Pontificia Universidad Católica del Ecuador | SEDE ESMERALDAS

Programa Posgrados en Riesgos Laborales

Valoración de riesgos químicos en la producción de agua potable de la planta de tratamiento de agua de la Empresa Pública Mancomunada de Agua Potable y Saneamiento de Esmeraldas.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Gestión del Conocimiento e Innovación Empresarial

Tesis de grado previo a la obtención del título de Magister en Gestión de Riesgos, Mención Prevención de Riesgos Laborales

Autora: Ing. Karla Lilibeth Cevallos Angulo

Asesor: Ph.D. Jorge Velazco Vargas

Esmeraldas, Ecuador, marzo, 2022

Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos establecidos por el reglamento de Grado la PUCESE previo la obtención del Título de Magíster en Gestión de Riesgos, mención Prevención de Riesgos Laborales.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Título: Valoración de riesgos químicos en la producción de agua potable de la planta de tratamiento de agua de la Empresa Pública Mancomunada de Agua Potable y Saneamiento de Esmeraldas.

Autora: Ing. Karla Lilibeth Cevallos Angulo

PhD. Jorge Velasco Vargas F._____
DIRECTOR DE TESIS

Mgt. Karla Solís Charcopa F._____
LECTORA 1

Mgt. Freddy Betancourt Aguilar F._____
LECTOR 2

Mgt. Luis Hidalgo Solórzano F._____
COORDINADOR DEL PROGRAMA

Mgt. Alex Guashpa Gómez F._____
SECRETARIO GENERAL PUCESE

Esmeraldas, Ecuador, marzo, 2022

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, Karla Lilibeth Cevallos Angulo, portadora de la cédula de ciudadanía No. 0802552190 declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento como informe final, previo la obtención del título de Magister en Gestión de Riesgos, mención Prevención de Riesgos Laborales, son absolutamente originales, auténticos y personales.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto de investigación y luego de la redacción de este documento son y serán de mi sola y exclusiva responsabilidad legal y académica.

Ing. Karla Lilibeth Cevallos Angulo
C.I. 0802552190

CERTIFICACIÓN

Yo, Jorge Luis Velazco Vargas con cédula de identidad 052688617**,** docente y asesor de la maestrante Karla Lilibeth Cevallos Angulo, de la Maestría en Gestión de Riesgos, mención Prevención de Riesgos Laborales.

Certifico que él maestrante ha finalizado satisfactoriamente el Trabajo Final de Máster con los cambios sugeridos por sus lectores, por lo tanto, se encuentra apta para ser calificada y posterior solicitar fecha para defensa.

Ph.D. Jorge Velazco Vargas

DIRECTOR DE TESIS

DEDICATORIA

Mi primera dedicatoria está dirigida a Dios, por sostenerme de su mano en cada momento de mi existir, ya que, sin su ayuda y misericordia, no podría alcanzar esta meta académica.

A mis padres Carlos Antonio Cevallos y Santa Mariana Angulo, que desde mi génesis me han inculcado valores y principios; se han esforzado para que yo tenga una excelente formación personal y académica; enseñándome desde tierna edad la importancia de la educación y que con sacrificio, dedicación y disciplina, se pueden alcanzar los objetivos.

A mis hermanos y a mi sobrina, por todo el apoyo brindado en este proceso, porque pese a la distancia y sus labores siempre han estado junto a mí, con la respectiva voz de aliento, con la firme confianza en que este sueño se cristalizaría.

A mi esposo y a mi hijo, por soportar mis múltiples ocupaciones, por la comprensión brindada cuando por enfocarme en la obtención de esta gran meta se disminuyó el tiempo de atención hacia ustedes, por ser ese cable a tierra que me impulsa a continuar en la lucha del sostenimiento de todos los anhelos en pro de nuestra familia.

Karla Cevallos

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Empresa Pública Mancomunada de Agua Potable y Saneamiento de los Cantones Esmeraldas, Atacames y Rioverde EPMAPSE, por permitir que la ejecución de este trabajo de investigación se efectúe en esa prestigiosa institución.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Esmeraldas por ser una entidad de educación superior que brinda de manera eficiente, educación de calidad a los profesionales que buscan obtener títulos profesionales de tercer o cuarto nivel.

A mi familia por ser el soporte que me inspira a seguir cada día, en especial a mi mami por ser la principal gestora y motivadora de este logro profesional.

Karla Cevallos

Valoración de riesgos químicos en la producción de agua potable de la planta de tratamiento de agua de la Empresa Pública Mancomunada de Agua Potable y Saneamiento de Esmeraldas

RESUMEN

La presente investigación busca identificar y valorar los riesgos químicos que se presentan en el proceso de potabilización del agua realizado en la planta de tratamiento de agua de la Empresa Pública Mancomunada de Agua Potable y Saneamiento de Esmeraldas. En cuanto a la metodología, tuvo un enfoque cuantitativo y cualitativo, de nivel descriptivo, no experimental y realizada en el campo mismo donde se presenta el fenómeno. La población estuvo conformado por 16 trabajadores de la planta a quienes se les realizó una encuesta. Para la evaluación de los riesgos químcos por inhalación se aplicó la metodología simplificada de acuerdo con el método COSHH Essentials y en referencia a la NTP 750 del INSHT; para la evaluación de los riesgos por contacto con la piel se aplicó la norma NTP 750. Entre los resultados se estableció que dentro del proceso de potabilización del agua se identifican tres agentes químicos: cloro gas, hipoclorito de calcio y el policloruro de aluminio. En torno a su evaluación por inhalación se evidenció que, a pesar de ser agentes con volatilidad alta y media, su nivel de riesgo fue 2, considerado aceptable; en la evaluación por contacto con la piel, tanto el cloro gas, el hipoclorito de calcio y el policloruro de aluminio se encuentran en un nivel comprendido entre 100 y 1000, considerado como un riesgo moderado. Finalmente, en la jerarquización de los riesgos, se evidenció que varios de los agentes químicos presentes en área de potabilización no cuentan con etiquetas de seguridad, no permitiendo que se advierta el peligro a los trabajadores. Del mismo modo el lugar en el que se desarrolla el trabajo no está totalmente adecuado, a más de que los encargados no han indicado de forma clara los riesgos químicos a los trabajadores.

PALABRAS CLAVE.- Potabilización de agua, riesgos químicos, prevención de riesgos.

Assessment of chemical risks in the production of drinking water at the water treatment plant of the Joint Public Company of Potable Water and Sanitation of Esmeraldas

ABSTRACT

This research seeks to identify and assess the possible chemical risks that arise in the water purification process carried out in the water treatment plant of the Joint Public Company of Potable Water and Sanitation of Esmeraldas. Regarding the methodology, it had a quantitative and qualitative approach, descriptive, non-experimental level and carried out in the same field where the phenomenon occurs. The population consisted of 16 workers from the plant who were surveyed. For the evaluation of chemical risks by inhalation, the simplified methodology was applied in accordance with the COSHH Essentials method and in reference to the NTP 750 of the INSHT; The NTP 750 standard was applied for the evaluation of risks due to skin contact. Among the results, it was established that three chemical agents are identified in the water purification process: chlorine gas, calcium hypochlorite and aluminum polychloride. Regarding their evaluation by inhalation, it was evidenced that, despite being agents with high and medium volatility, their risk level was 2, considered acceptable; In the evaluation by contact with the skin, both chlorine gas, calcium hypochlorite and poly aluminum chloride are between 100 and 1000, considered a moderate risk. Finally, in the hierarchy of risks, it was evidenced that several of the chemical agents present in the purification area do not have safety labels, not allowing workers to be warned of the danger. In the same way, the place where the work is carried out is not totally adequate, in addition to the fact that the managers have not clearly indicated the chemical risks to the workers.

KEYWORDS.- Water purification, chemical risks, risk prevention.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Portada ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tribunal de graduación ii
Declaración de autenticidad y responsabilidad iii
Certificación iv
Dedicatoria v
Agradecimiento vi
Resumen vii
Abstract viii
Índice de contenidos ix

INTRODUCCIÓN 1
Presentación del tema de investigación 1
Planteamiento del problema 2
Justificación 3
Objetivos 4
Objetivo general 4
Objetivos específicos 4

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO 5
1.1. Bases teórico-científicas 5
1.1.1 Definición, importancia y características del agua 5
1.1.2 Agua potable y criterios de calidad 6
1.1.3 Proceso de potabilización del agua 7
1.1.4 Riesgos químicos 9
1.1.5 Clasificación de los riesgos químicos 10
1.1.6 Formas de presentación de los riesgos químicos 10
1.1.7 Vias de penetración de los riesgos químicos 11
1.1.8 Sustancias de riesgo químico presentes en potabilización de agua 12
1.2. Antecedentes 14
1.3. Fundamentación legal 16

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA 19
2.1. Tipo de estudio 19
2.2. Definición conceptual y operacionalización de variable 20
2.3 Población y muestra 21
2.4 Técnicas e instrumentos 21
2.4.1 Encuesta 21
2.5 Recolección y análisis de datos 27
CAPÍTULO 3. RESULTADOS 29
3.1. Riesgos químicos identificados en la producción de agua potable 29
3.2. Medición de riesgos químicos identificados en la producción de agua potable 33
3.2.1 Riesgos químicos por inhalación 33
3.2.2 Riesgos por contacto con la piel 37
3.3. Percepción de trabajadores sobre riesgos químicos 44
CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN 47
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 50
5.1. Conclusiones 50
5.2. Recomendaciones 51
Referencias 52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Sustancias químicas en potabilización de agua 13
Tabla 2.- Operacionalización de variable de investigación 20
Tabla 3.- Población 21
Tabla 4.- Frases R de agentes químicos 23
Tabla 5.- Determinación de cantidad de sistancia en agentes químicos sólidos 24
Tabla 6.- Determinación de cantidad de sistancia en agentes químicos líquidos 24
Tabla 7.- Tabla de puntuación de peligro 25
Tabla 8.- Puntuación por superficie expuesta 25
Tabla 9.- Puntuación por frecuencia de exposición 25
Tabla 10.- Tabla de clasificación de agentes químicos 26
Tabla 11.- Caracterización de riesgo 27
Tabla 12.- Hoja de seguridad – Cloro gas 29
Tabla 13.- Hoja de seguridad – Hipoclorito de calcio 30
Tabla 14.- Hoja de seguridad – Ploricloruro de aluminio 32
Tabla 15.- Determinación del nivel de riesgo 34
Tabla 16.- Tabla de evaluación de riesgo por inhalación 36
Tabla 17.- Tabla de evaluación de riesgo por inhalación 38
Tabla 18.- Resultado del análisis de puntuación 39
Tabla 19.- Resultados de puntuación por superficie expuesta 40
Tabla 20.- Resultados de frecuencia de exposición 41
Tabla 21.- Puntuación obtenidas de la evaluación de riesgos por contacto con la piel .. 42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Identificación de volatilidad de agentes químicos 24
Figura 2.- Método del INRS para evaluar riesgos por contacto con la piel 26
Figura 3.- Percepción de trabajadores sobre riesgos químicos 45

INTRODUCCIÓN

Presentación del tema de investigación

Desde el inicio de los tiempos, el agua es primordial para la existencia de los seres vivos, ya que es utilizada para realizar la mayoría de las actividades tales como cocinar, aseo personal, poder regar las cosechas, generar energía, producción industrial, entre otras utilidades.

De acuerdo con Marcano (2019), el agua es considerado el líquido más abundante que existe en el plantea tierra, además de ser considerado el recurso natural de mayor importancia, como base de toda forma de vida existente. Este elemento es definido como un recurso renovable siempre que existan controles en su uso, tratamiento y circulación, porque de lo contrario, se puede convertir en un recurso no renovable según el sector en el que se use.

De acuerdo con Henao (2014), en un principio se la utilizaba en su estado natural, es decir sin ningún tipo de tratamiento previo, luego se le realizaba algún tipo de filtrado, pero eso no era suficiente ya que así como el agua es fuente de vida, si no es tratada debidamente puede ser transmisora de diversas enfermedades, razón por la que el ser humano, a lo largo de su estadía en la tierra, se ha visto en la necesidad de tratar el agua de los ríos para su posterior utilización.

El agua y su suministro, deben ser garantizados en calidad y en cantidad, según las necesidades que se presenten en las comunidades. En este sentido, la potabilización del agua tiene como objetivo, garantizar que a los consumidores les llegue agua captada que tenga la calidad que se establece en la legislación para un uso determinado, de tal manera que no se convierta en una fuente de comunicación para la salud de los consumidores (Romero, 2018).

En la actualidad el proceso de potabilización del recurso hídrico consiste en captación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección; para llevarse a cabo dicho proceso es necesario la utilización de diversos productos químicos como sulfato de aluminio,

policloruro de aluminio, hipoclorito de calcio, cloro gas entre otros, los cuales deben ser manipulados por los trabajadores quedando expuestos a diversos tipos de riesgos entre ellos el riesgo químico que provoca factores tales como explosividad, inflamabilidad, toxicidad, teratogeniciadad, mutagenicidad, reactividad, corrosividad, lixiavilidad (Henao, 2014).

