



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

“Eficiencia de Biofiltros Activados con Microorganismos Benéficos para
Remover Gases de H₂S Emitidos de un Sistema de Tratamiento de Agua
Residual de Curtiembre, SJL-2018”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Yoneda Yamilet Díaz Zevallos

ASESOR:

Mg. Rita Jacqueline Cabello Torres

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2018 - II

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don
(a)..... Yovana Yamilet Díaz Zavallos
cuyo título es: "Eficiencia de Biofiltros Activados con
Microrganismos Benéficos para Remover Gases de
H₂S Emitidos de un Sistema de Tratamiento de
Agua Residual de Cuzco, 3^{er} Trimestre, 2018"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por
el estudiante, otorgándole el calificativo de: 17.....
(Número)..... Diecisiete (Letras).


Lima..... 14 de 12 del 2018



.....
Mg. Fernando A. Sernaqué Aucchuasi
PRESIDENTE



.....
Mg. César F. Honores Balcázar
SECRETARIO



.....
Mg. Rifa J. Cabello Torres
VOCAL

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

Dedicatoria

Dedicada de manera especial a mis padres César y Aideé quienes son mi motivo, fuerza e inspiración principal en la construcción de mi vida profesional.
A mis hermanos, tíos, primos y amigos por ser parte de este arduo camino.

Agradecimientos

Principalmente a ti mi Dios por tus bendiciones de cada día y cada paso que doy.

A mis padres, por la confianza depositada en mí, por su amor y paciencia en cada momento difícil.

A mi familia y amigos por su incondicional apoyo y comprensión.

A mis estimados maestros de la Escuela de Ingeniería Ambiental, por transmitirme sus amplios conocimientos y sabios consejos.

Así mismo de manera especial a mis compañeras Katy y Mónica por haber sido parte de esta grandiosa aventura.

Declaratoria de autenticidad

Yo Yoneda Yamilet Díaz Zevallos con DNI N° 71397116, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 14 de diciembre de 2018



Yoneda Yamilet Díaz Zevallos

DNI: 71397116

Presentación

Señores miembros del jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada **“Eficiencia de Biofiltros Activados con Microorganismos Benéficos para Remover Gases de H₂S Emitidos de un Sistema de Tratamiento de Agua Residual de Curtiembre, SJL-2018”**, cuyo objetivo fue estimar la eficiencia de los biofiltros activados con microorganismos benéficos a partir del porcentaje de remoción de los gases de sulfuro de hidrógenos emitidos desde un sistema de tratamiento de aguas residuales de curtiembre, que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniera Ambiental. La investigación consta de seis capítulos. En el primer capítulo se explica la realidad problemática de la cual nace el presente proyecto, los antecedentes, un enfoque teórico general así mismo la descripción de los objetivos, hipótesis y justificación de la investigación; en el segundo capítulo se muestra el diseño de la investigación, operacionalización de las variables, definición de muestra y población así mismo la metodología experimental y análisis de datos, en el tercer capítulo se detalla los resultados obtenidos durante la aplicación de la metodología, en el cuarto capítulo se explica los resultados obtenidos en comparación con otras investigaciones, en el quinto y sexto capítulo se redacta la conclusión final del proyecto, y las recomendaciones asignadas a futuras investigaciones.

Yoneda Yamilet Díaz Zevallos

Resumen

La presente tesis describe los experimentos aplicados en dos biofiltros activados con microorganismos benéficos adaptados a dos tipos de material de empaque “Biochart y Cubos de espuma de poliuretano” con la finalidad de determinar la eficiencia de remoción del gas H_2S emitidos desde un tratamiento de aguas residuales de curtiembre mediante la aplicación de torres empacadas.

La fase experimental se inició con la producción a nivel laboratorio de microorganismos benéficos a partir de *Brassica oleracea* (Col), seguidamente se analizó la cantidad de H_2S presente en el agua descargada de la etapa de pelambre en la industria de curtiembre, la cual fue de 5.529 mg/L, dicha agua fue ingresada a un sistema de pretratamiento con torres de empaque, donde se inyectó flujos de aire que oscilaron entre 14, 16, 18 y 20 l/m. La concentración del aire, expulsado durante el tratamiento con torres de empaque, fue de +99.9 ppm debido a la cantidad de sulfuro disuelto en dicho efluente.

El aire contaminado fue dirigido mediante tubos galvanizados e ingresados a diferentes flujos y tiempos de contacto, en el caso del biofiltro con material de empaque “biochart” las condiciones de flujos variaron de 2, 5, y 8 l/m y tiempo de contacto de 35, 14 y 9 segundos para cada flujo de aire respectivamente por otro lado para el biofiltro con material de empaque de “cubos de espuma de poliuretano” cuyos flujos variaron de 4, 6 y 10 l/m en tiempos de contacto de 17, 12 y 7 segundos.

Finalmente las concentraciones finales del gas H_2S fueron de 2.77, 3.83 y 4.43 ppm en el material de empaque “biochart” y 3.40, 4.23 y 5.83 ppm para el material de empaque “cubos de espuma de poliuretano”, dichos resultados demostraron que la operación de los biofiltros activados permitieron una remoción de 97.23% a un tiempo de 35 segundos en el material “biochart”, mientras que para el material “cubos de espuma de poliuretano” la remoción fue de 96.6% en un tiempo de 17 segundos.

Palabras clave: Biofiltros Activados, Microorganismos Benéficos, Biochart, Espuma de Poliuretano, Eficiencia.

Abstract

This thesis describes the experiments applied in biofilters activated with beneficial microorganisms adapted to two types of packaging material "Biochart and Cubes of polyurethane foam" with the objective of determining the efficiency of removal of H₂S gas emitted from a tannery water treatment through the application of packed towers.

The experimental phase began with laboratory-level production of beneficial microorganisms from *Brassica oleracea* (Col), followed by analysis of the amount of H₂S present in the water discharged from the furrow stage in the tanning industry, which was 5,529 mg / L, said water was admitted to a pretreatment system with packing towers, where injected air flows that oscillated between 14, 16, 18 and 20 l / m. The concentration of air, expelled during the treatment with packing towers, was +99.9 ppm due to the amount of sulfur dissolved in said effluent.

The contaminated air was directed through galvanized pipes and entered at different flows and contact times, in the case of the biofilter with "biochart" packing material the flow conditions varied from 2, 5, and 8 l / m and contact time of 35, 14 and 9 seconds for each air flow respectively on the other hand for the biofilter with packing material of "polyurethane foam cubes" whose flows varied from 4, 6 and 10 l / m in contact times of 17, 12 and 7 seconds.

Finally the final concentrations of the H₂S gas were 2.77, 3.83 and 4.43 ppm in the packaging material "biochart" and 3.40, 4.23 and 5.83 ppm for the packing material "cubes of polyurethane foam", said results showed that the operation of activated biofilters allowed a removal of 97.23% at a time of 35 seconds in the material "biochart", while for the material "cubes of polyurethane foam" the removal was 96.6% in a time of 17 seconds.

Keywords: Activated Biofilters, Beneficial Microorganisms, Biochart, Polyurethane foam, efficiency

Índice general

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Realidad problemática	3
1.2	Trabajos previos.....	4
1.3	Teorías relacionadas al tema.....	9
1.3.1	Industria del Cuero	9
1.3.2	Problemas Ambientales Generados por las Curtiembres	10
1.3.3	Sulfuro de Hidrogeno	11
1.3.4	Tipos de Tratamientos Biológico Para Gas H ₂ S.....	16
1.3.5	Sistema Biológico con Biofiltros:	18
1.4	Formulación del problema	27
1.4.1	Problema General.....	27
1.4.2	Problemas Específicos.....	27
1.5	Justificación del estudio	27
1.6	Hipótesis:.....	28
1.6.1	Hipótesis General	28
1.6.2	Hipótesis Específicas.....	28
1.7	Objetivos:.....	29
1.7.1	Objetivo General	29
1.7.2	Objetivos Específicos.....	29
II.	MÉTODO.....	30
2.1	Diseño de la investigación.....	31
2.1.1	Tipo de Investigación: APLICADA.....	31
2.1.2	Enfoque de la Investigación: CUANTITATIVA	31
2.2	Variables, operacionalización	32
2.2.1	Variables.....	32
2.2.2	Operacionalización de las variables	32
2.2.3	Matriz de Operacionalización de las variables.....	33
2.3	Población y muestra.....	34
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	34
2.4.1	Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	34
2.4.2	Validez del Instrumento:	36
2.4.3	Confiabilidad.....	36
2.5	Métodos de análisis de datos	37

2.6	Metodología Experimental	37
2.6.1	Obtención de los microorganismos benéficos	37
2.6.2	Construcción de los biofiltros	40
2.6.3	Generación y tratamiento del Gas Sulfuro de Hidrógenos	42
2.7	Aspectos éticos	42
III.	RESULTADOS	43
3.1	Muestras de microorganismos.	44
3.2	Condiciones operativas del material de empaque	44
3.3	Concentraciones Inicial y Final del Gas H₂S	47
3.1	Porcentaje de Remoción del gas Sulfuro de Hidrogeno	48
3.2	Influencia del tiempo de residencia del gas H₂S en el material de empaque	50
IV.	DISCUSIÓN	52
V.	CONCLUSIONES	54
VI.	RECOMENDACIONES	56
VII.	REFERENCIAS	58

