es esencial el uso de mascarillas, gafas de seguridad y guantes descartables resistentes a los reactivos; se recomiendan los guantes delgados de nitrilo o vinilo de color verde o celeste.

Las tapas de goma o neopreno o tapas de rosca con empaque son adecuados, siempre que los reactivos no reaccionen con estos materiales.

Durante el trabajo de campo, los reactivos se deben almacenar de forma separada de los recipientes para muestras y otros equipos en un *cooler* pequeño, limpio y seguro para impedir la contaminación cruzada.

b. Llenado de la cadena de custodia

Para el llenado de la cadena de custodia, como mínimo se deben considerar los siguientes datos:

- Nombre de la institución que realiza el monitoreo
- Nombre de la persona, correo, número telefónico del responsable de la toma de muestras
- Nombre del proyecto y/o del monitoreo
- Código de la muestra, clasificación del agua (agua de río, laguna, mar, etc.)
- Fecha y hora del muestreo
- Número y tipo de envases por punto de muestreo
- Preservación de la muestra
- Lista de parámetros de los análisis de cada punto de muestreo
- Firma de la persona responsable del monitoreo
- Observaciones en campo, como condiciones climáticas particulares, anomalías organolépticas del agua, actividades o condiciones insólitas en el lugar de monitoreo

Para su ingreso al laboratorio de análisis, las muestras deberán ir acompañadas de la *Cadena de custodia* debidamente llenada (se la debe colocar en un sobre plastificado a fin de evitar que se deteriore) y se remite dentro del *cooler* que contiene las muestras.

c. Almacenamiento, conservación y transporte de las muestras

Los frascos deben almacenarse dentro de cajas térmicas (*coolers*) de forma vertical para que no ocurran derrames ni se expongan a la luz del sol. Los recipientes de vidrio deben ser embalados con la debida precaución para evitar roturas y derrames durante el transporte (por ejemplo con bolsas poliburbujas o similares).

Para su conservación, las muestras recolectadas deberán acondicionarse en cajas térmicas (*coolers*) bajo un adecuado sistema de enfriamiento ( $5\pm 3$  °C), refrigerante (*ice pack*, hielo o similar) o un refrigerador móvil. En el caso de utilizar hielo, colocarlo en bolsas herméticas. Las cajas térmicas (*coolers*) deberán mantenerse a la sombra para permitir una mayor conservación de la temperatura.





Las muestras deben ser transportadas inmediatamente al laboratorio cumpliendo los tiempos de almacenamiento máximo de cada parámetro de acuerdo con el cuadro del anexo VII (*Conservación y preservación de muestra de agua en función del parámetro evaluado*); para el transporte de las muestras se debe sellar la caja térmica (*cooler*) de forma que asegure la integridad de las muestras.

Para el envío y traslado de las muestras al laboratorio existen diversos medios (aéreo, terrestre, fluvial); el personal responsable deberá utilizar el medio de comunicación que pueda garantizar las condiciones de tiempo de almacenamiento máximo de cada parámetro.

### 6.17. Aseguramiento de la calidad del muestreo

Los controles de calidad del proceso de muestreo son el único medio para identificar errores en el proceso de monitoreo; por lo tanto, deben formar parte de cada monitoreo de la calidad del agua y tener sus criterios de aceptación definidos. La utilización de estos controles debe ser incluida en el plan de monitoreo considerando todos los analitos de interés (elementos, compuestos, iones).

Para realizar el control de calidad aplicado al muestreo, se tienen los siguientes blancos y duplicados de acuerdo con las determinaciones analíticas.

**Cuadro 4.** Controles de calidad requeridos en el proceso de muestreo

Tipo de control	Contaminación evaluada
Blanco de campo	Contaminación en alguna parte del monitoreo
Blanco de viaje	Contaminación durante el transporte
Blanco de frascos	Contaminación en los frascos
Blanco de equipos	Contaminación cruzada por lavado deficiente de los equipos de recolección
Duplicado de campo	Precisión y repetitividad de los procedimientos de recolección
Matrices adicionales	Estimación del error total sistemático del procedimiento de muestreo, particularmente debido a la inestabilidad de la muestra

Elaboración propia

#### Blancos

Son controles para evaluar la presencia de fuentes de contaminación en partes específicas de los procedimientos de colecta. En este tipo de controles se comprueba la contaminación de los frascos, filtros o cualquier otro equipo utilizado en la toma, manipulación o transporte de la muestra.