En torno a las consideraciones expuestas, por medio de la presente investigación, se busca identificar y valorar los riesgos químicos que se presentan en el proceso de potabilización del agua realizado en la planta de tratamiento de agua de la Empresa Pública Mancomunada de Agua Potable y Saneamiento de Esmeraldas (EPMAPSE). Es de mucha importancia reconocer y valorar los riesgos químicos presentes en la producción de agua potable, de modo que se puedan establecer parámetros de prevención y mejorar la calidad de trabajo de los colaboradores de esta importante área operativa.

Planteamiento del problema

En el noroccidente de la República del Ecuador ubicada en las coordenadas geográficas: latitud: 0°53′11″N y longitud: 79°38′29″W, en la costa del pacífico se encuentra la ciudad de Esmeraldas, que desde aproximadamente un poco más de 26 años cuenta con un sistema de potabilización de agua que debería satisfacer las necesidades de sus casi 189.504 de pobladores que existen según datos del censo Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2010),

Según datos de la Empresa de Agua Potable San Mateo (2018), para el año 2016 se dio inicio al proyecto de abastecer de agua potable a los cantones Esmeraldas, Atacames y Rioverde, por lo que se da la necesidad de formar una empresa mancomunada entre los alcaldes de dichos cantones para la provisión del agua potable en todas estas zonas de la provincia.

Al darse la producción de agua potable mediante una serie de procesos o etapas tales como captación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección es necesario utilizar agentes químicos como policloruro de aluminio, sulfato de aluminio, hipoclorito de calcio, cloro gas, entre otros y, así lograr que el agua esté dentro de los parámetros

permitidos según la norma del Instituto Ecuatoriano de Normalizacion – INEN 1108 vigente (EAPA, 2018).

De acuerdo con Henao (2014), aunque los citados agentes químicos son necesarios para tener agua dentro de los estándares de calidad, deben ser manipulados por los trabajadores de la planta de tratamiento y por ende encontrarse expuestos a riesgos químicos, los mismos que deberían ser identificados, ya que mediante la identificación de los mismos se podrá tener en claro a lo que se expone el trabajador al efectuar tan importante y necesaria labor dentro de la potabilización del agua.

Por lo antes expuesto, en esta investigación se plantea la siguiente interrogante:

¿Cuáles son los riesgos químicos en la producción de agua potable de la planta de tratamiento de agua de la EPMAPSE?

Justificación

Debido a la ineludible utilización de agentes químicos en el proceso de potabilización de agua y por ende las exposición de sus trabajadores a factores de riesgos químicos; y considerando que EPMAPSE una empresa recién constituida, que asume las competencias del sistema de producción de agua potable de los cantones Esmeraldas, Atacames y Rioverde, no cuenta con un plan de este riesgo especifico, generándose un requerimiento que contempla la identificación y valoración de riesgos químicos en la producción de la planta de tratamiento de agua**,** para prevenir accidentes causados por este tipo peligro químico y poniéndose a disposición de la empresa de agua el respectivo documento generado.

Esta investigación permitirá prevenir la probabilidad de que se generen futuros accidentes causados por riesgos químicos presentes en la producción de agua potable, mediante la identificación y valoración de los mismos es por ello que esta investigación se pondrá a disposición de la empresa EPMAPSE, permitiendo advertir a la empresa de los riesgos químicos identificados en la producción de agua potable.

Este estudio tendrá un impacto positivo en las toma de decisiones pertinentes a mejorar las condiciones de trabajo de los encargados de la producción de agua potable y así dar cumplimiento a la Constitución de la República del Ecuador que en Art.126 de numeral 5 que establece que toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar.

Los beneficiarios directos de la investigación serían los trabajadores que realizan las actividades operativas en esta área, quienes tendrán plena conciencia de los riesgos químicos a los que se enfrentan en la realización de sus actividades, pudiendo enfrentar de manera eficiente los riesgos existentes, los implementos a usar, entre otros aspectos.

Objetivos

Objetivo general

Analizar los riesgos químicos en la producción de agua potable de la planta de tratamiento de agua de Esmeraldas-San Mateo.

Objetivos específicos

- Identificar los riesgos químicos presentes en la producción de agua potable de la planta de tratamiento de agua de Esmeraldas-San Mateo.
- Medir los riesgos químicos presentes en la producción de agua potable de la planta de tratamiento de agua de Esmeraldas-San Mateo.
- Conocer la percepción de los trabajadores respecto a los riesgos químicos presentes en la producción de agua potable de la planta de tratamiento de agua de Esmeraldas-San Mateo.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1. Fundamentación teórico-conceptual

1.1.1 Definición, importancia y características del agua

De acuerdo con López et al. (2014), "el agua es un líquido incoloro, inodoro e insípido, de disolvente universal, se solidifica por el frío y se evapora por el calor. Resulta de la combinación de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno" (p.18).

Respecto a su composición, tomando en consideración los criterios de Carbajal y González (2012), se establece que:

> El agua es una molécula sencilla formada por átomos pequeños, dos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos por 2 enlaces covalentes muy fuertes que hacen que la molécula sea muy estable. Tiene una distribución irregular de la densidad electrónica, pues el oxígeno, uno de los elementos más electronegativos, atrae hacia sí los electrones de ambos enlaces, de manera que alrededor del átomo de oxígeno se concentra la mayor densidad electrónica (carga negativa) y cerca de los hidrógenos la menor (carga positiva) (p. 19).

El agua es uno de los elementos más importantes desde el punto de vista físicoquímico, hasta tal punto que sus temperaturas de transformación de un estado a otro han sido tomadas como puntos fijos, a pesar de que su punto de congelación y ebullición sean anormales, debido a las asociaciones moleculares (Barreneche, 2009).

Resulta importante acotar que el agua es considerado el componente más importante del organismo humano y del mundo en el que habitan los seres vivos, ya que tiene una gran influencia en los procesos químicos que ocurren en la naturaleza y tal influencia no solo se debe a sus propiedades físico-químicas como molécula bipolar, sino también a los constituyentes orgánicos e inorgánicos que se encuentran en ella.

Desde el punto de vista de la salud humana, para Vargas (2014), el agua ayuda a eliminar las sustancias resultantes de los procesos bioquímicos que se desarrollan en el organismo humano a través de los órganos excretores, en especial la orina y el sudor. No obstante, por esta misma propiedad, puede transportar una serie de tóxicos al organismo que pueden afectar a diferentes órganos, de manera reversible o irreversible.

1.1.2 Agua potable y criterios de calidad

Para Guerrero (2017), el agua potable es el agua de consumo directo para beber, cocinar y de uso en alimentación, así como para satisfacer las necesidades de higiene de las personas, que cumple las condiciones indicadas por las Directrices para la calidad de aguas potables de la Organización Mundial de la Salud y la normativa correspondiente establecida por el organismo oficial competente.

De su parte Freire (2016), considerada que agua potable o agua para consumo humano, es aquella que puede consumirse sin restricción, gracias a un proceso de purificación, misma que no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o signifique riesgo para la salud. En otros términos, debe cumplir con las normas de calidad establecidas por autoridades locales e internacionales.

Para el autor citado anteriormente, el establecimiento de la calidad del agua debe considerar los siguientes criterios:

- Calidad microbiológica: bacterias, virus, protozoarios.
- Calidad física: color, olor, sabor, turbiedad.
- Calidad química inorgánica: aluminio, hierro, manganeso, plomo, arsénico, y otros.
- Calidad química orgánica: pesticidas, fungicidas, entre otros.
- Calidad radiológica: radioactividad alfa y beta global.
- No debe ser peligrosa para la salud y vida de los usuarios.

Se acota como criterio personal que el agua potable es al agua que se puede consumir o beber sin que exista peligro para la salud de los consumidores. El agua potable no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar la salud. Por eso, antes de que el agua llegue a las casas, es necesario que sea tratado en una planta potabilizadora. En estos lugares se limpia el agua y se trata hasta que está en condiciones adecuadas para el consumo humano. Desde las plantas potabilizadoras, el agua es enviada hacia nuestras casas a través de una red de tuberías que llamamos red de abastecimiento o red de distribución de agua.

1.1.3 Proceso de potabilización del agua

Los procesos de potabilización son muy variados y dependen específicamanete de la procedencia del agua. Puede realizarse una simple desinfección para eliminar los patógenos mediante la adición de cloro, la irradiación de rayos ultravioletas, la aplicación de ozono, entre otros. En otros casos debe realizarse por medio de plantas potabilizadoras de agua (Romero, 2017).

Las etapas de potabilización del agua son las siguientes:

Entrada o captación de agua

De acuerdo con Romero (2017), la captación de aguas superficiales se realiza por medio de tomas de agua que se hacen en los ríos o diques. El agua proveniente de ríos está expuesta a la incorporación de materiales y microorganismos, requiriendo un proceso más complejo para su tratamiento. La turbiedad, el contenido mineral y el grado de contaminación varían según la época del año.

Es importante acotar que las estructuras de captación deben estar ubicadas preferiblemente en los tramos rectos de los ríos con el fin de evitar erosiones y sedimentaciones. En el caso de lagos, lagunas o embalses, la estructura de captación debe localizarse de modo que pueda proporcionar agua de la mejor calidad posible.

Conducción

Se realiza por medio de tuberías de asbesto de cemento, desde la zona de captación del agua hasta el lugar en donde se encuentran los sedimentadores, el agua se conduce por medio de acueductos o canales abiertos (Kerry, 2015).

Coagulación o Floculación

De acuerdo con Romero (2017), la coagulación y floculación causan un incremento de tamaño del floculo y su rápida aglomeración, disminuyendo así el tiempo de sedimentación de las partículas. Para realizar este tipo de procesos se adicionan sales químicas en su mayoría cargadas positivamente (sales de aluminio, sales de hierro o

polielectrolitos) que desplazan los iones negativos y reducen efectivamente el tamaño de carga.

Sedimentación

Según el criterio de Pérez (2015), la sedimentación es el proceso por el cual las partículas más pesadas del agua que se encuentran en su seno en suspensión, son removidas por la acción de la gravedad. El agua que contiene materia particulada fluye con lentitud a través de un tanque de sedimentación y de esta manera se retiene el tiempo suficiente para que las partículas más grandes se asienten en el fondo antes que el agua clarificada salga del estanque por un vertedero en el extremo de salida.

Filtración

En general, se considera la filtración como el paso de un fluido a través de un medio poroso que retiene la materia que se encuentra en suspensión. En las principales instalaciones de filtración, los filtros sueles ser abiertos, mientras los filtros cerrados suelen utilizarse para instalaciones pequeñas menor de 40m3/h (Hernández, 2015).

Desinfección o Cloración

La desinfección del agua consiste en la exterminación de las bacterias patógenas que pueda contener. En el proceso, se destruirán también los colibacilos y se reducirá considerablemente la cantidad de otras bacterias. Sin embargo, no se obtendrá ordinariamente la esterilización completa, aunque ni siquiera es necesaria. El cloro, en sus diversas formas, se emplea casi universalmente como agente desinfectante del agua; es barato, seguro, y su manejo no presenta gran dificultad (Hernández, 2015).

Almacenamiento

De acuerdo con Vargas (2014), el agua tratada se acumula en cisternas y tanques elevados desde donde es distribuida por red a los domicilios. Una planta de tratamiento nunca satisface en directo la demanda, trabaja constantemente y almacena en caso de que las demandas futuras sean enormes, esto es que el diseño de la planta de Tratamiento de Agua

nunca debe ser igual a la demanda actual, sino por el contrario se debe preparar para crecimientos futuros programados, ya sea de capacidad instalada mayor y/o modular.

Acotar que para lograr conseguir agua potable, el agua debe pasar por una planta de potabilización, donde se le quitan las impurezas y se destruyen los microorganismos que lleve. En el cantón Esmeraldas, este proceso de potabilización se realiza en la planta ubicada en la parroquia San Mateo, en donde se realiza la presente investigación con la finalidad de que se identifiquen en este proceso de potabilización, ciertos riesgos químicos que afecten a la salud de los trabajadores.

1.1.4 Riesgos químicos

De acuerdo con Paredes y Millán (2017), el riesgo químico es aquel riesgo susceptible de ser producido por una exposición no controlada a agentes químicos la cual puede producir efectos agudos o crónicos y la aparición de enfermedades. Los productos químicos tóxicos también pueden provocar consecuencias locales y sistémicas según la naturaleza del producto y la vía de exposición.