Índice de Tablas

Tabla N° 1 Umbral e Intensidad del H₂S Detectado por el Ser Humano	12
Tabla N° 2 Efectos en la Salud del Gas H₂S a diferentes concentraciones.....	13
Tabla N° 3 Límites Máximos Permisibles de Efluentes	14
Tabla N° 4 Estándares de Calidad Ambiental para Aire	14
Tabla N° 5 Niveles de Estado de Alerta Nacional para el Contaminante H₂S.....	15
Tabla N° 6 Niveles de Concentración Permisibles.....	15
Tabla N° 7 Ventajas y Desventajas del Uso de Tratamientos Biológicos	16
Tabla N° 8 Sistemas de Tratamiento Biológico para Control de Emisiones.....	17
Tabla N° 9 Microorganismos Más Comunes Usados para el Tratamiento Biológico de Gases	20
Tabla N° 10 Porcentaje de humedad de acuerdo al tipo de material	23
Tabla N° 11 Rangos de Temperatura para óptimo crecimiento bacteriano.....	23
Tabla N° 12 Escala de pH para Microorganismos Anaeróbicos	24
Tabla N° 13 Matriz de operacionalizacion de las variables de la investigación	33
Tabla N° 14 Validación de las fichas de observación	36
Tabla N° 15 Procedimientos Para Obtención de Microorganismo Benéficos.....	39
Tabla N° 16 pH y Grados Brix de muestras de microorganismos	44
Tabla N° 17 Tiempo de residencia en lecho vacío	45
Tabla N° 18 Volumen del material de empaque	45
Tabla N° 19 Condiciones operativas del material de empaque.....	46

Índice de Esquemas

Esquema N° 1 Proceso de Curtido de Pieles	9
Esquema N° 2 Relación entre Variables.....	31
Esquema N° 3 Etapas de desarrollo del proyecto.....	35
Esquema N° 4 Sistema de Torre Empacada en Serie con Biofiltros Activados.....	41

Índice de anexos

Anexo N° 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA	66
Anexo N° 2 REGISTRO FOTOGRÁFICO	68
Anexo N° 3 INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS CADENA DE CUSTODIA	72
Anexo N° 4 FICHAS DE VALIDACIÓN.....	75
Anexo N° 5 CERTIFICACIÓN DE EQUIPO MULTRAE LITE.....	82

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Sistema de Biofiltro para Tratamiento de Gases	18
Ilustración 2 Hígado cocido	69
Ilustración 3 Muestra Brassica oleracea (Col).....	69
Ilustración 4 Pesado de melasa.....	69
Ilustración 5 Pesado de sal.....	69
Ilustración 6 Medición de pH en 2° muestra.....	69
Ilustración 7 Primera muestra de microorganismos.....	69
Ilustración 8 Equipo de medición de gases.....	70
Ilustración 9 Medición de pH primera muestra	70
Ilustración 10 Pesado de espuma húmeda.....	70
Ilustración 11 Pesado de biochart húmedo	70
Ilustración 12 Equipo de Flujo metro.....	70
Ilustración 13 Sulfuro de sodio.....	70
Ilustración 14 Medición del Gas H₂S	71
Ilustración 15 Equipo medidor de gases Multrae / lite	71
Ilustración 16 Equipo de Biofiltros	71

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la creciente tendencia de industrias ha generado un amplio abanico de problemáticas ambientales y sociales, donde la principal causa radica en un aspecto muy relevante que es la informalidad por la mayor parte de dichas industrias, que sin una fiscalización ni control permanente genera una serie de consecuencias, donde los principales recursos naturales son perjudicados. Dicho esto ALCARRAZ (2013), en la revista del instituto de investigación de la UNMSN, hace mención que en nuestro país, en las ciudades donde hay mayor crecimiento de industrias, existe elevados niveles de contaminación tanto de los ecosistemas como en la población aledaña, así mismo considera que no hay un mecanismo de control o monitoreo por parte de las autoridades correspondientes (p.61).

En particular las industrias de curtiembre, las cuales MARTINEZ y ROMERO (2018) definen como las más contaminantes a nivel mundial, además que cada año se invierte más en reparar sus daños ocasionados, (p.117), puesto que necesitan 500 kilos de productos químicos por tonelada de cuero crudo y a su vez alrededor de 1000 litros de agua por cuero para su finalidad, siendo la etapa del pelambre, donde es aún más indispensable que la materia prima sea tratada con sulfuros, lo que ocasiona la generación de mayores descargas de efluentes con alto contenido de carga contaminante, y a su vez la producción de gases tóxicos de ácido sulfhídrico que en valores de pH menores a ocho producen los malos olores. (ORTIZ, N. 2015, p. 117). Al respecto, cabe mencionar que dichas emisiones al definirse como las más contaminantes representan una amenaza para la vida humana y deterioro del medio ambiente.

No obstante, en nuestro país se implementaron instrumentos de gestión ambiental como ECAs que fija como valor estándar la emisión de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de sulfuro de hidrogeno, así mismo el Ministerio de Producción establece un valor de 1 mg/L de sulfuros como LMP de efluentes para aguas superficiales producto de las actividades generadas en las industrias de curtiembre, de tal forma con dicha legislación se busca garantizar la salud pública y calidad ambiental.

Uno de los retos más importantes en los últimos años, es la búsqueda de tecnologías eficientes o tratamientos convencionales enfocados en el control de gases de sulfuro de hidrogeno (H_2S) ocasionado por las descargas de efluentes, por lo mismo que el presente estudio está enfocada a la adaptación de biofiltros activados, cuya característica

principal es utilizar microorganismos, con el objetivo de eliminar las emisiones de sulfuro de hidrogeno.

La presente investigación está conformada por tres capítulos de los cuales, en el primero se describe las teorías generales y conceptos relacionados al tema de curtiembres, sus procesos y residuos que se generan, así mismo los efectos que causan dicha actividad sobre la población y el medio ambiente; como también se describe los tipos de tecnologías mediante biofiltros y similares aplicadas al tratamiento de gases de sulfuro, principalmente está centrado al proceso de biofiltración los componentes requeridos, la forma de operación y el modo de construcción. Por otro lado en el segundo capítulo se muestra la metodología aplicada a la investigación, operacionalización de las variables y las técnicas de recolección de datos, finalmente en el tercer capítulo se determinaron los valores y resultados obtenidos, así mismo se concluyó la viabilidad de la propuesta.

1.1 Realidad problemática

La producción del cuero es una de las actividades que hoy en día se ha insertado con gran fuerza en el ámbito industrial, y al igual que todas las actividades productivas, este sector genera diversos tipos de contaminación, siendo el agua el recurso mayor impactado producto del vertimientos de efluentes cargados con alto contenido de contaminantes y desechos eliminados sin previo tratamiento, así mismo trae como consecuencia la alteración en la calidad del aire, debido a la generación de olores, gases y principalmente las emanaciones toxicas de gas sulfúrico, provenientes de las aguas contaminadas.

En dicha industria una de las etapas que genera mayor preocupación y alerta es la etapa de pelambre, la cual descarga efluentes con alta carga de sulfuro produciendo emisiones de gases, fáciles de detectar, debido al olor putrefacto, la cual es una característica específica de presencia de gases de sulfuro, y viene siendo uno de los aspectos con mayor percepción por la población cercana, además de perjudicial, tal como hace mención la OMS, quien refiere que dichos gases de sulfuro son muy tóxicos para la población expuesta, ya que causa irritaciones oculares, males respiratorios, entre otras enfermedades. Así también VALDÉS (2012), indica que la exposición a este tipo de gases en concentraciones mayores a 100 ppm presenta ciertos daños a la salud pero en concentraciones mayores a 1000 ppm causa la muerte. (p.21).

En el presente estudio enfocando en el distrito de San Juan de Lurigancho, se observó la existencia de diversas industrias de curtiembre informales, ubicadas en distintos puntos del distrito, algunas de ellas y las más evidentes se encuentran en la rivera del Río Rímac, fuente principal donde se descargan los efluentes generados, produciendo la presencia de los nocivos gases que generan malestares agudos entre los habitantes y constante deterioro del ambiente.

En efecto la necesidad de implementar alternativas de control que incluya el tratamiento de emisiones, conllevó a la presente investigación a estudiar y proponer la alternativa de uso de biofiltros activados con microorganismos benéficos, para el control de emisiones de sulfuro, así mismo determinar el tipo de material de empaque más adaptable para la adaptación de los microorganismos responsables del control del aire contaminado, de tal forma lograr la eficacia en la eliminación del contaminante expuesto en el ambiente.

1.2 Trabajos previos

BARBUSINSKI K. & KALEMBA K. (2016), en su investigación tuvieron como objetivo hacer una revisión general de los métodos biológicos para la eliminación de H_2S a partir de la producción de biogás, tomando tres principales alternativas de tratamiento biológico: BIOFILTROS, el cual consistió en un lecho empacado con material incubado con microorganismos, mediante el cual se transfirió el aire contaminado, dicha experimentación afirma que los microorganismos más eficientes en la degradación del contaminante H_2S son de familia *Chlorobiaceae* y *Cromatiaceas* o del género *Thiobacillus*. BIOPROTECTORES es un biorreactor trifásico de lecho fluidizado compuesto por una torre de absorción el cual se encarga de la eliminación de los compuestos presentes en la fase gaseosa y un biorreactor en conjunto con la inyección de oxígeno es el encargado del tratamiento del efluente. LODOS ACTIVADOS que consiste en aplicar un biorreactor por donde fluye el efluente y este es aireado para la degradación de la materia orgánica. Finalmente los autores concluyen que todos los métodos son igual de efectivos y eficientes ya que mantuvieron una eliminación de 90 a 95 %.

CHOUARI R. et al. (2015), en su investigación tuvo como objetivo identificar la diversidad microbiana presente en los dos sistemas de biofiltros propuestos así mismo la evaluación de la eficiencia en la eliminación de H_2S . El sistema de biofiltración fueron

estructuras cerradas de tal forma que se mantenga una temperatura de 30° C, con material de embalaje inorgánico de puzolana y mármol por donde el gas bombeado mediante un soplador de aire pasa, y previamente fue regado durante 15–10 min/hr. Finalmente se detectó que en el biofiltro de mármol las bacterias dominantes pertenecen a *Lysobacter* (*Xanthomonadacea*), *Hydrogenophilaceae*, *Spirillaceae* y *Thiobacillus* (*Betaproteobacteria*), con un pH menor a 3, mientras que para el biofiltro de puzolana los principales microorganismos detectados fueron alga roja *Cyanidium caldarium* y bacterias de *Acidithiobacillus*, con un pH de 5.7 – 6.8.