En el laboratorio se preparan cinco frascos como blancos (A, B, C, D y E) con agua desionizada:

- El frasco A es almacenado en el laboratorio, los otros frascos van a campo.
- El frasco B (blanco de viaje) permanece en la caja de transporte durante todo el monitoreo.
- El frasco C (blanco de campo) se abre en campo y el agua destilada que contiene es manipulada de igual forma que las muestras de agua natural (trasvase al recipiente utilizado para la toma de muestra, trasvase a los frascos utilizados para el transporte de las muestras, filtración de la muestra, adición de los preservantes u otro). Al final los frascos que contienen la alícuota C son cerrados, almacenados en la caja de transporte junto con el frasco B y enviado al laboratorio con las demás muestras recolectadas.
- El frasco D (blanco de frascos) se abre en campo y el agua destilada es envasada en los frascos utilizados para el transporte de las muestras, los cuales son enviados al laboratorio con las demás muestras.





- El frasco E (blanco de equipos) se abre y el agua destilada es utilizada para el enjuague de los equipos utilizados para la toma, manipulación o filtración de las muestras. El enjuague es realizado antes de la toma de muestra en los equipos limpios. El agua de lavado es recolectada, almacenada y enviada al laboratorio. Se prepara un blanco para cada equipo utilizado.

#### **6.17.1. Duplicados de campo**

Son usados para determinar la precisión o el error aleatorio de los procedimientos de muestreo y análisis a través de la comparación de los resultados de análisis de dos muestras recolectadas de un mismo punto teniendo en cuenta el analito a evaluar, que se lleva al laboratorio como muestra "ciega".

#### **6.17.2. Recomendaciones para el aseguramiento de la calidad del muestreo**

Para garantizar el éxito del programa, es necesario que cada componente del esquema del aseguramiento y control de calidad se implemente de manera adecuada, para lo cual el plan de monitoreo debería considerar lo siguiente:

- Asegurarse de que los frascos de muestreos cumplan con los requisitos técnicos mínimos establecidos en el presente protocolo y de acuerdo con la metodología estandarizada de análisis para cada parámetro.
- Aislar, en el mayor grado posible, los recipientes de muestras de las posibles fuentes de contaminación. Mantener los frascos tapados durante todo el monitoreo.
- Evitar la perturbación del sitio de muestreo, por ejemplo por revolver sedimentos.
- Enjuagar cuidadosamente los frascos y recipientes de muestreo.
- Limpiar y secar las cuerdas y brazos telescópicos utilizados para la toma de muestra, entre un punto de monitoreo y otro.
- Evitar introducir en la muestra de agua los dedos, manos o guantes. Asimismo, no tocar los frascos o recipientes en el interior.
- Girar el bote en contra de la corriente y esperar algunos minutos antes de la toma de muestra para que los gases de escape se disipen.
- Examinar si cada muestra colectada contiene partículas grandes como hojas, detritus o algas. Si estos son observados, la muestra debe ser descartada y tomada nuevamente.
- Contar con todos los registros de campo para el monitoreo (cadena de custodia, ficha de datos de campo, etc.), debidamente llenadas con letra clara y legible.
- Mantener los registros de control de los equipos actualizados para asegurar su mantenimiento y calibración.
- Los procedimientos de control de calidad deben proveer un medio para detectar errores de muestreo y posteriormente desestimar datos no válidos o erróneos. Las muestras deberán estar adecuadamente controladas e idóneas para el fin previsto, incluyendo el control de las fuentes de error como: contaminación de muestras, volumen insuficiente, pérdida de analito, inestabilidad de la muestra, mala preservación, recipientes inadecuados, exceso del tiempo máximo, perecibilidad.



### 6.18. Actividades postmuestreo

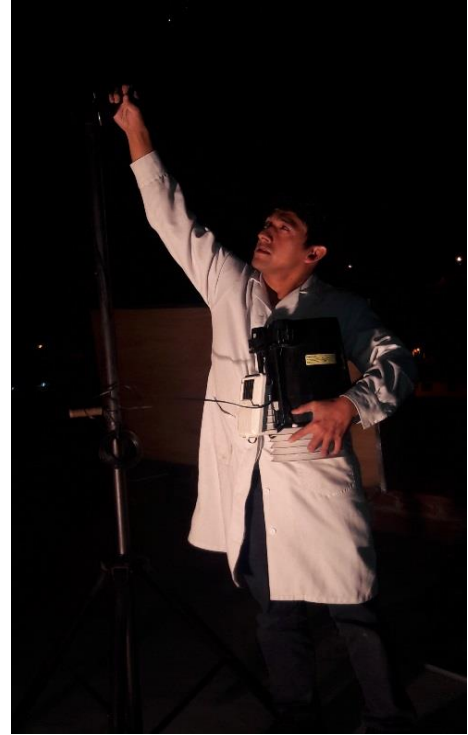
Es el paso final de la actividad de monitoreo, que incluye los análisis en el laboratorio, el procesamiento y la revisión de datos para evitar errores en los análisis en la etapa de elaboración de los reportes o informes del trabajo de monitoreo.