Por su parta Raffino (2020) define a los riesgos químicos como aquellas condiciones de potencial afectación a la salud causadas por la exposición son control ante agentes químicos de diversa naturaleza. Se relaciona con el peligro que entrañan ciertos compuestos y sustancias químicas que pueden causar enfermedades, efectos crónicos o incluso la muerte. La gravedad de los riesgos químicos depende de factores asociados con la naturaleza de los agentes, su concentración y el tiempo de exposición que tienen las personas ante tales riesgos.

Es importante acotar que existe un potencial riesgo químico en los trabajos que involucran manejo de sustancias tóxicas, cuando no son manejadas apropiadamente, o cuando el personal carece de las mínimas protecciones básicas. Sin embargo, también hay riesgo químico en la naturaleza, dado que el vertido de sustancias químicas al medio ambiente se lleva a cabo en proporciones diarias alarmantes. Y no siempre la naturaleza puede lidiar con ellas de manera efectiva y autónoma.

1.1.5 Clasificación de los riesgos químicos

Para Aguilar (2017), en base a los efectos del contaminante, los riesgos químicos se clasifican en:

Irritantes

Este tipo de sustancias al ingresar al organismo irrita a los tejidos en las áreas dónde tuvo el contacto, principalmente en los ojos, la piel y mucosas del sistema respiratorio. Las sustancias irritantes pueden dividirse en:

- Irritantes del tracto respiratorio superior.- Son sustancias solubles y corrosivas en medios acuosos.
- Irritantes del tracto respiratorio superior y tejido pulmonar.- La solubilidad de estas sustancias en fluidos acuosos de las mucosas es moderada por lo que actúan en el sistema respiratorio.
- Irritantes de tejido pulmonar.- Son sustancias insolubles en fluidos acuosos (Aguilar, 2017).

Corrosivos

Son los que generan quemaduras o corrosión en las zonas donde tuvo el contacto. Por su carácter ácido o cáustico producen un ataque químico sobre el tejido vivo. De acuerdo a sus características químicas se clasifican en:

- Muy corrosivos.- producen una necrosis perceptible del tejido cutáneo en un periodo menor a tres minutos.
- Corrosivos.- producen una necrosis perceptible del tejido cutáneo en un periodo comprendido entre tres minutos, como mínimo y sesenta como máximo.
- Corrosivos en menor nivel.- producen una necrosis perceptible del tejido cutáneo en un periodo comprendido entre sesenta minutos y cuatro horas (Aguilar, 2017).

1.1.6 Formas de presentación de los riesgos químicos

De acuerdo con Mancera (2016), por la forma de presentación o los efectos que provocan en el organismo de las personas, los riesgos químicos se presentan de varias fromas:

Líquidos

Son sustancias que tienen que fluir y adaptarse a la forma de los recipientes que la contienen y cuya superficie libre se mantiene horizontal.

Sólidos

Los sólidos se caracterizan por ser sustancias con forma definida, donde las fuerzas de atracción intermolecular son superiores a la repulsión, presentando una estructura molecular cristalina.

Aerosoles

Se considera como aerosol a una dispersión de partículas sólidas y líquidas, cuyo tamaño es inferior a 100 micras en un medio gaseoso. Los aerosoles se presentan como: sólidos (polvo, fibra, humo) o líquidos (niebla).

Gases

Son fluidos amorfos que ocupan el espacio que los contiene y pueden cambiar de estado físico, mediante una combinación de presión y temperatura. Los átomos o moléculas del gas se encuentran virtualmente libres, dado que la cohesión es mínima.

Vapores

Corresponde a la fase gaseosa de una sustancia sólida o líquida. El tamaño de las partículas es molecular (Mancera, 2016).

1.1.7 Vias de penetración de los riesgos químicos

Según Paredes y Millán (2017), las diversas formas por las que los agentes químicos ingresan en el organismo de las personas expuestas son los siguientes:

Inhalación

Las partículas muy finas, los gases y los vapores se mezclan con el aire, penetran en el sistema respiratorio, siendo capaces de llegar hasta los alvéolos pulmonares y de allí pasar a la sangre. Según su naturaleza química provocarán efectos de mayor a menor gravedad atacando a los órganos (cerebro, hígado, riñones, etc.). Entre los agentes químicos que

actúan por inhalación se destacan el monóxido de carbono, al ácido cianhídrico, el sulfuro de hidrógeno, los vapores de mercurio, benceno, metanol y nitrobenceno (Raffino, 2020).

Absorción cutánea

El contacto prolongado de la piel con el tóxico, puede producir intoxicación por absorción cutánea, ya que el tóxico puede atravesar la barrera defensiva y ser distribuido por todo el organismo una vez ingresado al mismo. Son especialmente peligrosos los tóxicos liposolubles como los insecticidas y otros pesticidas (Raffino, 2020).

Ingestión

La sustancia ingerida conlleva un riesgo específico dependiendo de su naturaleza, siendo diferente la gravedad del accidente y la urgencia de su atención, la cual nunca es menor. Algunas sustancias muestran su efecto tóxico de forma inmediata, especialmente aquellos de acción mecánica (como los corrosivos), pero otros no lo hacen hasta después de su absorción en el tubo digestivo, distribución y metabolización, por lo cual pueden aparentar ser inocuos en un primer momento (Raffino, 2020).

Como se puede observar en los criterios expuestos, la exposición a agentes químicos y su ingreso al organismo se da de diferentes formas, por lo que hay que tomar medidas preventivas y correctivas dentro de la potabilización del agua en la Empresa San Mateo, para evitar afectaciones con consecuencias adversas entre sus colaboradores.

1.1.8 Sustancias de riesgo químico presentes en potabilización de agua

Verdugo (2018), las define como todo material nocivo o perjudicial, que durante su fabricación, almacenamiento, transporte o uso, puede generar o desprender humos, gases, vapores, polvos o fibras de naturaleza peligrosa, ya sea explosiva, inflamable, tóxica, infecciosa, radiactiva, corrosiva o irritante en cantidad que tengan probabilidad de causar lesiones y daños a personas, instalaciones o medio ambiente.

Entre las sustancias químicas que se utilizan en el proceso de potabilización de agua tenemos:

Tabla 1.- *Sustancias químicas en potabilización de agua*

SÍMBOLO	SUSTANCIAS PRESENTES EN POTABILIZACIÓN	DEFINICIÓN Y PRECAUCIÓN
	Sulfato de aluminio tipo "A"	Clasificación: Estos productos químicos causan destrucción de tejidos vivos y/o materiales inertes. Precaución: No inhalar y evitar el contacto con la piel, ojos y ropas.
	Ácido nítrico	Clasificación: Sustancias y preparaciones: ▪ Líquidos con un punto de inflamación inferior a 21ºC, pero que NO son altamente inflamables. ▪ Sustancias sólidas y preparaciones que por acción breve de una fuente de inflamación pueden inflamarse fácilmente y luego pueden continuar quemándose ó permanecer incandescentes. ▪ Gaseosas, inflamables en contacto con el aire a presión normal ▪ Que, en contacto con el agua o el aire húmedo, desenvuelven gases fácilmente inflamables en cantidades peligrosas; Precaución: evitar contacto con materiales ignitivos (aire, agua).
	Cloruro de sodio, polímero e Hipo clorito de calcio	Clasificación: Sustancias y preparaciones que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden implicar riesgos graves, agudos o crónicos a la salud. Precaución: todo el contacto con el cuerpo humano debe ser evitado.
	Hipo clorito de calcio, cloruro de sodio	Clasificación: Sustancias y preparaciones no corrosivas que, por contacto inmediato, prolongado o repetido con la piel o las mucosas, pueden provocar una reacción inflamatoria. Precaución: Debe ser evitado el contacto directo con el cuerpo.

	Sulfato de aluminio tipo "A" y polímero	Clasificación: Sustancias y preparaciones que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden implicar riesgos a la salud de forma temporal o alérgica; Precaución: debe ser evitado el contacto con el cuerpo humano, así como la inhalación de los vapores.

Fuente: Elaboración propia a partir de Verdugo (2018)

1.2. Antecedentes (Revisión de estudios previos)

En Santiago de Chile, Ibarra (2018) realizó una investigación en la que se estableció como objetivo general, diseñar una guía de prevención y mitigación de accidentes químicos en una planta de tratamiento de agua potable. La metodología investigativa hizo referencia a un estudio descriptivo, cuantitativo y no experimental, aplicando como instrumento una guía de observación, así como un modelo de identificación de riesgos químicos. Entre los resultados se destaca que los agentes químicos que presentan mayor peligrosidad son el sulfato de aluminio y cloruro férrico en las etapas de coagulación, cloro en la desinfección y flúor en la etapa de fluoración.

Reyes (2016) desarrolla un estudio en el que se analiza el uso de cloro en las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas: desinfección y formación de subproductos en el estado de Durango, México. La investigación fue cuantitativa y experimental, debido a que se realizaron análisis de laboratorio y de campo, obteniendo información a través de check list para recolección de datos sobre agentes químicos. Los resultados evidenciaron que se revisaron aspectos como el comportamiento de los factores (flujo de agua, cloro aplicado, pH, temperatura, demanda biológica de oxígeno) que influyeron en la formación de dichos compuestos con información de tres años de la Planta de tratamiento de aguas residuales, donde la temperatura fue el factor con variación estadísticamente significativa durante el año, por lo que para conocer su influencia, se establecieron cinéticas de formación y remoción de cloraminas y trihalometanos a nivel laboratorio.

La investigación de Zerbatto (2015), plantea como objetivo de investigación el análisis a la coagulación optimizada en el tratamiento de potabilización de agua potable en Santa Fe, Argentina. En la metodología estadística se utilizaron técnicas no paramétricas con la

finalidad de realizar una comparación de las variables que se analizaron. Los resultados mostraron que los niveles de peligrosidad de los agentes químicos participantes en el proceso de potabilización, son adecuadamente controlados por los encargados de la operatividad, aplicando para ello procesos de revisión constante de los procesos de coagulación, floculación y sedimentación.

La investigación de Verdugo (2018), propone como objetivo la identificación y prevención de riesgos en los puestos de trabajo en la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Cuenca (EMAPAT-EP). La metodología de la investigación fue de tipo cuantitativa, descriptiva y no experimental. Como población se tomó en consideración a los trabajadores del área operativa de la institución en un número de 50. Entre los resultados obtenidos se destacó que en el área analizada no existe un archivo con las hojas de seguridad para las sustancias químicas a más de no contar con etiquetas de las normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN 2266 que se aplica en estas sustancias.

Del Pezo (2013) plantea como objetivo de su estudio de maestría, el diseño de un modelo de gestión de seguridad y salud ocupacional para la empresa de agua potable "Aguas de la Península – Aguapen S.A." en Santa Elena. Respecto a la metodología, se consideró una investigacion documental e histórica en la que se analizó la legislación y documentación vigente, asi como registro de actividades operativas realizadas en el pasado. Fue también un estudio experimental con el análisis de las condiciones químicas que se presentan en la operatividad de la empresa. Entre los resultados se destaca que en la empresa, no existen lineamientos de seguridad para el desarrollo de las labores, siendo una gran debilidad, ya que en todos los procesos se manejan químicos peligrosos como el cloro gas y otras emisiones que resultan de la materia orgánica descompuesta.

En la investigación de Soledispa (2013) se planteó como objetivo determinar las afectaciones a los trabajadores y al medioambiente que causan fugas de cloro gas en plantas potabilizadoras de agua. Respecto a la metodología, se trató de un estudio de caso en el que se aplicaron visitas técnicas con lista de cotejos para revisar la condición en que se desarrollan las actividades operativas; también fue documental y bibliográfica porque se apoyó en múltiples bibliografias y criterios teóricos sobre prevención y control de gas cloro. Entre los principales resultados se evidenció que se presentan deficiencias como la falta de capacitación, exceso de confianza, falta de mantenimiento en las líneas de

dosificación y ausencia de sistemas de contención en el caso que se presenten fugas de cloro gas, aspectos que incrementan la probabilidad de accidentes que podrían generar afectaciones graves a las personas que laboran en las unidades operativas.

Luna (2019) desarrolla una investigación con el propósito de gestionar el riesgo químico y elaborar un manual de manejo seguro de cloro gas para la empresa municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Ibarra (EMAPA-I). La metodología mostró una investigación de tipo cuantitativa y descriptiva teniendo como fin fundamental, proveer de una herramienta que permita una mejor gestión del riesgo químico. Entre los resultados se pudo evidenciar que los trabajadores encargados del proceso tienen exceso de confianza, descuido en la dosificación, falta de capacitación, poco uso de equipos de protección y deficiencias en el control de fugas.

1.3. Fundamentación legal

Los lineamientos y normativas legales a ser observados en la presente investigación son los siguientes:

Constitución de la República del Ecuador

El Art. 326 de la Constitución de la República del Ecuador (2008), en su numeral 5, establece que todos las personas que desarrollen una labor en cualquier tipo de empresa, tienen el derecho de efectuar sus labores en ambientes que preserven su seguridad, bienestar, integridad y salud. En este contexto, quienes dirigen la planta de tratamiento de agua de Esmeraldas-San Mateo, deben proveer de un ambiente laboral que permita a todos los colaboradores, desarrollar su trabajo de manera segura y con el menor número de riesgos posible.