Por otro lado se alcanzó un porcentaje de eliminación de H₂S de 90-99% en el biofiltro percolado de mármol y 82.5-90% en el biofiltro puzolana, mostrando así que el mejor material de embalaje para biofiltros y que conlleva a la eliminación de H₂S es el mármol.

CAMIZAN A. (2015), Es su estudio realizado tuvo como objetivo principal hacer el tratamiento de emisiones gaseosas de sulfuro de hidrógeno a nivel piloto e industrial, vía absorción en una solución de hidróxido de sodio, mediante la utilización de un reactor de acero inoxidable de 67 L, con medidas de 66 centímetros de altura, 36 centímetros de diámetro, junto con un absolvedor de altura 1.03 metros y 17 centímetros de diámetro a nivel piloto, medidas que aumentaron de acuerdo al diseño industrial, así mismo la formulación experimental se realizó a partir de una solución de NaOH al 50% y H₂O en el reactor, donde las concentraciones de soda caustica variaron desde 10, 12, 15, 20, 23, 25% mientras que en el absolvedor la concentración fue de 10%, manteniendo la mezcla obtenida en constante agitación por 4 horas, seguidamente el H₂S ingresara al reactor de tal manera que se vaya controlando los parámetros que influyen puedan influir en el proceso tales como la T°, pH, flujo de salida del gas, concentración de la solución. Finalmente se determinó que con el incremento de Soda Caustica en el reactor, el porcentaje de absorción de Sulfuro de hidrogeno aumenta.

OMRI, et al. (2013), realizo un estudio en una planta de tratamiento de aguas residuales de una municipalidad, donde tuvo como objetivo evaluar el rendimiento de un biofiltro a escala piloto, tanto en términos de eficiencias de eliminación de contaminantes como en la dinámica bacteriana en diferentes concentraciones de entrada de H₂S, el biofiltro tuvo una de forma cúbica con de 2 m de altura, una anchura exterior de 5,4 m y una anchura interior de 4,9 m, así mismo relleno de turba con una altura de 1 m y porosidad del 60%. La concentración de H₂S fue inestable, osciló entre 200 y 1300

mg/m³. Finalmente se obtuvo como resultados una eficiencia de eliminación de 99% durante la mayor parte del tiempo de funcionamiento en una retención de cama vacía. Las bacterias heterotróficas fueron los microorganismos dominantes en el biofiltro fueron identificadas como los miembros del género *Bacillus*, *Pseudomonas* y *xanthomonadacea* bacteria. Los resultados indicaron que el sistema de biofiltro, que contiene turba como embalaje material, se demostró que era capaz de eliminar el H₂S de los contaminantes dañinos de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR).

LIN L, et al. (2013), Realizo un estudio se realizó a gran escala para el control de H₂S el causante principal de los olores en un vertedero, donde tuvo como objetivo investigar la eliminación de H₂S y las características de los microbios en el biofiltro, por lo cual utilizo un biofiltro de 1 m³ lleno de poliuretano cubos de espuma de 1,0 cm³ de tamaño, con una densidad de 19 kg/m³ y una porosidad del 97%. El proceso se inició al conducir los gases emitidos por tuberías e inducirlos al biofiltro por un soplador, de tal modo que los gases tomen contacto con la cama de biofiltro. Finalmente se obtuvo que la eficiencia de remoción de H₂S fue aumentando gradualmente de 32%, 85%, hasta el 90%, donde la concentración de entrada fue de 38,30 mg/m³ y de salida de 2,10 g/m³. Así mismo se encontró que las especies predominantes fueron de compuestos de bacilo.

AHMED W. (2012), en su investigación tuvo como objetivo proporcionar un aspecto teórico en la propuesta de un modelo dinámico de filtro biotricklin (BTF), basado en la revisión de modelos existentes, el biorreactor de interés consiste en una columna de lecho empacado a través del cual pasa una corriente de aire contaminado, así mismo el lecho biológico se mantiene activo mediante la adición de agua por goteo, la determinación del rendimiento se basó en el análisis del efecto de la concentración de entrada de H₂S y velocidad del gas. Finalmente concluyo que algunas condiciones o características del gas tales como: la concentración de salida, la concentración de entrada del gas, los efectos de transferencia de masa estaban directamente relacionada, puesto que dichos factores pueden tener efecto en el rendimiento del sistema para eliminar el contaminante.

VALDÉS D. (2012), realizó un estudio en una industria de tenería, con el objetivo de formular un diseño preliminar de una planta de tratamiento de aguas residuales básica y ácida. En su experimentación utilizo tres botella de vidrio de medio litro (reactor de mezcla del efluente) y dos de un litro (absorbedor de sulfuro), dispuestas en serie y

conectadas mediante mangueras por medio de dos perforaciones (entrada y salida del aire con sulfuros) en cada tapa de las botellas, de tal modo que se realice la absorción de los sulfuros y asegurar que no escapen al ambiente. En la parte experimental el reactor de mezcla (primera botella 1/2L) contenía un volumen de 250 ml del agua residual, el cual fue aireado durante una hora mediante una compresora y su salida del sulfuro dirigido al absorbedor de sulfuro (segunda botella 1L) que contenía un litro de solución de cal de 20 gL^{-1} , dicho aire se siguió direccionando hacia la tercera botella de 1L (absorbedor) que contenía la misma solución de cal 20 gL^{-1} , para finalmente se expulse el aire depurado y limpio, mientras que el efluente aireado se filtró a una botella de medio litro que contenía 5 cm de arena, cabe agregar que el pH de la mezcla se ajustó luego de media hora de tratamiento para que oscile entre 6 -7 utilizando 4 a 5gotas de ácido, de tal forma se aseguró la eliminación de sulfuro. Finalmente el sistema presento resultados de 82% de absorción en la lechada de cal.

RAMIREZ M, et al. (2011), en su propuesta de investigación tuvo como objetivo evaluar biofiltros biotrickling, en dos etapas para el tratamiento simultaneo de sulfuro de hidrogeno (H_2S), metil mercaptano (MM), dimetil sulfuro (DMS) y dimetil disulfuro (DMDS), en la primera etapa utilizo bacterias *Acidithiobacillus thiooxidans* (BAT) y el segundo con *Thiobacillus thioparus* (BTT), el material de empaque que utilizo fueron pequeños cubos de espuma de poliuretano el cual mantenía un pH de 7.0 en el BTT y 2.0 en el BAT, donde suministraron una corriente del gas contaminado de 376 ppm, finalmente para una carga de entrada $33.7 \text{ g/m}^3/\text{h}$ de H_2S , el efecto de remoción no disminuyeron en el filtro de biotrickling de dos etapas (BAT + BTT), en cambio la remoción en el biofiltro de una sola etapa (BTT) fue mayor que. El análisis de las poblaciones bacterianas presentes en diferentes condiciones de biofiltración, indicó que las bacterias presentes dependen de las condiciones de operación del biofiltro.

HARTIKAINEN, et al. (2011), en su investigación tienen como objetivo eliminar simultáneamente CS_2 y H_2S de una planta de bombeo de aguas residuales, mediante el uso de un biofiltro de turba inoculado con una cepa de *Thiobacillus*, donde la turba utilizada comprendió un 50% de turba hortícola gruesa y 50% de fibra de turba, dispuesto en un PVC con 100 mm de diámetro, con profundidad de 200 a 400, además de ser roseado con agua para asegurar una humedad estable, seguidamente el aire ingresado fue emitido desde un cilindro de gas con 92.2% de H_2S . Finalmente se obtuvo una eliminación de casi 99%, con un tiempo de retención de cama vacía de más de 60

segundos, así mismo los autores concluyen que si es posible eliminar simultáneamente CS_2 y H_2S del aire en un ambiente ácido y turba incubada con *thiobacillus*.

GUZMÁN K. & LUJÁN M. (2010), en su trabajo de investigación realizaron un sistema de tres etapas con el objetivo de reducir la carga contaminante y las emisiones generadas en los efluentes del proceso de pelambre, el sistema se inició con la recirculación de los licores de pelambre de tal modo que se reduzca la carga contaminante, seguidamente realizaron la precipitación de la materia orgánica como método de regeneración del licor, finalmente en la tercera etapa realizaron la aireación del licor para la eliminación de los sulfuros. De tal modo que la propuesta aplicada a nivel piloto redujo en un 99% las emisiones de sulfuro, 92% la carga orgánica y 85% el uso de agua.

GUTIERREZ A., TERRAZAS L. & ÁLVAREZ M. (2009), en su investigación tuvieron como objetivo emplear bacterias sulfato reductoras (BSR) para el tratamiento de efluentes ácidos de minas, las bacterias fueron enriquecidas en columnas de Winogradsky, y cultivadas en diferentes tipos de soportes y fuentes de carbono tales como papel higiénico, papel bond y un mix de papel higiénico / periódico y ácidos grasos volátiles. Seguidamente por medio de un biorreactor de botellas de plástico de 600 ml, llenadas con los soportes mencionados, Finalmente se determinó que el crecimiento óptimo para las bacterias sulfato reductoras es en condiciones de pH bajo, en soporte de papel.

VARSHA M. & APURBA D. (2008). En su investigación tuvieron como objetivo revisar, analizar y discutir los métodos de tratamiento para las aguas residuales de curtiembre y los métodos de eliminación de sulfuros, concluyendo que el la especie de *Thiobacillus sp.* Inmovilizado en carbón activado muestra un 94% de eliminación de sulfuro de hidrógeno en el rango de concentración de 100-200 ppm con un caudal de 1-2 litros/m, además un sistema de biofiltro inmovilizado con especies de *Thiobacillus* mostró un 95%.eficiencia de eliminación de sulfuro de hidrógeno a un caudal de gas de hasta 93 litros/h con una entrada de 60 ppm concentración, pero la eficiencia se redujo a 78% para un caudal de gas de 180 litro/h.