Se recomienda que el laboratorio esté acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) mediante la Norma Técnica Peruana: "Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración" NTP ISO/IEC 17025:2006 o la versión más actualizada en el momento de la solicitud y cuente con la acreditación de los ensayos para la medición de los parámetros ambientales de interés.

Realizar un informe técnico basado en la interpretación de los resultados de los datos de los parámetros de campo y resultados de los análisis de las muestras de agua reportados por el laboratorio.



Anexo 7. Instalación de la Estación Meteorológica



Anexo 8. Recojo de muestras de agua.

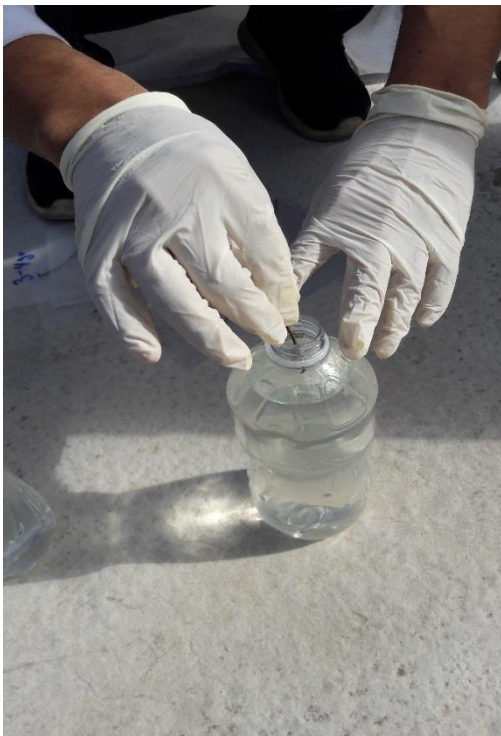




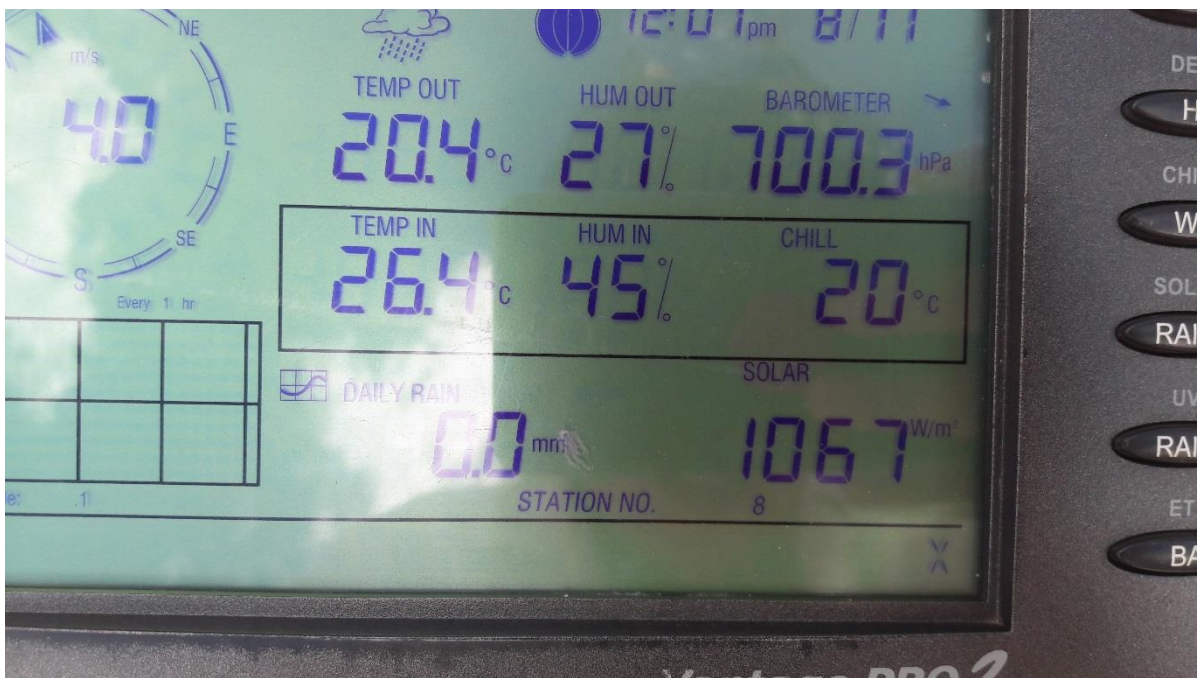
Anexo 9. Estación Meteorológica y Potenciómetro



Anexo 10. Colando las dosis de alambre de hierro y jugo de limón.