Código del trabajo

El Art. 410 del Código del Trabajo (2012), determina que una de las obligaciones de los patronos, como es el caso de quienes dirigen la planta de tratamiento de agua de Esmeraldas-San Mateo, dotar de condiciones de seguridad para que las actividades desarrolladas por los funcionarios, no presenten ningún tipo de riesgo para su vida y salud, mientras que los trabajadores estrán obligados a acatar las medidas de prevención que se establezcan para el desarrollo de sus labores.

Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo

La resolución 584 del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo (2014) determina que uno de los principales elementos para considerar a un trabajo como decente, tiene que ver con la garantía de protección y seguridad en la realización de cualquier labor.

El Art. 2 de este instrumento promueve la regulación de acciones que deben de realizarse en los lugares de trabajo de los países miembros, para disminuir o en lo posible, eliminar todo tipo de daños en la salud de los trabajadores, por medio de actividades de prevención de riesgos.

Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo

En la resolución 957 del Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo (2014) se establece en los artículos 3, 4 y 5, que se debe procurar generar espacios de servicio de salud en el trabajo, que tendrá un carácter esencialmente preventivo e integrado de manera interdisciplinaria para brindar asesoría en materia de conservación de ambientes de trabajo digno, seguro y sano.

Las autoridades de la planta de tratamiento de agua de Esmeraldas-San Mateo deben procurar la observación y aplicación de aspectos como programas de seguridad, identificación de riesgos, factores que pueden afectar a la salud de los trabajadores, verificar las instalaciones, fomentar la adaptación a los puestos de trabajo, organizar primeros auxilios, participar en análisis de accidentes de trabajo, entre otros.

Sistema de Auditoría de Riesgos del Trabajo

El Art. 2 de la Resolución 333 del Reglamento para el Sistema de Auditoría de Riesgos del Trabajo (2012) establece entre varios objetivos de auditoría de riesgos de trabajo que deben realizar las entidades públicas o privadas para preservar la seguridad de sus funcionarios. Entidades como la empresa de Agua Potable San Mateo, en coordinación con los representanes del Instituto Ecuatoriano de Segurridad Social (IESS), verificará el cumplimiento técnico legal en materia de salud y seguridad dentro de sus organizaciones.

Se deberán preocupar también por la verificación del diagnóstico de los sistemas de gestión de seguridad, la planificación de estos sistemas, la integración e implementación

en la gestión de las empresas y la comprobación y control interno se los sistemas de gestión de calidad.

Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo

En la Resolución 390 del Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo (2012), dentro del Art. 3 establece principios de la acción preventiva que debe fundamentar las acciones de las empresas y entidades sobre principios como la eliminación y control de riesgos, planificación de la prevención, adopción de medidas de control, asignación de tareas y vigilancia de salud de los trabajadores.

En el Art. 4 se establecen prestaciones básicas sobre los derechos que entidades como la Empresa de Agua Potable ubicada en San Mateo deben definir en su gestión como servicios médicos asistenciales, de prevención y control, subsidios por incapacidad, indemnizaciones por pérdida de capacidad profesional, pensiones por invalidez y pensiones de montepío en caso de fallecimiento.

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

De acuerdo a Yin (2012), la metodología hace referencia a los métodos, técnicas y herramientas que se aplican con el propósito de lograr los objetivos que se han trazado en una investigación o estudio de un fenómeno. Según esta definición, en este apartado de la presente investigación, se describen los métodos que se tomaron en cuenta la idenetificación de los posibles riesgos químicos que se presentan en la producción de agua potable de la planta de tratamiento de la EPMAPSE.

2.1. Tipo de estudio

Respecto al método, la presente investigación fue cuantitativa y cualitativa. Cuantitativa porque identificó y evaluó porcentajes de riesgo químico en la producción de agua potable de la planta de tratamiento de la EPMAPSE; fue cualitativa porque buscó conocer como se presenta el fenómeno, tomando en consideración el criterio de los trabajadores que desarrollan el proceso operativo de la planta.

Abordando el enfoque, se presentó un estudio descriptivo, porque se encargó de medir la presencia y caracteterísticas de riesgos químicos en la producción de agua potable de la planta de tratamiento de la EPMAPSE, sobre un tiempo y espacio determinado.

En torno al lugar y medios, se trató de una investigación de campo debido a que los datos sobre los riesgos químicos en la potabilización del agua fueron recolectados en el sitio donde se desarrolla el fenómeno, en la planta de tratamiento de agua de la EPMAPSE.

Al abordar el diseño de la investigación, fue un estudio no experimental, debido a que la investigadora observó y evaluó los riesgos químicos que se presentan en la planta de tratamiento de agua de de la EPMAPSE, limitándose solo a analizar y entregar resultados sin la posibilidad de cambiar la realidad.

Finalmente, en torno al método de investigación que se utilizó, fue el método inductivo, porque se conocieron de manera paulatina las características y situaciones referentes a los riesgos químicos que se presentan en la planta de tratamiento de agua de la EPMAPSE en función de establer al final del estudio, conclusiones sobre la investigación realizada.

2.2. Definición conceptual y operacionalización de variable

Tabla 2.- *Operacionalización de variable de investigación*

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Riesgos químicos en potabilización del agua	Son los riesgos susceptibles de ser producido por una exposición no controlada a agentes químicos la cual puede producir efectos agudos o crónicos y la aparición de enfermedades. En la potabilización del agua se exponen a riesgos químicos por sulfato de aluminio, ácido nítrico, cloruro de sodio, polímero e hipoclorito de calcio (Verdugo, 2018).	Elaboración del marco teórico sobre riesgos químicos, potabilización del agua, agentes químicos.	Agentes químicos existentes en el proceso	Materiales del elemento Peligros del elemento Componentes peligrosos Informes toxicológicos Efectos del elemento
		Metodología aplicada para la recolección de información	Nivel de exposición a los agentes químicos	Peligrosidad frases R Tendencia de pasar al ambiente Cantidad de sustancia Nivel de riesgo
		Técnicas de recolección de datos	Jerarquización de los riesgos por agentes químicos	Determinación y puntuación de clase de peligro Puntuación por superificie expuesta Puntuación por frecuencia de exposición
		Conclusiones		

Elaborado por Autora

2.3 Población y muestra

El proceso investigativo se realizó en la planta de tratamiento de agua de la Empresa Pública Mancomunada de Agua Potable y Saneamiento Esmeraldas, sitio en el que, para el desarrollo de los procesos operativos de potabilización del agua, participa una población que se detalla en la tabla 3.

Tabla 3.- *Población*

Nº	POBLACIÓN	#
2	Operarios de la planta	16
	TOTAL	**16**

Fuente: Elaboración propia

2.4 Técnicas e instrumentos

2.4.1 Encuesta

Una de las técnicas utilizadas es la encuesta, la que es definida por Casas et al. (2013) como una técnica que permite, por medio de un cuestionario elaborado con anterioridad, recolectar información sobre un fenómeno que se estudia. Bajo esta cosideración se realizó una encuesta a los trabajadores operativos de la planta de potabilización de agua de EPMAPSE, abordando aspectos como reconocimiento de riesgos, equipos de protección, niveles de exposición, medidas preventivas, señalización, atención médica, entre otros.

La encuesta estuvo compuesta por 10 preguntas cerradas que se calificaron bajo la siguiente nomenclatura:

Nunca = 5 / Casi nunca = 4 / A veces = 3 / Casi siempre = 2 / Siempre = 1

Para la evaluación de los riesgos químicos se tomaron en consideración dos aspectos. Por una parte se evaluaron los niveles de riesgos químicos por inhalación, para lo cuál e aplicó la metodología simplificada de acuerdo con el método COSHH Essentials y en

referencia a la NTP 750 del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSHT). Por otra parte, en la evaluación de los riesgos por contacto con la piel, se aplicó el método simplificado del Instituto Nacional de Investigación y Seguridad (INRS), con el que se puede lograr una aproximación durante la absorción vía dérmica.

2.4.2 Identificación y evaluación de riesgos químicos por inhalación

La metodología de evaluación de riesgos por inhalación del método COSHH Essentials, utilizará la norma NTP 750 (INSHT, 2011). Por medio de este método se puede conocer el nivel potencial de riesgo en función de cuatro grupos que se detallan a continuación:

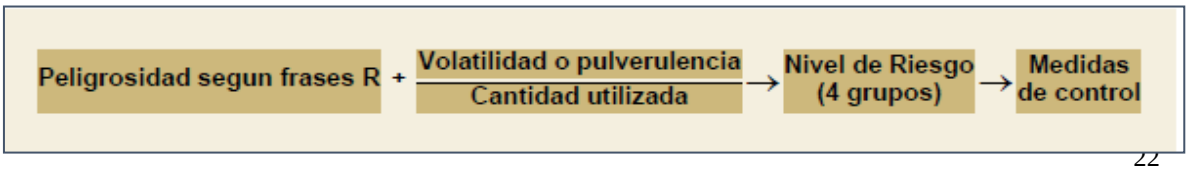
- En el grupo 1 están todas las medidas de ventilación, así como de buenas prácticas dentro del lugar de trabajo.
- En el grupo 2 se hace referencia al control de la ingeniería.
- En el grupo 3 se destacan las medidas de confinamiento.
- En el grupo 4 se determinan los consejos de expertos sobre el tema.

En torno a las fases o variables que se deben analizar para determinar los niveles de exposición de riesgos químicos por inhalación se destacan las siguientes:

- En la variable 1 se buscó la identificación de la peligrosidad de acuerdo con las frases R en función de las categorías establecidas en los etiquetados de los agentes químicos.
- En la variable 2 se identificó el punto de ebullición y temperatura en que se utiliza para determinar su tendencia para pasar el ambiente.
- En la variable 3 se buscó identificar la cantidad de sustancia utilizada en el proceso que se desarrolla.

Para la evaluacion del riesgo químico por inhalación se tendrán en consideración los siguientes aspectos del Modelo “COSHH Essentials” – Riesgos por inhalación

Etapas del modelo COSHH Essentials



- **Variable 1: Peligrosidad según frases R.-** Se establecen 5 categorías según etiquetado.

Tabla 4.- *Frases R de agentes químicos*

A	B	C	D	E
R36 R36/38 R36	R20 R20/21 R20/21/22 R20/22	R23 R23/24 R23/24/25 R23/25	R26 R26/27 R26/27/28 R26/28	R40 (M3)
				R42 R42/43
R65 R67				R45
	R21 R21/22	R25	R27 R27/28	R46
		R34		R49
	R22	R35	R28	R68 (M3)
		R36/37 R36/37/38	R40 (C3)	
		R37 R37/38	R48/23 R48/23/24 R48/23/24/25 R48/23/25 R48/24 R48/24/25 R48/25	
		R41		
		R43		
		R48/20 R48/20/21 R48/20/21/22 R48/20/22 R48/21/22 R48/22	R60 R61 R62 R63 R64	

Fuente: Modelo "COSHH Essentials"

- **Variable 2: Tendencia a pasar el ambiente.-** Para los líquidos se determina a partir de la volatilidad teniendo en cuenta el punto de ebullición y la temperatura de utilización, mientras que para los sólidos se considera su capacidad pulvígena a partir de la forma en que se manipulan.

Para líquidos

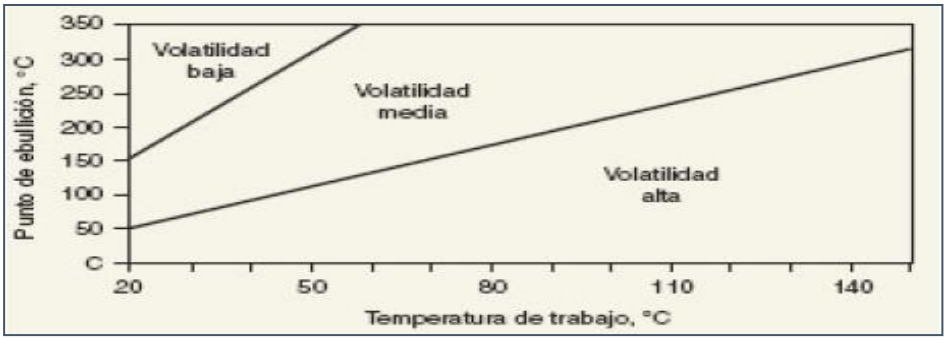


Figura 1.- Identificación de volatilidad de agentes químicos

Para sólidos

Tabla 5.- *Determinación de cantidad de sistancia en agentes químicos sólidos*

Baja	Media	Alta
Sustancias en forma de granza (pellets) que no tienen tendencia a romperse. No se aprecia polvo durante su manipulación	Sólidos granulares o cristalinos. Se produce polvo durante su manipulación, que se deposita rápidamente, pudiéndose observar sobre las superficies adyacentes	Polvos finos y de baja densidad. Al usarlos se observan nubes de polvo que permanecen en suspensión varios minutos

Fuente: Modelo "COSHH Essentials"

- **Variable 3: Cantidad de sustancia utilizada.-** La cantidad de sustancia empleada se clasifica en pequeña, grande o mediana según los siguientes criterios.