PANDEY U. & PRASANTH S. (2007), en su trabajo de investigación tuvieron como objetivo desarrollar un bioproceso anaeróbico que elimine cantidades de H_2S de un gas

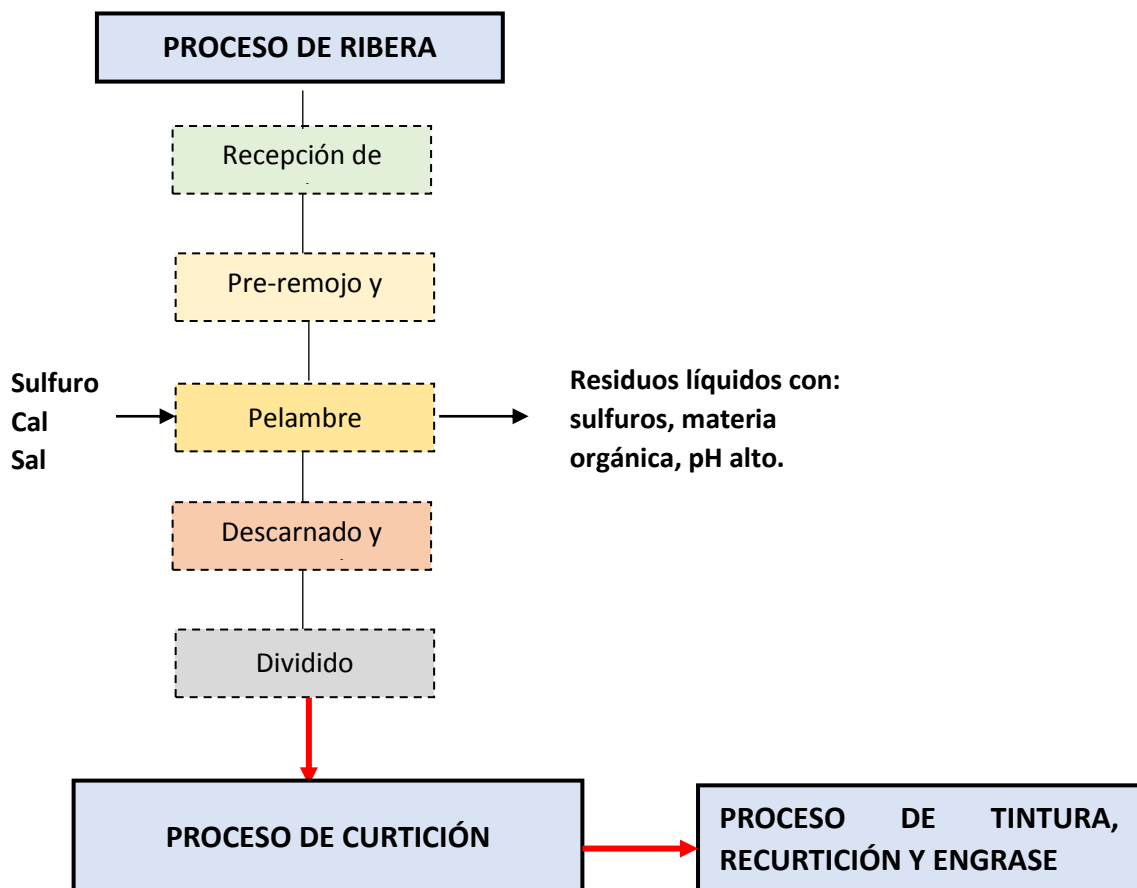
de síntesis mediante cepa *Heliobacterium chlorum*, durante su experimentación obtuvieron como resultado 15% – 16% de tasas de eliminación de H₂S, y finalmente concluyen que el biorreactor fotográfico anaeróbico exhibe limitaciones severas tales como la adición de componentes esenciales (sulfuro de hidrógeno o luz) para las células bacterianas, el tiempo de permanecía del gas en el biorreactor.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Industria del Cuero

Para CAMPOS, 2013 el curtido es la acción de transformar las pieles (bovinos, ovinos y porcinos) en cuero, mediante tres procesos enlazados a una serie de etapas, (p.34). Tal como se muestra en el siguiente esquema.

Esquema N° 1 Proceso de Curtido de Pieles



Fuente: Elaboración propia. 2018

Ribera: proceso mediante que tienen como objetivo eliminar el pelo o lana de la piel y aflojar las fibras de colágeno. (FERNÁNDEZ, 2015, p.40),

Consiste en 5 etapas, de las cuales resaltamos la etapa de PELAMBRE, puesto que representa mayor perjuicio para los recursos naturales, debido a la utilización de grandes cantidades de agua, y posterior generación de efluentes con alto contenido de materia orgánica, sulfuros y pH provocando los olores característicos de la presencia de gases de sulfuro.

Curtición: es el proceso mediante el cual se preparan las pieles para ser transformadas en cuero, es también una de las etapas donde se consume mayor cantidad de agua.

Tintura, recurtición y engrase: es este proceso el cuero es sometido a una serie de operaciones que le confieren características como el color, suavidad, gravado, flexibilidad, etc.

1.3.2 Problemas Ambientales Generados por las Curtiembres

1.3.2.1 Aguas residuales industriales:

Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), las aguas residuales son aquellas que han tenido una alteración o modificación en sus características, debido al desarrollo de un proceso productivo.

La descarga de aguas residuales constituye un papel importante en la alteración de los ecosistemas, ríos, y salud pública debido a que se caracterizan por mantener un pH alcalino, sólidos suspendidos, olores y turbiedad del agua, causando dichos daños (SILVA, 2016, p.10).

1.3.2.2 Generación de olores:

BARBUSIŃSKI y KALEMBA (2016), indican que el H₂S presentes en las aguas residuales, es uno de los responsables en la producción de olores (p.103).

Así mismo Congreso Nacional del Medio Ambiente (CONAMA, 2014) define que el olor es uno de los indicadores más comunes de la presencia de gases o contaminantes en el aire, es por lo cual que la calidad del medio ambiente y la salud de la población se ve perjudicada, además menciona que la industria del cuero es uno de los sectores más

influyentes y responsables de la generación de contaminación odorífera debido a sus emisiones que producen.

1.3.3 Sulfuro de Hidrogeno

1.3.3.1 Definición:

Se define al H₂S como un gas incoloro, con el olor característico a huevo podrido, es más denso que el aire e inflamable y ataca principalmente a las enzimas respiratorias. Se genera a partir de la reducción biológica del sulfato (SO₄⁻²) bajo condiciones anaerobias (sin oxígeno) (CAMIZAN, 2014, p.18).

Por otro lado, ZAMBRANO (2016), refiere que el H₂S se origina por la degradación de la materia orgánica además que al ser liberado a la atmosfera su reacción es de oxidación fotoquímica a SO₂.

Las propiedades toxicas y corrosivas del compuesto sulfuro de hidrógeno, conlleva a tomar especial atención en sus eliminación, puesto que los olores indeseables del gas producen alteraciones tanto en la calidad de aire como la vida humana en general, a continuación se detalla los efectos que ocasiona el gas H₂S.

1.3.3.2 Efectos del Gas Sulfuro:

Las emisiones de sulfuro de hidrogeno son fáciles de detectar debido a su característica de olor, el cual en altas concentraciones puede llegar a producir consecuencias y efectos adversos tanto en la población expuesta como en el medio ambiente:

a) Efectos del H₂S en el ambiente.- la composición del aire se ve afectada debido a la presencia de gases y compuestos ajenos a los existentes por naturaleza en la atmosfera, dichos gases principalmente producidos por las actividades humanas, generan la denominada contaminación atmosférica.

Los efectos que produce la presencia de H₂S en el ambiente, genera una serie de riesgos en los vegetales, animales, y medio en general (ZAMBRANO, 2016, p.29), en efecto a continuación se determinan los principales efectos ocasionados:

- Efectos en la calidad de los recursos hídricos superficiales
- Salinidad en las aguas subterráneas
- Disminución de producción agrícola y aceleración de erosión del suelo

- Alteración en la calidad del aire
- Provoca daños en los ecosistemas (flora y fauna).
- En los vegetales, reduce su el crecimiento y rendimiento.
- Produce toxicidad en los animales expuestos al gas.

b) Efectos del H₂S en la población. El olfato humano puede percibir la presencia del gas sulfuro de hidrogeno en concentraciones de 0.13 ppm, un mínimo valor que va incrementado de acuerdo a la concentración, tal como se describe en la siguiente tabla los valores de umbrales de concentración del gas y la escala de intensidad, ya sea mínimo, débil, moderado o fuerte, de acuerdo a la percepción de ser humano, (véase tabla N° 01)

Tabla N° 1 Umbral e Intensidad del H₂S Detectado por el Ser Humano

Concentración de H ₂ S	Intensidad y percepción
0.02 ppm	No olor
0.13 ppm	Mínima percepción de olor
0.77 ppm	Débil, olor detectable fácilmente
4.6 ppm	Olor detectable fácilmente, olor moderado
27.0 ppm	Fuerte, olor desagradable pero no intolerable

Fuente: GRIMALDO, 2014

En efecto según el Organización Mundial de la Salud (OMS), la inhalación del gas puede causar grandes perjuicios en la salud, pero la ingesta por contaminación de los alimentos o el agua, puede causar incluso una infección más generalizada y hasta la muerte.

En la siguiente tabla se puede apreciar las diferentes concentraciones del gas sulfuro de hidrogeno y sus efectos ocasionado en la salud de la población expuesta.

Tabla N° 2 Efectos en la Salud del Gas H₂S a diferentes concentraciones

Concentraciones de H ₂ S	Síntomas y efectos
0.1 ppm	Umbral respiratorio
50-100 ppm	Irritación a la piel y a las mucosas conjuntivitis ligera e irritación del tracto respiratorio
100-200 ppm	Tos, irritación de los ojos, pérdida de sentido del olfato, Respiración alterada y somnolencia, irritación de la garganta, y hasta la muerte
200-300 ppm	Conjuntivitis notable e irritación del tracto respiratorio
500-700ppm	Pérdida de conciencia y posible muerte.
700-1,000 ppm	Inconsciencia rápida, cese de respiración y muerte
1,000-2,000ppm	Inconsciencia inmediata, con prematuro cese de respiración y muerte en pocos minutos.