Anexo 10. Midiendo el pH, Temperatura y el índice de radiación solar.





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)  
"César Acuña Peralta"

# FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

## 1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)  
..... CHAPA TOMANQUILLA, LLERLIN .....

D.N.I. : 46849998

Domicilio : Mz. "A" D. 03 - PAMPONA ALTA - 65.M

Teléfono : Fijo

E-mail : ..... Martinchapa@gmail.com ..... Móvil : 997612365

## 2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : INGENIERIA

Escuela : INGENIERIA AMBIENTAL

Carrera : INGENIERIA AMBIENTAL

Título : INGENIERIA AMBIENTAL

Tesis de Post Grado

Maestría

Grado :

Mención :

Doctorado

## 3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

..... CHAPA TOMANQUILLA, LLERLIN .....

Título de la tesis:

..... Oxidación solar en la reducción de la concentración del arsénico  
en aguas del río Rimac - Cuenca alta, de la localidad San Mateo - Huachirí 2018 .....

Año de publicación :

## 4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.



Firma :

.....  .....

Fecha :

26/12/2018



Resumen de coincidencias

Se están leyendo fuentes estándar

19

F

19

19

**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

OXIDACIÓN SOLAR EN LA REDUCCIÓN DE LA  
 CONCENTRACIÓN DEL ARSENICO EN AGUAS DEL RIO  
 RIMAC - CUENCA ALTA DE LA LOCALIDAD SAN MATEO -  
 HUARACHIRI 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
 AMBIENTAL

AUTOR:  
 LLEKUA CHAPA TOMANGUILLA

ASESOR:  
 Dr. Elmer Coronado B. - Uva Alvaro  
 LIMA DE INVESTIGACION  
 Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERU  
 2018 - II



*[Handwritten signature]*

19 %

Concepto	Porcentaje
1. Pagos y castigos	3 %
2. Pagos y castigos	1 %
3. Pagos y castigos	1 %
4. Pagos y castigos	1 %
5. Pagos y castigos	1 %
6. Pagos y castigos	<1 %
7. Pagos y castigos	<1 %
8. Pagos y castigos	<1 %
9. Pagos y castigos	<1 %
10. Pagos y castigos	<1 %
11. Pagos y castigos	<1 %

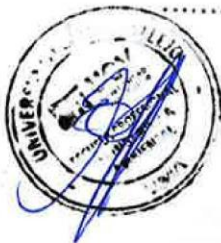
Yo, REVITES ALFARO, ELMER....., docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional de Ing. Ambiental, de la Universidad César Vallejo La (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis titulada:

"Oxidación solar en la reducción de la concentración del arsénico en aguas del río Rimac - cuenca alta, de la localidad San Mateo - Huarochiri 2018."

del (de la) estudiante Martha Chapa Tamayuela....., constató que la investigación tiene un índice de similitud de 19 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los olivos 06 de Diciembre de 2018



[Handwritten Signature]  
Firma de Docente  
DNI: 07807259

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



Yo María Chapa Tomayucua....., identificado con DNI N° 46849998,  
egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la  
Universidad César Vallejo, autorizo (  ) , No autorizo (  ) la divulgación y  
comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado  
"Oxidación solar en la reducción de la concentración del arsénico  
en aguas del río Rimac - cuenca alta de la localidad San Mateo-Acorochi  
2018".....

.....";  
en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo  
estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art.  
33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....





FIRMA

DNI: 46849998.....

FECHA: Los Olivos 06 de diciembre 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don  
 (a) Mario Chapa Tomayocilla  
 cuyo título es: Oxidación solar en la reducción de la concentración  
del arsénico en aguas del r.ío Rimac - Llanca Alta, de la localidad  
San Mateo - Huacho, 2018.

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por  
 el estudiante, otorgándole el calificativo de: 18 (número)  
Dieciocho (letras).

Los Olivos, 06 de Diciembre del 2018.

[Firma]  
 PRESIDENTE

[Firma]  
 SECRETARIO



[Firma]  
 VOCAL

Elaboró	Dirección de	Revisó	Representante de la Dirección / vicerrectorado de Investigación	Aprobó
---------	--------------	--------	--	--------



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE  
LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

---

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

**CHAPA TOMANGUILLA, LLERLIN**

---

INFORME TÍTULADO:

"Oxidación solar en la reducción de la concentración del arsénico en aguas del río Rímac – Cuenca alta, de la localidad San Mateo – Huarochirí, 2018"

---

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

---

INGENIERO AMBIENTAL

---

SUSTENTADO EN FECHA: 06 de diciembre de 2018

NOTA O MENCIÓN: 18



  
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Elmer Benites Alfaro