Tabla 6.- *Determinación de cantidad de sistancia en agentes químicos líquidos*

Cantidad de sustancia	Cantidad empleada por operación
Pequeña	Gramos o mililitros
Mediana	Kilogramos o litros
Grande	Toneladas o metros cúbicos

2.4.3 Identificación y evaluación de riesgos químicos por contacto con la piel

Para determinar el nivel de riesgo por contacto con la piel, se tomó en consideración al método simplificado del Instituto Nacional de Investigación y Seguridad (INRS) que evalúa la absorción de químicos por vía dérmica (INSHT, 2011). Esta evaluación se realizó por medio de tres elementos de análisis como el peligro, cuanta superficie del cuerpo se expone y cuál es la frecuencia de la exposición de los trabajadores.

La evaluación siguió los siguientes pasos o fases:

- Determinación y puntuación de la clase de peligro.- En este caso se buscó contar con información de las hojas de seguridad que se tenga en la planta de tratamiento de Agua Potable EPMAPSE, respecto de los agentes químicos que se presentan en el proceso de potabilización del agua.

Tabla 7.- *Tabla de puntuación de peligro*

CLASE DE PELIGRO	PUNTUACIÓN DE PELIGRO
5	10.000
4	1.000
3	100
2	10
1	1

Fuente: Modelo "COSHH Essentials"

- Determinación de la puntuación por superficie expuesta.- Tomando en consideración los parámetros del método, se verificó cuantas partes del cuerpo es exponen a los riesgos en el proceso de potabilización del agua.

Tabla 8.- *Puntuación por superficie expuesta*

SUPERFICIES EXPUESTAS	PUNTUACIÓN DE SUPERFICIE
Una mano	1
Dos manos / Una mano + antebrazo	2
Dos manos + antebrazo / Brazo completo	3
Superficie comprende miembros superiores y torso y/o pelvis y/o las piernas	10

Fuente: Modelo "COSHH Essentials"

- Determinación de la puntuación por frecuencia de exposición.- Se buscó determinar los tiempos en los que los trabajadores se exponen a los agentes químicos presentes en el proceso de potabilización del agua.

Tabla 9.- *Puntuación por frecuencia de exposición*

FRECUENCIA DE EXPOSICIÓN	PUNTUACIÓN DE FRECUENCIA
Ocasional: < 30 min/día	1
Intermitente: 30 min – 2h/día	2
Frecuente: 2h – 6h/día	5
Permanente: > 6h/día	10

Fuente: Modelo "COSHH Essentials"

- Cálculo de la puntuación.- Para calcular la puntuación final de la evaluación de riesgo por contacto con la piel, se aplicó la siguiente fórmula:

  P_{piel} = puntuación peligro * puntuación superficie * puntuación frecuencia

La evaluación de riesgo se realiza a través de tres variables:

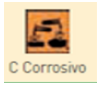


Figura 2.- Método del INRS para evaluar riesgos por contacto con la piel
Fuente: Modelo "COSHH Essentials"

Del mismo modo, se establece la puntuación de peligro que surge de la identificación del factor de riesgo en la tabla de clasificación de agentes químicos y sus peligros, como se presenta en la tabla 10.

Tabla 10.- *Tabla de clasificación de agentes químicos*

Clases de peligro	Factores de riesgo	Pictogra-ma	VLAs mg/m^3	Naturaleza del agente químico
1	Ninguno	Ninguno	> 100	
2	R36,R37,R38,R36/37,R36/38,R36/37/38,R37/38	 Xi Irritante	10 – 100	Hierro/Cereral y derivados/Grafito/Material de construcción/Talco/Cemento/Composites/Madera de combustión tratada/Soldadura/Metal/Plástico/ Vulcanización/Material vegetal/animal
3	R20,R21,R22, R20/21,R20/22,R20/21/22,R21/22,R33,R34,R40,R42,R43,R42/43,R68/20,R68/21,R68/22,R68/20/21,R68/20/22,R68/21/22,R68/20/21/22,R48/20,R48/21,R48/22,R48/20/21,R48/20/22,R48/21/22,R48/20/21/22,R62,R63,R64,R65, R67,R68	 Xn Nocivo  C Corrosivo	1 - < 10	Soldadura inox/Fibras cerámicas-vegetales/Pinturas de plomo/Muelas/Arena/Aceites de corte y refrigerantes
4	R15/29,R23,R24,R25,R29,R31,R23/24,R23/25,R24/25,R23/24/25,R35,R39/23,R39/24,R39/25,R39/23/24,R39/23/25,R39/24/25,R39/23/24/25, R41,R45,R46,R49,R48/23,R	 T Tóxico	>0,1 - <1	Madera y derivados/Plomo metálico/Amianto y materiales que lo contienen/Fundición y afdinaje de plomo/Betunes y breas/Gasolina (carburante)

	48/24,R48/25,R48/23/24,R48/23/25,R48/24/25,R48/23/24/25,R60,R61			
5	R26,R27,R28,R32,R26/27,R26/28,R27/28,R26/27/28,R39/26,R39/27,R39/28,R39/26/27,R39/26/28,R39/27/28,R39/26/27/28		< 0,1	

Fuente: Modelo “COSHH Essentials”

Finalmente, la caracterización de los riesgos por contacto con la piel, tendrán como referencia la siguiente clasificación mostrada en la tabla 11:

Tabla 11.- *Caracterización de riesgo*

Puntuación del riesgo (Peligro X superficie X frecuencia)	Prioridad en acción	Caracterización del riesgo
> 1.000	1	Riesgo probable muy elevado (medidas correctoras inmediatas)
100 – 1.000	2	Riesgo moderado. Es probable que necesite medidas correctivas y una evaluación más detallada.
< 100	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)

2.5 Recolección y análisis de datos

Para el proceso de recolección y análisis de datos se siguieron los siguientes procesos:

- Se realizaron visitas a las instalaciones de la Planta de Tratamiento de Agua Potable para comunicar a los sujetos involucrados, los objetivos de la investigación.
- Se elaboraron los instrumentos de recolección de información de acuerdo al método COSHH Essentials y el método simplificado INRS que evalúa la absorción de químicos por vía dérmica.
- Se realizó el proceso de recolección de datos en la planta, ubicando con trabajadores y expertos, donde y de qué forma se utilizan los agentes químicos.

- Los resultados obtenidos fueron procesados en herramientas informáticas como el Microsoft Excel y Microsoft Word, en los que se llenaron según los requerimientos de los métodos aplicados.

- Se presentaron los resultados dentro de tablas y gráficos en el informe final de investigación.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

La investigación tuvo como propósito principal, valorar los riesgos químicos en la producción de agua potable de la planta de tratamiento de agua de la Empresa Pública Mancomunada de Agua Potable y Saneamiento de Esmeraldas. Para el logro de este objetivo se realizó la identificación de los riesgos químicos presentes en el proceso de potabilización, la medición de los riesgos identificados y finalmente jerarquizarlos.

Para la obtención de resultados se aplicaron los métodos de evaluación de riesgos químicos por contacto con la piel se tomó en consideración al método simplificado INRS que evalúa la absorción de químicos por vía dérmica, mientras que para los riesgos por inhalación se aplicó el método COSHH Essentials, utilizando la norma NTP 750.

3.1. Riesgos químicos identificados en la producción de agua potable

El trabajo de campo permitió mantener contacto con los responsables del proceso de tratamiento de agua potable en la planta de San Mateo. Se identificaron tres agentes químicos que podrían causar riesgos en el proceso de potabilización: cloro gas, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio, los que se detallan en el siguiente resumen.

Agente químico: Cloro gas

Tabla 12.- *Hoja de seguridad – Cloro gas*

HOJA DE SEGURIDAD DE AGENTES QUÍMICOS **PRODUCTO**: CLORO GAS	
PLANTA DE AGUA POTABLE SAN MATEO	
PROCESO: POTABILIZACIÓN DEL AGUA	
IDENTIFICIÓN DEL AGENTE QUÍMICO	
Nombre comercial:	Cloro gas licuado
Nombre químico:	Cloro gas
Fórmula química:	Cl_2
Número CAS:	7785-50-5
IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS	

Clasificación SGA de sustancia / mezcla	▪ Mortal si se inhala y en caso de ingestión ▪ Contiene gas a presión, puede explotar si se calienta ▪ Mortal en caso de ingestión o penetración en las vías respiratorias ▪ Muy tóxico para los oragnismos acuáticos ▪ Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares
▪ Inhalación: El cloro gaseoso es extremadamente irritante de la membrana mucosa del sistema respiratorio, produce nauseas, dolores de cabeza y bloqueo del sistema nervioso. En altas concentraciones la dificultad de respiración aumenta al punto de muerte por sofocación o neumonía química. ▪ Ingestión: Cloro líquido vaporiza a gas por lo que no es posible ingerirlo. ▪ Contacto con la piel: Cloro líquido en contacto con la piel provoca irritaciones y quemaduras locales. ▪ Contacto con los ojos: Cloro líquido o gaseoso en altas concentraciones provoca visión borrosa, enrojecimiento, dolor y severa quemadura del tejido ocular, causa ceguera. ▪ Exposición crónica: Baja concentración de cloro gaseoso en el aire produce ligeros síntomas irritantes después de horas de exposición. Exámenes de personas expuestas en tales condiciones no muestran efectos crónicos.	
PRIMEROS AUXILIOS	
▪ Inhalación: Lleve al accidentado a un lugar seguro con aire fresco. Si no respira, dé respiración artificial. Si la respiración es dificultosa, dé oxígeno. Abrigue al paciente. Si ocurre vómito, mantenga la cabeza y el tronco hacia abajo para prevenir la aspiración y mantener las vías respiratorias libres; si la persona está inconsciente, coloque la cabeza de lado. Llame al médico inmediatamente. ▪ Ingestión: No aplicable. ▪ Ojos: Lavarse con abundante agua por 15 minutos mínimo, levantando ocasionalmente el párpado inferior y superior hasta eliminar el remanente de cloro. ▪ Piel: Lavarla con mucho agua por 15 minutos, retirando las ropas contaminadas. Lave la piel con agua y jabón y nunca con neutralizantes químicos. No aplique pomadas.	

Nota: Elaboración propia a partir de Quimpac (2019)

Agente químico: Hipoclorito de calcio

Tabla 13.- *Hoja de seguridad – Hipoclorito de calcio*

HOJA DE SEGURIDAD DE AGENTES QUÍMICOS **PRODUCTO**: HIPOCLORITO DE CALCIO
PLANTA DE AGUA POTABLE SAN MATEO
PROCESO: POTABILIZACIÓN DEL AGUA
IDENTIFICIÓN DEL AGENTE QUÍMICO

Nombre comercial:	Cloro granulado
Nombre químico:	Hipoclorito de calcio
Fórmula química:	$Ca\ (CIO)_2$
Número CAS:	7778-54-3
IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS	
Clasificación SGA de sustancia / mezcla	▪ Provoca irritaciones cutáneas y oculares graves ▪ Puede provocar daños en los órganos (sistema nervioso central, hígado y urinarios)
▪ Inhalación: Destruye las mucosas y el tracto respiratorio superior, los síntomas pueden incluir sensación de quemadura, tos, dolor de cabeza, respiración dificultosa, náusea, vómito. Finalmente puede resultar una neumonitis química y edema pulmonar.. ▪ Ingestión: Puede causar una severa corrosión en la boca, garganta y estómago. Otros síntomas incluyen vómito, colapso circulatorio, confusión, coma y hasta la muerte. Puede causar edema en la faringe, glotis y laringe y perforación del esófago y el estómago. ▪ Contacto con la piel: Puede causar enrojecimiento, dolor y severa quemadura con presencia deampollas. ▪ Contacto con los ojos: El contacto puede causar visión borrosa, enrojecimiento, dolor y quemadura del tejido ocular.	
PRIMEROS AUXILIOS	
▪ Inhalación: Mueva a la víctima a donde se respire aire fresco. Aplique respiración artificial si la víctima no respira, preferiblemente boca a boca. Suministre oxígeno si respira con dificultad. Mantenga a la víctima en reposo y con temperatura corporal normal. Obtenga atención médica inmediata. ▪ Ingestión: Si el paciente está completamente consiente dele a beber grandes cantidades de agua, y después cualquier aceite vegetal. No induzca el vómito. Si el paciente está inconsciente, o tiene convulsiones, llévele inmediatamente al hospital. No intente inducir al vomito o dar algo por la vía oral a una persona que este inconsciente. ▪ Contacto con los ojos: Lave inmediatamente los ojos con agua en abundancia durante mínimo 20 minutos, manteniendo los ojos abiertos. Acuda inmediatamente al médico. ▪ Contacto con la piel: Lave inmediatamente con gran cantidad de agua, use jabón si hay disponible. Quite la ropa contaminada incluyendo zapatos, una vez que se ha comenzado el lavado. Lave la ropa antes de rehusar. Procure atención médica si la irritación persiste.	