Fuente: GRIMALDO, 2014

1.3.3.3 Marco legal para emisiones de Sulfuro de hidrogeno:

☐ Marco legal Nacional

Nuestro país cuenta Instrumentos de Gestión Ambiental, cuyo propósito es prevenir, planificar y controlar las emisiones de contaminantes y de tal forma proteger la salud pública. En efecto a continuación se describe la legislación ambiental peruana vigente a la fecha en relación a calidad de aire:

Ley N° 28611 “Ley general del ambiente”, aprobado el 13 de octubre del 2015, donde se establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida.

D.L. N° 003-2002-PRODUCE, aprobado el 13 de octubre del 2002, donde se decreta Límites Máximos Permisibles para el vertimiento de efluentes de las industrias manufacturadas de producción de cemento, cerveza, curtiembre y papel. (Véase tabla N° 3)

Tabla N° 3 Límites Máximos Permisibles de Efluentes

Parámetro	Valores del LMP		
	Aguas superficiales		Alcantarillado
	Curtiembre en curso	Curtiembre nueva	
Sulfuros (mg/l)	1	0.5	3

Fuente: D.S. N° 003-2002-PRODUCE

D.L. N° 003-2017-MINAM “Estándares de Calidad Ambiental para Aire y disposición final”, aprobado el 06 de junio del 2017, donde se establece los valores de estándares para asegurar la calidad de aire. (Véase tabla N° 4)

Tabla N° 4 Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Parámetro	Periodo	Valor	Criterio de evaluación	Método de análisis
Sulfuro de Hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150 µg/m ³	Media Aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

Fuente: D.S. N° 003-2017-MINAM

D.S. N° 012-2005-SA, “Reglamento de los Niveles de Estados de Alerta Nacional para Contaminación del Aire”, aprobado el 09 de mayo del 2005, con la finalidad de establecer medidas destinadas a prevenir riesgo en la salud y evitar la exposición al contaminante. (Véase tabla N° 5)

Tabla N° 5 Niveles de Estado de Alerta Nacional para el Contaminante H₂S

Tipo de Alerta	H ₂ S (µg/m ³)
De cuidado	> 1 500 promedio aritmético de 24h
De peligro	> 3 000 promedio aritmético de 24h
De emergencia	> 5 000 promedio aritmético de 24h

Fuente: D.S. N° 012-2005-SA

□ Marco Legal Internacional

La ley Occupational Safety and Health Act of 1970 (Ley de Seguridad y Salud Ocupacional de 1970 – OSHA) en conjunto con el National Institute for Occupational Safety and Health (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional – NIOSH) y American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales – ACGIH), evaluaron los límites de umbral permisibles de exposición de una persona al H₂S, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla N° 6 Niveles de Concentración Permisibles

REFERENCIA	LÍMITE PERMISIBLE H ₂ S (ppm)	PERÍODO DE EXPOSICIÓN
ACGIH	10 * 15**	8 horas
(NIOSH)	10	10 min
(OSHA)	20*** 50****	10 min

Fuente: Camizán 2015

*Valor límite umbral

**Corto periodo de exposición

***Umbral de concentración

****En su punto más alto

1.3.4 Tipos de Tratamientos Biológico Para Gas H₂S

Los tipos de sistemas biológicos son aquellos tratamientos donde se utilizan la capacidad de ciertos microorganismos para transformar contaminantes peligrosos, presentes en una corriente de gas, a compuestos simples y no tóxicos. (GRIMALDO, 2014, p.41). Mientras que HARTIKAINEN, et al. (2011) determinan que la purificación biológica es un método para reducir muchas emisiones olorosas, lo cual implica la inmovilización de ciertos microorganismos, en una superficie porosa, (p. 387).

Por otro lado REVAH y ORTIZ (2015), mencionan que este tipo de sistemas en comparación con las tecnologías de control, destruyen los contaminantes, mas no los transfieren a otra fase. En la siguiente N° 7, se puede apreciar las ventajas y desventajas de un sistema de tratamiento de biológico.

Tabla N° 7 Ventajas y Desventajas del Uso de Tratamientos Biológicos

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none">• Tecnologías ecológicamente limpias• Fácil manejo de operación con instalaciones portátiles.• Bajos costos• Pueden manejarse a temperaturas entre 10 y 40 °C.• Puede lograr alto porcentaje de eficiencia.	<ul style="list-style-type: none">• Control de las emisiones no son constantes debido a la variación de concentraciones.• Depende el flujo del gas y las concentraciones.• Inconvenientes en el mantenimiento (desprendimiento de la biomasa).

Fuente: Elaboración propia, 2018

En la siguiente tabla se presentan algunos de los más importantes tipos de tratamientos que se realizan con el uso de filtros y material biológico.

Tabla N° 8 Sistemas de Tratamiento Biológico para Control de Emisiones

SISTEMA DE TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
Biofiltro	Es un sistema donde el aire contaminado se trata a partir de un medio orgánico de compost, chips de madera, turba u otro tipo de medio.
Filtro de lecho de suelo	Tecnología de control del olor en la fase gaseosa que utiliza típicamente un medio formado por material del suelo, minerales u otro medio de bajo contenido orgánico.
Bioscrubbe (Lavador biológico)	Tecnología de control del olor en la fase gaseosa que utiliza un medio inorgánico en un contenedor, para poder mantener los microorganismos o para lograr la transferencia de masa de olores desde la fase gaseosa a la fase líquida reciclada. La biodegradación de olores puede ocurrir directamente en el medio o en un estanque separado de oxidación. Si se utiliza el estanque separado de aireación, los flujos del proceso líquido son reciclados de vuelta al contenedor.
Biotrickling filter (Filtros biológicos por goteo)	Tecnología de control del olor en la fase gaseosa que utiliza un medio inerte permeable exclusivamente para el crecimiento de los microorganismos fijos y la directa biodegradación de los compuestos odoríferos. No se utiliza un estanque separado de oxidación y la irrigación del medio se realiza con agua limpia.
Difusión en lodos activados	Es una metodología de bajo costo, en este caso los olores son recolectados y forzados a pasar por sistemas de aireación existentes o fabricados para ese propósito, dentro de digestores aeróbicos del licor mezclado de lodos activados o de estanques estabilizadores de contacto. Esta es una forma de consumo o demanda biológica.

Fuente: Elaboración propia, 2018

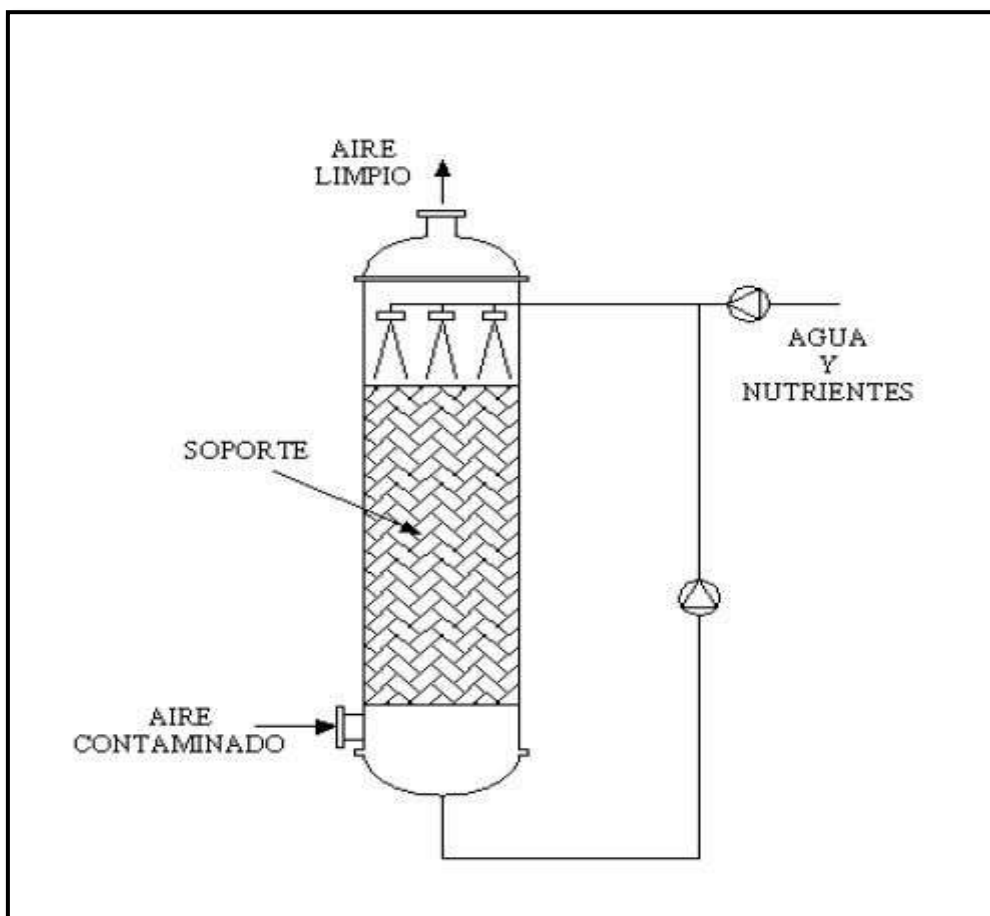
1.3.5 Sistema Biológico con Biofiltros:

Biofiltración es un proceso biológico, utilizado para el tratamiento de gases residuales y olores producidos por distintas fuentes entre ellas aguas residuales, emisiones de industrias, etc., dicho proceso consiste en hacer pasar el aire contaminado a través de un biofiltro, que es una columna o contenedor cilíndrico relleno de material orgánico sobre el cual crecen microorganismos inmovilizados.

Biofiltro: Consiste en un reactor relleno de material orgánico o inorgánico por el cual pasa el aire contaminado y donde se adhieren los microorganismos capaces de tratar los gases.