Nota: Elaboración propia a partir de Quimpac (2019)

Agente químico: Ploricloruro de aluminio

Tabla 14.- *Hoja de seguridad – Ploricloruro de aluminio*

HOJA DE SEGURIDAD DE AGENTES QUÍMICOS **PRODUCTO**: PLORICLORURO DE ALUMINIO	
PLANTA DE AGUA POTABLE SAN MATEO	
PROCESO: POTABILIZACIÓN DE AGUA	
IDENTIFICIÓN DEL AGENTE QUÍMICO	
Nombre comercial:	Ploricloruro de aluminio
Nombre químico:	Policloruro de aluminio
Fórmula química:	$Al_2 (OH)_3 Cl$, $Al_2 (OH)_3 Cl_3$
Número CAS:	1327-41-9
IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS	
Clasificación SGA de sustancia / mezcla	▪ Provoca irritaciones cutáneas y oculares graves ▪ De ser ingerido causa irritación gastrointestinal, nauseas, vómito
▪ Inhalación: Produce dolor en el pecho, tos, dificultad para respirar, dolor de garganta. ▪ Ingestión: Causa irritación gastrointestinal, náuseas y vómito. ▪ Contacto con la piel: Corrosivo, produce ligera irritación o enrojecimiento. ▪ Contacto con los ojos: Produce ardor, irritación y enrojecimiento.	
PRIMEROS AUXILIOS	
▪ Inhalación: Lleve la víctima a un sitio confortable, ventilado y fresco. Lavar nariz y boca con agua abundante y mantener en reposo y abrigado. Si no respira de respiración artificial, si su respiración es dificultosa suministre oxigeno. Consultar al médico lo más pronto posible. ▪ Ingestión: Si la víctima esta consiente y alerta déle a beber agua o leche. No induzca al vomito. Consultar al médico lo más pronto posible. Nunca suministre algo por la boca si la persona esta inconsciente o convulsionando. En caso de vomito disponer a la persona de costado. ▪ Contacto con los ojos: Lave los ojos inmediatamente con agua corriente por un mínimo de 15 minutos. Mantenga los párpados abiertos durante el enjuague y gire los ojos. Si persiste la irritación, repita el lavado. Remita al medico inmediatamente. ▪ Contacto con la piel: Lave de inmediato con abundante agua, bajo la ducha remueva la ropa contaminada y zapatos, se debe continuar con el lavado con agua y jabón durante 15 minutos. Si la irritación u enrojecimiento persiste acudir al medico.	

Nota: Elaboración propia a partir de Labintef (2019)

3.2. Medición de riesgos químicos identificados en la producción de agua potable

3.2.1 Riesgos químicos por inhalación

Para la determinación del nivel de riesgo se siguió el siguiente proceso:

Inicialmente se identificaron las Frases R de cada agente químico establecidas en el modelo COSHH Essentials (tabla 4). En el presente caso, los agentes químicos identificados fueron Cloro gas, Hipoclorito de calcio y Policloruro de aluminio, que son elementos contenidos en el grupo B de las Frases R 20/21/22, considerados nocivos por inhalación, contacto con la piel y por ingestión.

Luego, se estableció la volatilidad o tendencia que tienen los agentes químicos para pasar al ambiente (figura 1). De acuerdo con el punto de ebullición de los agentes químicos, se obtuvieron los siguientes resultados:

- ✓ Cloro gas: Alta volatilidad
- ✓ Hipoclorito de calcio: Media pulverulencia
- ✓ Policloruro de aluminio: Media volatilidad

Finalmente se identificó la cantidad de sustancia utilizada (tabla 6). Según los resultados obtenidos, los agentes químicos Cloro gas, Hipoclorito de calcio y Policloruro de aluminio son usados en medianas cantidades.

Los datos descritos anteriormente se resumen en la tabla 15.

Determinación del nivel de riesgo

Tabla 15.- *Determinación del nivel de riesgo*

GRADO DE PELIGROSIDAD	**VOLATILIDAD / PULVERULENCIA**				
	Cantidad usada	**Baja volatilidad o pulverulencia**	**Media volatilidad**	**Media pulverulencia**	**Alta volatilidad o pulverulencia**
A	Pequeña	1	1	1	1
	Mediana	1	1	1	2
	Grande	1	1	2	2
B	Pequeña	1	1	1	1
	Mediana	1	2	2	2
	Grande	1	2	3	3
C	Pequeña	1	2	1	2
	Mediana	2	**3**	3	3
	Grande	2	4	4	4
D	Pequeña	2	3	2	3
	Mediana	3	4	4	4
	Grande	3	4	4	4
E	En todas las situaciones con sustancias de este grado de peligrosidad, se considerará que el nivel de riesgo es 4				

NIVEL DE PELIGROSIDAD		
A	B	C
Irritantes de la piel o los ojos y los que no tengan asignadas frases R de los otros grupos, para cualquier pulverulencia o volatilidad.	Nocivos por inhalación, contacto dérmico o ingestión, para cualquier pulverulencia o volatilidad.	Tóxicos por inhalación, ingestión o contacto con la piel, irritantes de las vías respiratorias, para volatilidad baja o pulverulencia baja o media.

El Cloro gas se identifica con el color amarillo, el Hipoclorito de calcio con el color azul y el Policloruro de aluminio con el color verde, como se muestra en la tabla 13

Los resultados obtenidos en la determinación del nivel de riesgos permite resumir lo siguiente:

- En el caso del agente químico cloro gas (amarillo), a pesar de tener una volatilidad alta, la cantidad en la que se usa es mediana, derivando en la calificación de un nivel de riesgo 2. Ante estos datos, las acciones a efectuar en la planta, deben orientarse a un mejor control de la ingeniería que se aplica al proceso de potabilización del agua.

- Respecto al hipoclorito de calcio (azul), presenta una volatilidad media y su cantidad de uso es mediana, derivando en la calificación de un nivel de riesgo 2. En este caso las acciones a efectuar dentro de la planta, también se deben orientar a un mejor control de la ingeniería en el proceso de potabilización del agua.

- En torno al agente químico policloruro de aluminio (verde), su volatilidad es media y la cantidad de uso mediana. Ante estos datos se puede considerar un nivel de riesgo 2, por lo que las acciones a efectuar dentro de la planta, deben orientarse a un mejor control de la ingeniería que se aplica para el proceso productivo.

Las consideraciones expuestas anteriormente, se exponen en la tabla 16.

Tabla de evaluación de riesgo por inhalación en planta de agua potable

Tabla 16.- *Tabla de evaluación de riesgo por inhalación*

Operación	Tarea	Nombre del agente	Frases R	Peligrosidad Tabla 1	Volatilidad / Pulverulencia Fig. 1 o Tabla 2	Cantidad Tabla 3	Nivel de riesgo Tabla 4
Potabilización de agua	Post-cloración	Cloro gas	R20/21/22	B	Alta	Mediana	2
Potabilización de agua	Pre-cloración	Hipoclorito de calcio	R20/21/22	B	Media	Mediana	2
Potabilización de agua	Coagulación	Policloruro de aluminio	R20/21/22	B	Media	Mediana	2

El Cloro gas se identifica con el color amarillo, el Hipoclorito de calcio con el color azul y el Policloruro de aluminio con el color verde.

3.2.2 Riesgos por contacto con la piel

Determinación y puntuación de la clase de peligro

Para la determinación de la clase de peligro se necesita recopilar la información en base a la hoja de seguridad MSDS de los diferentes químicos que se presentan en el proceso, para lograr el análisis, con información que posibilita establecer los parámetros necesarios para el presente estudio.

Fue necesario determinar preliminarmente la clase de peligro, derivada de varios aspectos y características de los agentes químicos. Se tuvieron en consideración los siguientes parámetros:

- El Nº de CAS, Frases R, VLA-ED, el estado y la temperatura de ebullición están previamente definidas en las hojas de seguridad.
- La cantidad de operación y la frecuencia de uso están determinadas por los procesos operativos de la planta de potabilización de agua.

En el proceso productivo se han determinado tres agentes químicos, los que cuentan con la siguiente información detallada en la tabla 17.

Determinación de la clase de peligro

Tabla 17.- *Tabla de evaluación de riesgo por inhalación*

PROCESO	AGENTE QUÍMICO	Nº de CAS	FRASES R	VLA-ED	CANTIDAD DE OPERACIÓN	FRECUENCIA DE USO	ESTADO	Tº DE EBULLICIÓN
Potabilización del agua	Cloro gas	7782-50-5	R20/21/22	1,5 mg/m^3	8kg/h	24h	Gaseso	-34.05°C
	Hipoclorito de calcio	7778-54-3	R20/21/22	1,5 mg/m^3	2.81Kg/h	24h	Sólido	175 ºC
	Policloruro de aluminio	1327-41-9	R20/21/22	2 mg/m^3	54L/h	24h	Líquido	110-120°C

Luego de la identificación de la clase de peligro según la clasificación de agentes químicos que se presenta al inicio del instrumento, se establece la puntuación de peligro que surge de la identificación del factor de riesgo en la tabla de clasificación de agentes químicos y sus peligros (Tabla 10).

Como se había mencionado antertiormente, los agentes químicos Cloro gas, Hipoclorito de calcio y Policloruro de aluminio son elementos que se agrupan en el grupo B de las Frases R 20/21/22, razón por lo que su clase de peligro se ubica en el número 3.

Después de esta identificación se procede a determinar el resultado del análisis de puntuación de peligro. En consecuencia, la clase de peligro y puntuación de peligro son tomados de la tabla 7 y se presentan a continuación en la tabla 18.

Tabla 18.- *Resultado del análisis de puntuación*

PROCESO	AGENTE QUÍMICO	FRASES R	CLASE DE PELIGRO	PUNTUACIÓN DE PELIGRO
Potabilización del agua	Cloro gas	R20/21/22	3	100
	Hipoclorito de calcio	R20/21/22	3	100
	Policloruro de aluminio	R20/21/22	3	100

- **Determinación de la puntuación por superficie expuesta**

Para la determinación de las clases de superficie expuesta se toman en consideración los datos obtenidos en el trabajo de campo, sobre cuáles son las superficies que se exponen a los agentes químicos en la potabilización del agua. Según las respuestas de los trabajadores de la planta, en sus labores cotidianas y su exposición a agentes, utilizan las dos manos o en casos, una mano y el antebrazo, es decir tiene una puntuación de 2. Los datos son tomados según los parámetros establecidos en la tabla 8.

Luego de identificar la puntuación de superficie se presentan los siguientes datos sobre las superficies expuestas, en los que se detallan por agentes químicos en específico, la puntuación de superficie se presenta en la tabla 19 y es la siguiente:

Tabla 19.- *Resultados de puntuación por superficie expuesta*

PROCESO	AGENTE QUÍMICO	FRASES R	SUPERFICIES EXPUESTAS	PUNTUACIÓN DE SUPERFICIE
Potabilización del agua	Cloro gas	R20/21/22	Dos manos / Una mano + antebrazo	2
	Hipoclorito de calcio	R20/21/22	Dos manos / Una mano + antebrazo	2
	Policloruro de aluminio	R20/21/22	Dos manos / Una mano + antebrazo	2

Determinación de la puntuación por frecuencia de exposición

Según las respuestas de los trabajadores de la planta, en sus labores cotidianas y su exposición a agentes, los tiempos en los que se exponen a los agentes químicos va entre los 30 minutos y 2 horas al día, es decir tiene una puntuación de frecuencia de 2, como se referenció anteriormente en la tabla 9.

Luego de identificar la puntuación de frecuencia se presentan los siguientes datos sobre las frecuencias de exposición, en los que se detallan por agentes químicos en específico. La puntuación de frecuencia se muestra en la tabla 20.

Tabla 20.- *Resultados de frecuencia de exposición*

PROCESO	AGENTE QUÍMICO	FRASES R	FRECUENCIA EXPOSICIÓN	PUNTUACIÓN DE FRECUENCIA
Potabilización del agua	Cloro gas	R20/21/22	Intermitente	2
	Hipoclorito de calcio	R20/21/22	Intermitente	2
	Clorhidrato de aluminio	R20/21/22	Intermitente	2

Cálculo de la puntuación

Toda vez que se han determinado la puntuación de peligro, de superficie expuesta y de frecuencia de exposición, se realiza el cálculo de la puntuación de riesgo por contacto o absorción de la piel.

Para los tres agentes químicos evaluados, la puntuación de peligro es 100, considerada según los datos del modelo de evaluación que se presenta en la tabla 7. En el caso de la puntuación de superficie expuesta, el trabajo de campo permitió establecer que los trabajadores exponen en ocasiones dos manos o una mano y antebrazo en el desarrollo de las actividades en las que existen agentes químicos, razón por la que se ubica con la calificación 2 expuesta en la tabla 17.

En lo que respecta a la puntuación de frecuencia, los tres agentes químicos evaluados tienen una frecuencia de exposición intermitente, por lo que su puntuación de frecuencia expuesta es de 2 y surge de la tabla 18.

Finalmente, la puntuación de riesgo por contacto surge de la multiplicación de la puntuación de peligro, puntuación de superficie y puntuación de frecuencia. Los resultados del cálculo descrito anteriormente, fueron de 400 para los tres agentes químicos identificados, razón por la que se ubica en un riesgo moderado que va en una puntuación de entre 100 y 1000. El resumen de los datos se presentan en la tabla 21.

Cálculo de las puntuaciones obtenidas

Tabla 21.- *Puntuación obtenidas de la evaluación de riesgos por contacto con la piel*

Proceso	**Agente Químico**	**Puntuación de peligro**	**Puntuación de superficie**	**Puntuación de frecuencia**	**Puntuación del riesgo por contacto por AQ**	**Caracterización del riesgo**
Potabilización del agua	Cloro gas	100	2	2	400	100 – 1000 Riesgo moderado
	Hipoclorito de calcio	100	2	2	400	100 – 1000 Riesgo moderado
	Policloruro de aluminio	100	2	2	400	100 – 1000 Riesgo moderado

Caracterización del riesgo por contacto con la piel

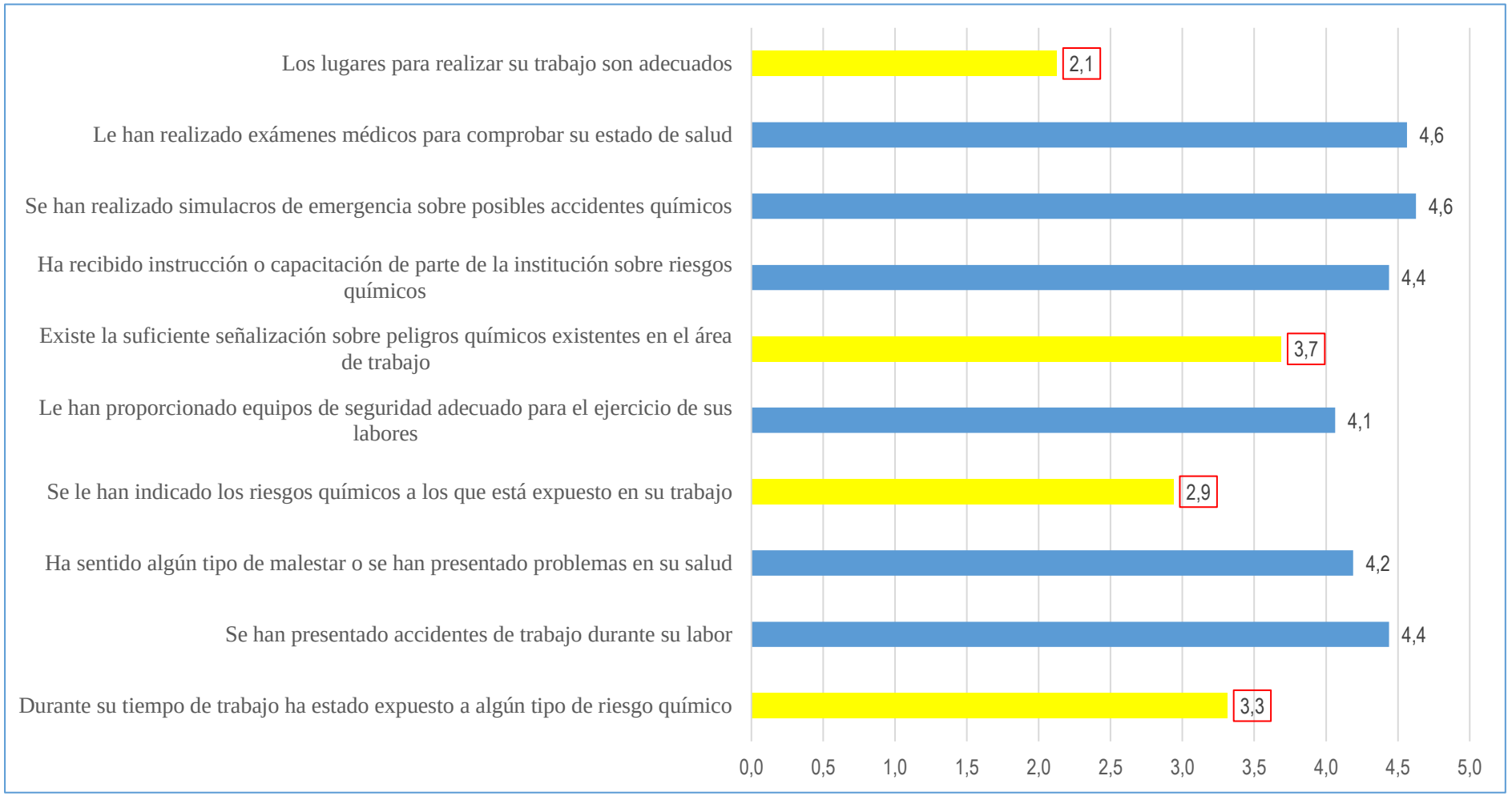
De acuerdo con los datos obtenidos en la tabla 19, se pudo evidenciar que los tres agentes químicos evaluados, presentaron una puntuación de 400, lo que los ubica en el rango número 2 de la caracterización de riesgo, estableciéndolo como un riesgo moderado, en el que se necesitan medidas correctivas para evitar accidentes laborales posteriores.

3.3. Percepción de trabajadores sobre riesgos químicos en la planta de potabilización de agua

Se realizó una encuesta para conocer el criterio de trabajadores de la planta procesadora de agua potable en San Mateo, respecto a situaciones como reconocimiento de riesgos, equipos de protección, niveles de exposición, medidas preventivas, señalización, atención médica, entre otros.

De acuerdo con lo expuesto, la media considerada aceptable sería la calificación de 4 que presenta un poco aparición de riesgos dentro del trabajo. Los resultados obtenidos se presentan en la figura 5.

Figura 3.- Percepción de trabajadores sobre riesgos químicos



Fuente: Encuesta a trabajadores

Según los resultados expuestos, se obtuvo una media general de 3.8 considerada menor a 4 que se ha considerado como el promedio aceptable para este análisis. De acuerdo con estos datos, se evidencia la presentación de algunas situaciones de riesgo para los trabajadores de la planta procesadora de agua potable.

En términos específicos, al evaluar si durante las actividades laborales se han presentado exposiciones a riesgos químicos, la media obtenida fue de 3.3, considerado menor al promedio aceptable, lo que permite considerar que en varias ocasiones se han presentado riesgos en el desempeño de las labores.

Otro de los aspectos que presentó deficiencias fue el hecho de que los trabajadores no han recibido indicaciones en los que se les explique detalladamente cuáles son los riesgos químicos a los que se expone en sus labores cotidianas; la media obtenida fue de 2.9, valor mucho mejor al promedio aceptable de 4.

Con una media de 3.7, el aspecto de la señalización de los agentes químicos presenta deficiencias, debido a que no en todos los productos de riesgo químico se encuentran etiquetas que adviertan a los trabajadores sobre los peligros.

Finalmente, el promedio más bajo de calificación fue 2.1 en el aspecto referente a la buena condición de los lugares de trabajo. Como se evidencia, en los entornos en donde se realiza la gestión laboral diaria, existen dificultades para que los trabajadores desempeñen una eficiente labor.

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN

De acuerdo con Paredes y Millán (2017), el riesgo químico es aquel riesgo susceptible de ser producido por una exposición no controlada a agentes químicos la cual puede producir efectos agudos o crónicos y la aparición de enfermedades.

La presente investigación fue realizada con la finalidad de valorar riesgos químicos en la producción de agua potable de la planta de tratamiento de agua de la Empresa Pública Mancomunada de Agua Potable y Saneamiento de Esmeraldas. Para el logro de este propósito se plantearon objetivos específicos como la identificación, medición y jerarquización de los riesgos químicos que se presentan en este proceso operativo.

Según Romero (2017) los procesos de potabilización son muy variados y dependen específicamente de la procedencia del agua. Puede realizarse una simple desinfección para eliminar los patógenos mediante la adición de cloro, la irradiación de rayos ultravioletas, la aplicación de ozono, entre otros. En la presente investigación se visitó la planta de potabilización de agua potable de la EPMAPSE, ubicada en la parroquia San Mateo de la ciudad de Esmeraldas, para identificar y evaluar los procesos ejecutados para obtener el agua potable, siendo los evaluados los procesos de floculación, filtración y desinfección o cloración.

El primer objetivo específico se orientó a identificar los riesgos químicos presentes en la producción de agua potable de la planta de tratamiento de agua de la Empresa Pública Mancomunada de Agua Potable y Saneamiento de Esmeraldas. En torno a este propósito, es importante poner a consideración los resultados del estudio de Ibarra (2018) en donde se evidencia que los agentes químicos que presentan mayor peligrosidad en una planta de agua potable en Santiago de Chile, son el sulfato de aluminio, hipoclorito de calcio y cloruro férrico en las etapas de coagulación, cloro en la desinfección y flúor en la etapa de fluoración.

Comparando los datos expuestos de Ibarra (2018) con los resultados de la presente investigación, se pudieron identificar tres agentes de riesgo químico dentro de la planta de procesamiento de agua potable de la Empresa Pública Mancomunada de Agua Potable

y Saneamiento de Esmeraldas. El cloro gas, cuyas características muestran que es un agente químico considerado mortal si entra al organismo, tanto por inhalación como por ingestión, contiene gas a presión y puede explotar si se calienta. Se identificó también el hipoclorito de calcio, mismo que podría provocar irritaciones cutáneas y oculares de gravedad, y daños en órganos como hígado, sistema nervioso y urinario. También se identificó el policloruro de aluminio, que podría causar dolor en el pecho, tos, dificultad para respirar, dolor de garganta, causa irritación gastrointestinal, irritación, ardor y enrojecimiento de la piel.

Los agentes químicos detallados anteriormente, de acuerdo con Verdugo (2018), pueden generar o desprender humos, gases, vapores, polvos o fibras de naturaleza peligrosa, ya sea explosiva, inflamable, tóxica, infecciosa, radiactiva, corrosiva o irritante en cantidad que tengan probabilidad de causar lesiones y daños a personas, instalaciones o medio ambiente.

El segundo objetivo específico se orientó a medir los posibles riesgos químicos presentes en la producción de agua potable de la planta de tratamiento de agua de la Empresa Pública Mancomunada de Agua Potable y Saneamiento de Esmeraldas. Los resultados de la presente investigación permitieron evidenciar que, en la evaluación por inhalación, el agente químico cloro gas, a pesar de tener una volatilidad alta, su cantidad de uso es mediana, y su nivel de riesgo 2. El hipoclorito de calcio presenta una volatilidad media y su cantidad de uso es mediana, lo que se traduce en un nivel de riesgo 2. En el caso del policloruro de aluminio, su volatilidad es media y la cantidad de uso mediana. Ante estos datos se puede considerar un nivel de riesgo 2. En los tres casos, se deben plantear acciones que se orienten a un mejor control de la ingeniería que se aplica al proceso productivo. En el caso de la evaluación por contacto con la piel, la evaluación permitió evidenciar que, tanto el cloro gas, el hipoclorito de calcio y el policloruro de aluminio se encuentran en un nivel comprendido entre 100 y 1000, considerado como un riesgo moderado.

Comparando los datos de la investigación con los criterios de Luna (2019), se puede establecer que, debido a que los niveles de riesgo son medios y bajos, tan solo requieren del establecimiento de acciones para un mejor control de ingeniería. Según los criterios del autor Lima, la exposición a bajas concentraciones de agentes químicos como el cloro

de gas, hipoclorito de calcio y policloruro de aluminio, tiene pocas afectaciones inicialmente, pero con el transcurso del tiempo y si no se realizan correcciones de los procesos, podrían generar afectaciones que se vuelvan crónicas y difíciles de tratar.

El tercer objetivo específico se orientó a conocer la percepción de los trabajadores sobre los riesgos químicos presentes en la producción de agua potable de la planta de tratamiento de agua de la Empresa Pública Mancomunada de Agua Potable y Saneamiento de Esmeraldas, a partir de los criterios de los trabajadores de la planta. En este sentido, resulta importante poner a consideración los resultados del estudio de Verdugo (2018) en los que se determina que en la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado EMAPAT-EP de la ciudad de Cuenca, no existe un archivo con las hojas de seguridad para las sustancias químicas a más de no contar con etiquetas de las normas INEN 2266 que se aplica en estas sustancias.