A continuación se muestra en la figura N° 1, un modelo de sistema de biofiltro para el tratamiento de aire contaminado.

Ilustración 1 Sistema de Biofiltro para Tratamiento de Gases



Fuente: inecc.gob.mx, 2018

Según HARTIKAINEN, RUUSKANEN y MARTIKAINEN (2001), los biofiltros son una tecnología económica y eficiente para el control de contaminantes olorosos (H_2S) presentes en el aire, por lo cual es necesario tener en cuenta ciertos aspectos en su implementación: (p.387).

1.3.5.1 Características biológicas y físicas de los biofiltros

❖ Microorganismos benéficos

ZHOU Q., et al. (2009), define a los microorganismos beneficiosos aquellos (microbios, micro algas, bacterias, hongos y virus), que mantiene el equilibrio ecológico, inhiben la proliferación de organismos nocivos así mismo desintegran sustancias químicas nocivas.

Por otro lado ZHOU Q., et al, plantea la división de los microorganismos en tres tipos: reactivadores, neutrales y desintegradores, (p. 3781). De los cuales los Reactivadores son aquellos microorganismos que pueden mejorar las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo, agua, sedimentos, aire y a su vez actúan como sinergistas, mientras que los neutrales actúan principalmente en la descomposición de la materia orgánica, y ambos se consideran como microorganismos beneficiosos por su aporte a la reducción de la contaminación, y finalmente los desintegradores son los causantes de las enfermedades, y perjuicios de un medio en el cual están presentes.

❖ Familia de bacterias

La incubación y uso de microorganismos benéficos en los biofiltros, tiene la ventaja que se contenga diversos tipos de organismos los que se incluye bacterias y hongos de diferentes especies. (Véase tabla N° 9).

Tabla N° 9 Microorganismos Más Comunes Usados para el Tratamiento Biológico de Gases

BACTERIAS	HONGOS
<i>Actinomicetes</i>	<i>Actinomycetes</i>
<i>Micrococcus Cephalosporium sp.</i>	<i>Penicillium sp</i>
<i>Micromonospora vulgaris</i>	<i>Circinella</i>
<i>Bacillus cereus</i>	<i>Cephalotecium sp.</i>
<i>Streptomicetes sp.</i>	<i>Ovularia sp.</i>
<i>Pseudomonas putida</i>	<i>Stemphilium sp.</i>
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>Scedosporium apiospermun</i>

Fuente: inecc.gob.mx, 2018

Así mismo cabe mencionar que en estudios realizados ante la implementación de biofiltros para el control de olores, se encontró en su mayor proporción microorganismos del género *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Acidofilos*

❖ **Características microscópicas**

Son determinantes para la identificación de las bacterias presentes en un medio, ya que revela la forma, manera de agrupación, estructura celular y tamaño. Algunas de las características comunes puedes ser:

- ✓ tinción: uniforme, irregular, unipolar, bipolar, etc.
- ✓ forma: cocos, bacilos, cocobacilos, filamentosos, bacilos curvos, etc.
- ✓ tamaño: cortos, largos, etc.
- ✓ bordes laterales: abultados, paralelos, cóncavos, irregulares
- ✓ extremos: redondeados, puntiagudos
- ✓ Disposición: parejas, cadenas, tétradas, racimos, etc.
- ✓ formas irregulares: variación en forma y tamaño, ramificados, fusiformes, etc.

1.3.5.2 Condiciones operativas del material de empaque

Se denomina material de empaque o material filtrante al soporte o cama, ya sea sintético u orgánico, donde los contaminantes son retenidos por procesos físicos o químicos así mismo es esencial en el crecimiento microbiano los cuales son los responsables de la

degradación del contaminante. Existe una variedad de materiales tales como: rocas porosas, trozos de madera, tierra, compost, residuos orgánicos, etc.

❖ **Tipo de material de empaque**

- **BIOCHAR:** es un tipo de materia orgánica, cuya característica principal es la retención de nutrientes, según REBOLLEDO A., et al. 2016, el biochar es un material que posee una porosidad con micro, meso y macroporos de tamaño que varían de <2 nm, 2-50 nm y >50 nm respectivamente, y es apto para el almacenamiento de microorganismos. (p. 370-371)
- **CUBOS DE ESPUMA DE POLIURETANO.** Son de tamaño pequeño (1 cm³), es un material inherente, de bajo costo, es característico por presentar una densidad de 20 kg/m³ y porosidad de 96 %. aptas para el sistema de biofiltros.

❖ **Volumen del filtro**

Teniendo en cuenta que los filtros de material pyrex se diseñaron con medidas ya especificadas: 350mm de largo x 65mm de diámetro, se determinó el volumen del filtro mediante la siguiente fórmula:

$$V_f = \pi r^2 h \dots\dots\dots (1)$$

Dónde:

- V_f : Volumen del filtro (cm³)
- π : Const. Pi (3.1416)
- r : Radio
- h : Altura

❖ **Volumen del empaque**

La profundidad del medio filtrante, puede variar de 0.5 a 2.5 m dependiendo del tamaño del biofiltro. Así mismo se calcula mediante la siguiente fórmula planteada por ARRIAGA, 2008 (p.101)

$$V_{lecho} = EBCT \times F_{in} \dots\dots\dots (2)$$

Dónde:

- V_{lecho} : volumen del lecho (cm^3)
- EBCT : Tiempo de retención del lecho vacío (seg)
- Q_{aire} : Caudal del aire (cm^3/seg)

❖ **Humedad**

El efecto de la tasa de humificación al medio filtrante, determinara el desempeño del filtro y la capacidad de los microorganismos para sobrevivir, puesto que estos necesitan del agua para llevar a cabo sus actividades metabólicas. Cabe agregar que le poco contenido de humedad puede causar que el medio se seque causando que los microorganismos reduzcan la tasa de biodegradación.

Para determinar el contenido de humedad del material de empaque (orgánico), se toma 1 gramo de muestra, se pesa y seca durante 24 horas, de acuerdo a la siguiente fórmula se determina el contenido en % de humedad.

$$\% H = \frac{(W_w - W_s) \times 100}{W_w} \dots\dots\dots (3)$$

Dónde:

- $\% H$: Porcentaje de humedad
- W_w : Peso húmedo de la muestra
- W_s : Peso seco de la muestra

Por otro lado GRIMALDO (2014), recomienda que el contenido de humedad se determine de acuerdo al tipo de material, tal como se especifica en el siguiente cuadro: (p.98-99).

Tabla N° 10 Porcentaje de humedad de acuerdo al tipo de material

Tipo de material	% de Humedad
Material de Turba	40% a 60%
Material de compost cribado	20% a 40%
Suelos y Arena	15% a 25%
Material inorgánico	20% a 30%

Fuente: Elaboración propia, 2018

❖ Temperatura

La temperatura es una de las condiciones más importantes en la determinación del crecimiento bacteriano, generalmente en el reactor se estima el crecimiento de bacterias del género *bacillus*. *Pseudomonas* y *Acidofilas*, de las cuales crecen en temperaturas de aproximadamente 28 ° C. es preciso mencionar que existe una determinada temperatura para distintos tipos de reacciones biológicas. (Véase tabla N° 11).

Tabla N° 11 Rangos de Temperatura para óptimo crecimiento bacteriano

Tipo	Temperatura (°C)	
	Rango	Ideal
Psicrófilo	-10 a 30	12 a 18
Mesófilo	20 a 50	25 A 40
Termófilo	35 75	55 A 65

Fuente: Von Sperling y De Lemos, 2006

❖ **Suministro de nutrientes**

Generalmente es necesario un suministro continuo de nutrientes para incentivar el crecimiento bacteriano en una cepa. Sin embargo, el suministro excesivo de nutrientes puede resultar en la biomasa formación y obstrucción del lecho filtrante, para el caso en particular de los microorganismos del género *bacillus*, se adaptan a condiciones de exceso de miel. Así mismo es preciso mencionar que los microorganismos requieren de fuentes de energía, carbón y nutrientes necesarios para su crecimiento, reproducción, etc., en el medio donde se aclimataran.

❖ **Condiciones de pH**

El rango de pH es determinante para el crecimiento bacteriano y actividades metabólicas de los microorganismos, por un lado para los microorganismos del género *bacillus* su crecimiento óptimo es en un rango de pH 2 – 4, mientras que para las cepas de *thiobacillus* crecen en condiciones de pH 2. En la siguiente tabla se presentan los rangos de pH en el crecimiento de los microorganismos.

Tabla N° 12 Escala de pH para Microorganismos Anaeróbicos

pH	Tipo de microorganismos según rango de pH	Familias de Microorganismos
1.1 – 5.5	<i>Acidófilos</i>	<i>Lactobacillus spp</i> <i>Bifidobacterium bifidum</i>
5.5 – 8.0	<i>Neutrófilos</i>	<i>Clostridium perfringes</i> <i>Methanococcus sp</i> <i>Methanobacterium sp</i> <i>Propionibacterium acidipropionici</i>
8.5 – 11.5	<i>Alcalonófilos</i>	<i>Clostridium botulinum</i> <i>Clostridium sporongenes</i> <i>Clostridium tetani</i> <i>Fusobacterium spp</i> <i>Micrococcus spp</i>

Fuente: <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v13n24/v13n24a06.pdf>

❖ **Porosidad**

La media inorgánica debería tener una alta fracción de espacios vacío (> 80%) para que la biopelícula crezca y el crecimiento de la biomasa no sea fácilmente desprendida.

1.3.5.3 Cálculo del Rendimiento de los biofiltros

Para la evaluar el desempeño del sistema de biofiltro, se considera determinar la eficiencia de remoción mediante la Concentración Inicial (Ce) del gas determinada a la entrada del biofiltro, así mismo la Concentración Final (Cs) definida después que el gas haya pasado por el material de empaque.

❖ **Eficiencia**

La eficiencia (ER), está determinada por la cantidad de contaminante removido en el sistema de biofiltro, expresado en porcentaje (%), se calcula a partir de la siguiente formula, (GRIMALDO, 214, p.84)

$$ER = \frac{(Ce - Cs) \times 100}{Ce} \dots\dots\dots (4)$$

Dónde:

- ER : Eficiencia de remoción (%)
- Ce : Concentración inicial (ppm)
- Cs : Concentración final (ppm)

Visto que la concentración del gas es reportada en volumen, se es necesario convertirlo en peso utilizando la siguiente fórmula: (GRIMALDO, 214, p.81)

$$C (g/m^3) = \frac{Ce, Cs (ppmv) \times 34}{24,776} \dots\dots\dots (5)$$

Dónde:

- C : Concentración (g/m³)
- C_e : Concentración inicial (ppm)
- C_s : Concentración final (ppm)

1.3.5.4 Condiciones de operación del gas H₂S

Definir las características y concentración del gas contaminado es de importancia para la determinación de la eficiencia y diseño del sistema de biofiltración, por un lado tener en cuenta que la concentración del gas el cual puede superar el rango de 0 a 5 g/m³, como también la temperatura del gas que supere los 40 °C ya que influye en el metabolismo microbiano, así mismo la presencia de partículas puesto que pueden intervenir como obstrucción del lecho o tuberías.

❖ **Tiempo de contacto de lecho vacío (EBCT)**

Comúnmente el periodo de pertenencia de aire contaminado en el lecho es expresado como Tiempo de Contacto de Lecho Vacío (EBCT), determinado en segundos y es de gran importancia para la efectividad de la eliminación de olores, los biofiltros requieren entre 20 a 60 segundos para la remoción del contaminante. De tal modo a continuación en la fórmula N° 6 de la cual se calculó el tiempo de residencia en lecho vacío. (GRIMALDO, 214, p.79)

$$\boxed{\text{EBCT} = V_f \times (60/F_{in})} \dots\dots\dots (6)$$

Dónde:

- EBCT : Tiempo de residencia en lecho vacío (seg)
- F_{in} : Flujo de aire contaminado (L/m)
- V_f : Volumen del filtro (L)

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema General

- ¿Cuál es la eficiencia de biofiltros activados con microorganismos benéficos para remover gases de sulfuro de hidrogeno emitidos desde un sistema de tratamiento de aguas residuales de curtiembre mediante torres empacadas?

1.4.2 Problemas Específicos

- ¿En qué medida influyen las condiciones operativas del material de empaque en el rendimiento de los biofiltros activados con microorganismos benéficos?
- ¿Cuál es el tipo de material de empaque que influye significativamente en el rendimiento de los biofiltros activados con microorganismos benéficos?

1.5 Justificación del estudio

La presente investigación pretende ser una alternativa de innovación en el aporte a la ingeniería, puesto que en los últimos años se ha venido incrementando la problemática de contaminación de los recursos naturales, es por ello la necesidad de contrarrestar y enfrentar dichos problemas ambientales buscando asegurar la sostenibilidad del medio ambiente y una mejor calidad de vida saludable de la población.

Teniendo en cuenta que una de las problemáticas más notorias en las industrias de curtiembre son los gases emitidos, ya que debido a la producción de olores no solo afectan la calidad del aire sino la salud de la población cercana a dichas emisiones. Considerando que generalmente las investigación en las industrias radican en los tratamientos de agua, y muy poco el estudio de las emisiones atmosféricas se ha previsto organizar todo tipo de conocimiento disponible y vigente en la actualidad, así mismo realizar una revisión en la teoría alineada con el desarrollo del experimento, lo que finalmente permitirán enunciar un marco teórico para las soluciones integrales de tratamiento de emisiones de sulfuro de hidrogeno como un aporte al desarrollo de la ingeniería ambiental.

En el desarrollo de las pruebas experimentales, se seguirá un protocolo previamente diseñado para el caso, se pretende desarrollar un diseño muy práctico y fácil, con el

objetivo de ser reproducibles convirtiéndose en lineamientos o aplicaciones prácticas del laboratorio de biotecnología para futuras investigaciones, además de ser llevado a una escala industrial que permita ser implementado en las industrias dedicadas a este sector, de tal manera se tiene previsto que los sectores minimicen sus impactos.

Por otro lado, desde el punto de vista social sabemos que la población es la más afectada con las descargas y emisiones, ya que son los principales protagonistas que perciben de cerca dicha problemática, y consecuentemente son los que contraen las diferentes enfermedades debido a su exposición o contacto con los contaminantes, en mención a lo anterior el presente estudio justifica la implementación del sistema de biofiltros activados para reducir las emisiones de H₂S y reducir la contaminación atmosférica que se produzca por las descargas de la industria curtiembre, así mismo al ser aplicada dicha tecnología, proporcionara una herramienta importante en el tratamiento de gases como también un aporte y oportunidad para conducir a la responsabilidad y mejor imagen de dichas industrias.

1.6 Hipótesis:

1.6.1 Hipótesis General

- **HG:** Los biofiltros activados con microorganismos benéficos tienen una eficiencia de 80 a 95 % en la remoción del gas Sulfuro de hidrogeno.

1.6.2 Hipótesis Específicas

- **HE1:** La condiciones de operación del material de empaque influyen de manera significativa en el rendimiento de los biofiltros activados con microorganismos benéficos.
- **HE2:** El Biochart es el tipo de material de empaque con mayor influencia en el rendimiento del biofiltro activado con microorganismos benéficos.

1.7 Objetivos:

1.7.1 Objetivo General

- Estimar la eficiencia de biofiltros activados con microorganismos benéficos en la remoción de gases de sulfuro de hidrogeno emitidos desde un sistema de tratamiento de aguas residuales de curtiembre mediante torres empacadas.

1.7.2 Objetivos Específicos

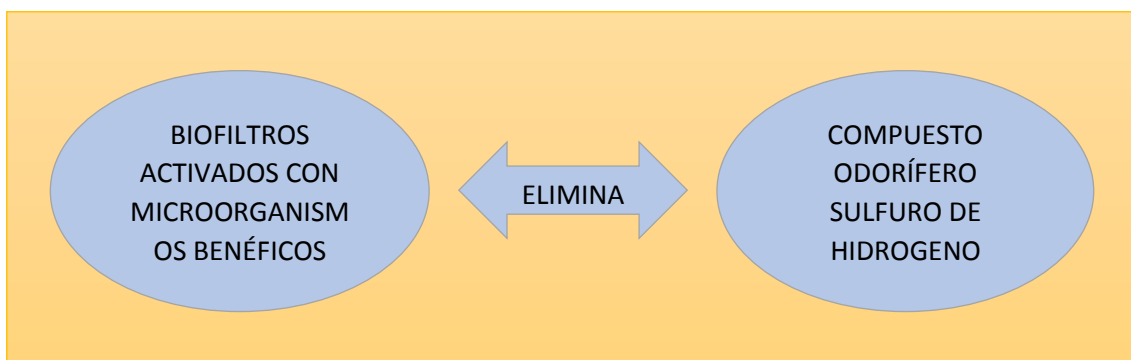
- **OE1:** Determinar las óptimas condiciones operativas del material de empaque que influyen en el rendimiento de los biofiltros activados con microorganismos benéficos.
- **OE2:** Determinar qué tipo de material de empaque influye significativamente en el rendimiento de los biofiltros activados con microorganismos benéficos.

II.MÉTODOS

2.1 Diseño de la investigación

Se define diseño “EXPERIMENTAL” a la situación donde se controla o manipula intencionalmente una o más variables independientes (causa) para consecuentemente analizar la variable dependiente (efecto). (HERNANDEZ, et al, 2014, p.163). En mención a lo anterior en presente estudio tiene un diseño de la investigación experimental, puesto que se manipulo la variable independiente en relación al efecto que causo sobre la variable dependiente, a continuación se muestra el esquema de relación entre las dos variables.

Esquema N° 2 Relación entre Variables



Fuente: Elaboración propia, 2018

2.1.1 Tipo de Investigación: APLICADA

La investigación aplicada pretende desarrollar teorías y conocimientos básicos de un tema en un campo en particular, es decir convalidar una teoría ya establecida en un nuevo espacio o campo, el objetivo principal de este tipo de estudio es aplicar conocimientos generales ya estudiados en un problema en particular.. (MALETA, 2009, p.110). En efecto la presente investigación es de tipo aplicada, puesto que se desarrollara conceptos ya estudiados y estipulados en un nuevo campo.

2.1.2 Enfoque de la Investigación: CUANTITATIVA

HERNANDEZ, et al (2014), menciona que el enfoque cuantitativo mantiene un proceso secuencial y probatorio de recolección de datos, mediciones numéricas y análisis estadístico con el cual se genera resultados, así mismo otorga control sobre el fenómeno para la comparación con otros estudios. (p.37).

2.2 Variables, operacionalización

2.2.1 Variables

- Variable independiente: Eficiencia de Biofiltros activados con microorganismos benéficos.
- Variable dependiente: Remoción de gases de sulfuro de hidrogeno.

2.2.2 Operacionalización de las variables

- **VARIABLE INDEPENDIENTE:** Biofiltros activados con microorganismos benéficos.

Un biofiltro consiste en un contenedor cilíndrico, relleno de material de empaque, dicho material específicamente orgánico poblado con microorganismos, a través del cual pasa el aire contaminado para su tratamiento (OMRI, 2013 p.170)

- **VARIABLE DEPENDIENTE:** Remoción de gases de sulfuro de hidrogeno.

LIN (2013), menciona que el desempeño de los biofiltros activados en la eliminación de contaminante H₂S se muestra en función de las concentraciones y condiciones de entrada y salida del gas contaminante

(p.54). Así mismo afirma que bacterias tales como *Thiobacillus*, *Thiosphaera*, *Sulfolobus*, *Pseudomonas* y *Alcaligenes*, tienen un importante papel en la degradación del compuesto H₂S (p.52).