En este contexto, los resultados de la presente investigación evidenciaron que, con una media de 3.7, un valor menor al promedio aceptable, varios de los agentes químicos presentes en el proceso de potabilización del agua no tienen etiquetas de acuerdo a las normas de seguridad requeridas, lo que no permite a los trabajadores, advertir los peligros en la manipulación de los agentes. En torno a esta condición, Yarto et al. (2003) consideran que el etiquetado de los productos químicos es un requerimiento esencial e indispensable en lugares donde son manipulados, ya que previenen a los trabajadores de peligros que no pueden identificarse a simple vista.

En el mismo orden de ideas, en el estudio de Luna (2019) se evidenció que los trabajadores de la empresa municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Ibarra EMAPA-I, al momento de efectuar sus labores en la planta, tienen exceso de confianza, descuido en la dosificación, no se han indicado los riesgos químicos, falta de capacitación, poco uso de equipos de protección y deficiencias en el control de fugas. Relacionando estos datos con los resultados de la presente investigación, se puede considerar que en los procesos de potabilización de agua en la planta de tratamiento de agua de la EPMAPSE, una media de 3.3 muestra que los trabajadores están expuestos a riesgos químicos en varios procesos, una media de 2.9 evidencia que no se le han indicado claramente los riesgos químicos a los que se exponen y una media de 2.1 evidencia que los lugares en los que se realiza el trabajo, no son totalmente adecuados.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Dentro del proceso de potabilización de agua en la planta de la Empresa Pública Mancomunada de Agua Potable y Saneamiento de Esmeraldas, se identificaron tres agentes químicos, el cloro gas, cuyas características muestran que es un agente químico considerado mortal si entra al organismo, tanto por inhalación como por ingestión. El hipoclorito de calcio, que podría provocar irritaciones cutáneas y oculares de gravedad, y daños en órganos como hígado, sistema nervioso y urinario y, por último, el ploricloruro de aluminio; que por contacto con la piel, causa irritacion, ardor y enrojecimiento.

- La medición de los riesgos identificados permitió evidenciar que en la evaluación por inhalación, el agente químico cloro gas, el hipoclorito de calcio y el ploricloruro de aluminio, a pesar de ser agentes con volatilidad alta y media, por lo que se establece un nivel de riesgo 2, considerado aceptable. En el caso de la evaluación por contacto con la piel, la evaluación permitió evidenciar que, tanto el cloro gas, el hipoclorito de calcio y el policloruroo de aluminio se encuentran en un nivel comprendido entre 100 y 1000, considerado como un riesgo moderado.

- Respecto a la percepción de los riesgos, en base a los criterios de los trabajadores se evidenció que varios de los agentes químicos presentes en área de potabilización no cuentan con etiquetas de seguridad, no permitiendo que se advierta el peligro a los trabajadores. Del mismo modo el lugar en el que se desarrolla el trabajo no está totalmente adecuado, a más de que los encargados de la planta no han indicado de forma clara los riesgos químicos a los trabajadores.

5.2. Recomendaciones

- Resulta de mucha importancia que los encargados de la planta potabilizadora de agua potable de la Empresa Pública Mancomunada de Agua Potable y Saneamiento de Esmeraldas, socialicen de manera efectiva las características de los agentes químicos presentes en el proceso de potabilización, de tal manera que los trabajadores, al momento de estar en contacto con el cloro gas, el hipoclorito de calcio y el policloruro de aluminio, puedan estar conscientes de los peligros que se presentan con este tipo de productos, así como la forma en que pueden evitar afectaciones a su salud.

- A pesar de que, los niveles de riesgo son moderados o aceptables, es necesario que se definan acciones para orientar a un mejor control de la ingeniería que se aplica al proceso de potabilización de agua. Se hace esta sugerencia porque, aunque a inicios los efectos en la salud no sean notorios, si no se corrigen los errores, a pesar de ser mínimos, en el mediano y largo plazo, pueden ser motivo de afectaciones notorias y significativas en la salud de los pacientes.

- Se hace urgente y necesario que las autoridades de la empresa, realicen adecuaciones para que los sitios en los que se desarrolla la potabilización del agua, se presenten entornos señalizados, bien distribuidos y con materiales en buen estado, para evitar riesgos en el desarrollo del trabajo. Del mismo modo es imperativo que se realice una correcta inducción a los empleados sobre los productos químicos presentes en el área, así como la revisión y puesta del etiquetado de los agentes para prevenir los riesgos de manejarlos inadecuadamente.

Referencias

Aguilar, J. (2017). *Riesgo químico: sistemática para la evaluación higiénica.* Madrid, España: Ed. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación: Guía para su elaboración.* Caracas, Venezuela: Ed. Epísteme.

Asamblea Nacional Constituyente . (2008). *Constitución de la República del Ecuador* . Obtenido de sitio web de Gob.ec: https://portal.compraspublicas.gob.ec/sercop/wp-content/uploads/2016/02/Reglamento-interno-de-seguridad-y-salud-ocupacional.pdf

Barreneche, A. (2009). *Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua.* Obtenido de sitio web de IngenieríaSanitaria.com: http://www.ingenieriasanitaria.com/web15/manual1/tomo1/ma1_tomo1_cap

Carbajal, A., & González, M. (2012). *Propiedades y funciones biológicas del agua.* Madrid, España: Ed. CSIC.

Casas, J., Repullo, J., & Donado, J. (2013). La encuesta y la entrevista como técnicas de investigación. *Rev. Science Directa*, 527-538.

Consejo Andino de Ministros. (2014). *Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo.* Obtenido de sitio web de IEES: https://oiss.org/wp-content/uploads/2018/12/decision584.pdf

Del Pezo, O. (2013). *Modelo de gestión de seguridad y salud ocupacional para la empresa de Agua Potable, Aguas de la Península – AGUAPEN S.A.* Guayaquil, Ecuador: Ed. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Freire, M. (2016). *Rediseño de la planta de tratamiento de agua potable de la Empresa Municipal de Faenamiento de Ganado en Orellana.* Riobamba, Ecuador: Ed. Universidas Politécnica Salesiana.

Guerrero, R. (2017). *Manual de tratamiento de agua.* México D.F: Ed. Limusa.

Hernández. (2015). *Abastecimiento y distribución de agua potable.* Madrid, España: Ed. Prentice Hall.

Ibarra, G. (2018). *Guía de prevención y mitigación de accidentes químicos en una planta de tratamiento de agua potable.* Santiago de Chile: Ed. Universidad de Chile.

Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. (2012). *Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo.* Obtenido de sitio web de IESS:

http://www.cip.org.ec/attachments/article/112/C.D.-390-Reglamento-del-Seguro-General-de-Riesgos-del-Trabajo.pdf

Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. (2012). *Reglamento para el Sistema de Auditoría de Riesgos del Trabajo* . Obtenido de sitio web de IESS : http://www.uasb.edu.ec/UserFiles/381/File/RES_CD_333_REGLAMENTO_SART.pdf

Kerry, H. (2015). *Principios de tratamiento del agua.* México D.F: Ed. Cengage.

López, A. (2016). *Metodología de la investigación.* México D.F: Ed. Thompson.

López, C., Gavidia, V., & Rueda, J. (2014). *El agua.* Bogotá, Colombia: Ed. Solana.

Luna, M. (2019). *Gestión de riesgo químico y elaboración de un manual de manejo seguro de cloro gas para la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Ibarra.* Ibarra, Ecuador: Ed. Universidad Técnica del Norte.

Mancera, M. (2016). *Gestión de riesgos.* Bogotá, Colombia: Ed. Alfaomega colombiana.

Marcano, J. (2019). *Recusros naturales: el agua.* Obtenido de sitio web de Educación Ambiental en República Dominicana: https://jmarcano.com/recursos-naturales/agua/.

Ministerio de Relaciones Laborales . (2012). *Código del Trabajo.* Obtenido de sitio web de MRL: https://www.trabajo.gob.ec/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/

Ñaupas, H. (2015). *Metodología de la investigación cualitativa y cuantitativa.* México D.F: Ed. Universitaria.

Paredes, J., & Millán, J. (2017). *Riesgos químicos: Condiciones de salud por exposición a sustancias químicas.* Madrid, España: Ed. Universitario.

Pérez, L. (2015). *Teoría de la sedimentación.* Obtenido de sitio web de Instituto de Ingeniería Sanitaria: http://www.fi.uba.ar/archivos/ institutos_ teoria_ sedimentacionm.pdf

Raffino, M. (2020). *Riesgo químico.* Buenos Aires, Argentina: Ed. Parnea. Obtenido de sitio web de Química al día.

Reyes, M. (2016). *Uso de cloro en las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas: desinfección y formación de subproductos.* Durango, México: Ed. Instituto Politécnico Nacional.

Rivas, T. (2014). *Metodología inductiva y deductiva.* México D.F: Ed. Pearson.

Romero, M. (2017). *Tratamientos utilizados en la potabilización del agua.* Guatemala: Ed. Universidad Rafael Landívar.

Secretaría de la Comunidad Andina. (2014). *Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo.* Obtenido de sitio web de Comunidad Andina: https://web.ins.gob.pe/sites/default/files/Archivos/R%20Nro-957%20REGLAMENTO%20INSTRUMENTO%20ANDINO%20DE%20SST.pdf

Soledispa, F. (2013). *Propuesta de un sistema de conetnción en caso de fuga de gas cloro para las plantas de potibilización de agua*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.

Vargas, L. (2014). *Tratamiento de agua para consumo humano.* Lima, Perú: Ed. CEPIS.

Vega, J., Fuentes, E., & Zimmermann, M. (2018). Modelos de estudios en investigación aplicada: conceptos y criterios para el diseño. *Rev. Med. segur. trab. vol.54 no.210*.

Verdugo, P. (2018). *Identificación y prevención de riesgos en los puestos de trabajo en la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado EMAPAT-EP*. Cuenca, Ecuador: Ed. Univesidad de Cuenca.

Yarto, M., Ize, I. y Gavilán, A. (2013). El universo de las sustancias químicas peligrosas y su regulación para un manejo adecuado. *Rev. Gacete Ecológica*, 57-66.

Yin, R. (2012). *Investigación y aplicación del estudio de caso.* México D.F: Ed. Mc Graw Hill.

Zerbatto, G. (2015). *Coagulación optimizada en el tratamiento de potabilización de agua.* Santa Fe, Argentina: Ed. Universidad Nacional del Litoral.

ANEXOS

IMÁGENES DEL PROCESO INVESTIGATIVO










TECNOHIDRO S.A.




POLIPASTO





Pontificia Universidad Católica del Ecuador | SEDE ESMERALDAS

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE RIESGOS LABORALES

INSTRUMENTO 1.- ENCUESTA A TRABAJADORES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE "EPMAPSE"

Estimado (a) Sr. (a), la presente investigación tiene la finalidad de conocer las condiciones laborales en las que se desarrolla su trabajo en esta planta de tratamiento de agua, por lo que preliminarmente le pedimos, responda a los siguientes aspectos:

- Nombres y apellidos del trabajador: ……...
- Edad del trabajador: ……...
- Nivel de escolaridad: ……...
- Cargo que desempeña: ……...
- Años de servicio en el cargo: ……...
- Turnos de trabajo: ……...

Después de haber contestado a los aspectos anteriores, le pedimos leer con detenimiento las preguntas que se plantean a continuación y que responda con la mayor objetividad posible, marcando con una X donde usted crea conveniente según la escala detallada.

NUNCA	N – 5
CASI NUNCA	CN – 4
A VECES	AV – 3
CASI SIEMPRE	CS – 2
SIEMPRE	S – 1

Nº	ÍTEMS	ESCALA				
		N (5)	CN (4)	AV (3)	CS (2)	S (1)
1	¿Durante su tiempo de trabajo ha estado expuesto a algún tipo de riesgo químico?					
2	¿Se han presentado accidentes de trabajo durante su labor?					

3	¿Ha sentido algún tipo de malestar o se han presentado problemas en su salud?					
4	¿Se le han indicado los riesgos químicos a los que está expuesto en su trabajo?					
5	¿Le han proporcionado equipos de seguridad adecuado para el ejercicio de sus labores?					
6	¿Existe la suficiente señalización sobre peligros químicos existentes en el área de trabajo?					
7	¿Ha recibido instrucción o capacitación de parte de la institución sobre riesgos químicos?					
8	¿Se han realizado simulacros de emergencia sobre posibles accidentes químicos?					
9	¿Le han realizado exámenes médicos para comprobar su estado de salud?					
10	¿Los lugares para realizar su trabajo son adecuados?					
AGRADECEMOS SU COLABORACIÓN ING. KARLA CEVALLOS						

Elaborado por Autora – Adaptado de Ibarra (2008). Guía de prevención y mitigación de accidentes químicos en planta de tratamiento de agua potable.