2.2.3 Matriz de Operacionalización de las variables

Tabla N° 13 Matriz de operacionalización de las variables de la investigación

Eficiencia de Biofiltros Activados con Microorganismos Benéficos para Remover Gases de H2S Emitidos de un Sistema de Tratamiento de Agua Residual de Curtiembre, SJL-2018								
Problemas	Objetivos	Hipotesis	Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
¿Cuál es la eficiencia de biofiltros activados con microorganismos benéficos para remover gases de sulfuro de hidrogeno emitidos desde un sistema de tratamiento de aguas residuales de curtiembre mediante torres empacadas?	Estimar la eficiencia de biofiltros activados con microorganismos benéficos en la remoción de gases de sulfuro de hidrogeno emitidos desde un sistema de tratamiento de aguas residuales de curtiembre mediante torres empacadas.	HG: Los biofiltros activados con microorganismos benéficos tienen una eficiencia de 80 a 95 % en la remoción del gas Sulfuro de hidrogeno.	VI: Eficiencia de Biofiltros activados con microorganismos benéficos	Un biofiltro consiste en un contenedor cilíndrico, relleno de material de empaque, dicho material específicamente orgánico poblado con microorganismos, a través del cual pasa el aire contaminado para su tratamiento. (OMRI, et al. 2013, p.170)	La corriente de aire contaminado con H2S emitido desde un pre tratamiento de agua de curtiembre mediante un sistema de torres empacadas con anillos raching, fue dirigido por tubos galvanizados hacia los biofiltros activados con microorganismos benéficos, los cuales estuvieron compuestos por dos tipos de material de empaque "biochart" y "cubos de espuma de poliuretano", los tubos se mantuvieron conectados a un flujómetro para medir la velocidad del aire y un equipo medidor de gases Multirae Lite/RAE para determinar la concentración del contaminante. El flujo de aire controlado desde el flujómetro fue variando de tal forma se pudo calcular mediante fórmula.	Condiciones operativas del material de empaque	volumen de empaque	cm ³
							Humedad	%
							temperatura	°C
							nutrientes	%
							ph	unidad de ph
							porosidad	%
Tipo de material de empaque	Biochart	adimensional						
	cubos de poliuretano	adimensional						
¿En qué medida influyen las condiciones operativas del material de empaque en el rendimiento de los biofiltros activados con microorganismos benéficos?	OE1: Determinar las óptimas condiciones operativas del material de empaque que influyen en el rendimiento de los biofiltros activados con microorganismos benéficos.	HE1: La condiciones de operación del material de empaque influyen de manera significativa en el rendimiento de los biofiltros activados con microorganismos benéficos.	VD: Remoción de gases de sulfuro de hidrogeno	La remoción de gases de sulfuro de hidrogeno a partir de la implementación de biofiltros activados se muestra en función de las concentraciones y condiciones de entrada del gas contaminante (LIN L, et al, 2013, p.54)	El porcentaje de eliminación del compuesto odorífero sulfuro de hidrogeno se calcula a partir de las concentraciones iniciales del gas en relación a la concentración final del compuesto, dichas concentraciones se obtuvieron a partir de un monitoreo de gases, así mismo se realizaron pruebas y mediciones de los principales parámetros que involucran las condiciones del gas contaminado.	Rendimiento de los biofiltros	Concentración inicial	ppm
							Concentración final	ppm
							Eficiencia	%
¿Cuál es el tipo de material de empaque que influye significativamente en el rendimiento de los biofiltros activados con microorganismos benéficos?	OE2: Determinar qué tipo de material de empaque influye significativamente en el rendimiento de los biofiltros activados con microorganismos benéficos.	HE2: El Biochart es el tipo de material de empaque con mayor influencia en el rendimiento del biofiltro activado con microorganismos benéficos.				Condiciones de entrada del Gas sulfuro de hidrogeno	Tiempo de residencia en el empaque	segundos
							Flujo de aire	l/m
							Volumen del filtro	cm ³

Fuente: Elaboración propia, 2018

2.3 Población y muestra

Unidad de muestreo o estudio. Denominado materia, elementos, individuos en cuestión (HERNANDEZ, et al. 2014, p.205).

Para la presente investigación la unidad de muestreo fueron los gases de sulfuro de hidrogeno contenidos en las aguas residuales de la etapa de pelambre, industria de curtiembre.

Población: se define al conjunto de casos que se relacionan con determinadas características o especificaciones. (HERNANDEZ, et al. 2014, p. 205).

La población perteneciente al presente estudio son los gases de sulfuro de hidrogeno contenidos en las aguas descargadas de la etapa de pelambre, lo cual es aproximadamente 15 m³ de agua contaminada, por tonelada de cuero, (equivalente a 15 000 litros de agua por 1 000 kg de cuero curtido), cabe agregar que diariamente se procesa alrededor de una tonelada de cuero en la curtiembre ubicada en el distrito de San Juan de Lurigancho.

Muestra. Se define como el subgrupo estadísticamente representativo del universo o población, del cual se recolectaran los datos. (HERNANDEZ, et al. 2014, p. 206).

La muestra del presente estudio está representada por los gases de H₂S contenidos en 7 litros de aguas residuales.

Tipo de muestra: NO PROBABILÍSTICA, ya que la selección de la muestra, se determinó en relación a las características de la investigación, así mismo influyo el criterio del investigador, cabe agregar que se utilizara un muestreo DISCRECIONAL o POR JUICIO.

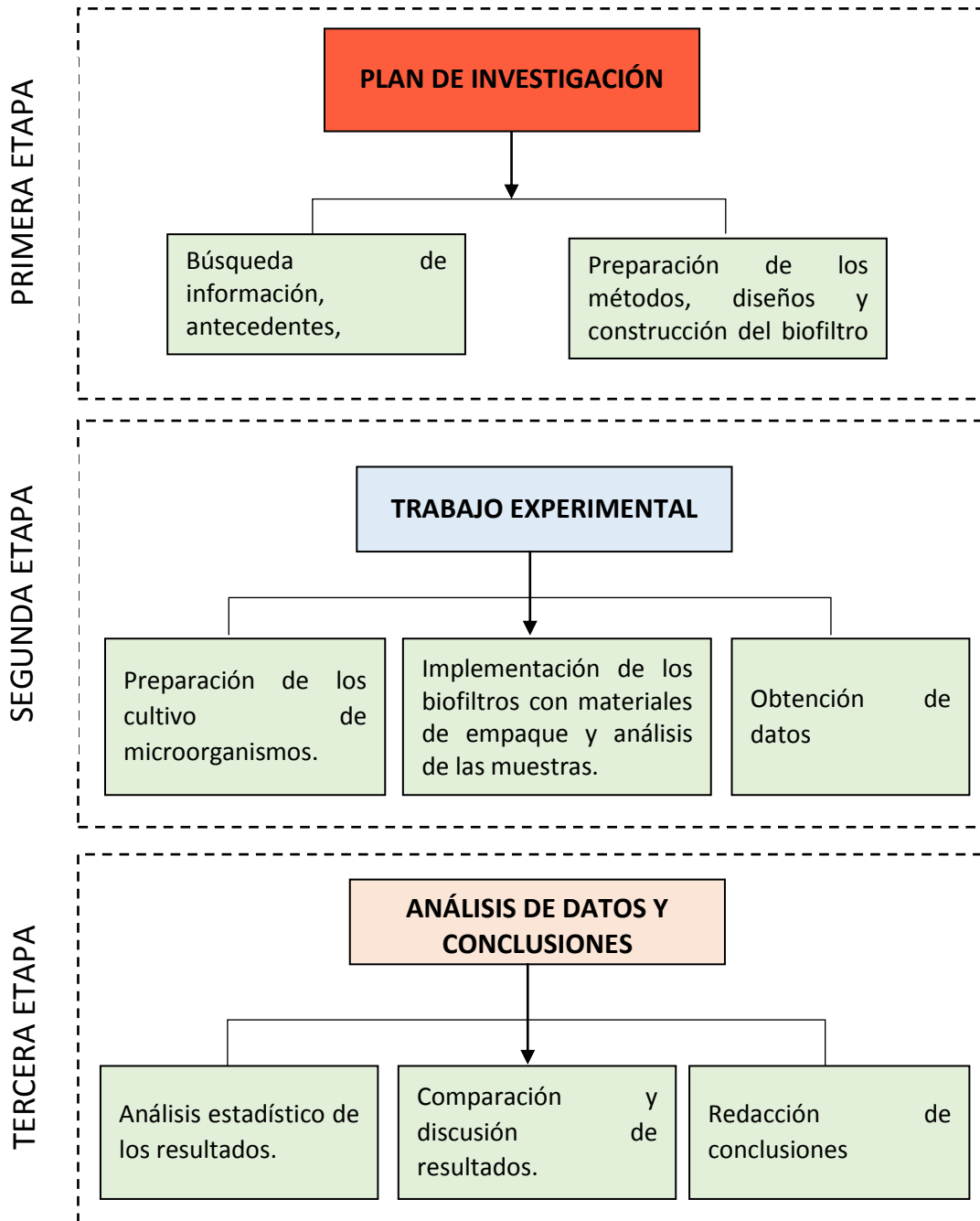
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

La recolección de datos implico se basó en el uso de equipos de laboratorio con los cuales se obtuvieron los valores físico – químicos de ciertos indicadores, así mismo se determinó las concentraciones de entrada y salida del gas H₂S mediante la manipulación de un equipo MULTIRAE LITE / RAE. Por otro lado se utilizó la técnica observacional con la cual se evaluó el comportamiento de las variables.

Finalmente se detalló la recolección de datos mediante ficha de observación (Anexo N° 3) diseñada para cada variable, así mismo se siguió una serie de etapas para obtener los datos deseados, detallándose en el siguiente esquema.

Esquema N° 3 Etapas de desarrollo del proyecto



Fuente: Elaboración propia, 2018

2.4.2 Validez del Instrumento:

La validez implica que los datos registrados de cada ítems deben tener una correspondencia directa con los objetivos de la investigación, por lo cual se utilizó la técnica de validación denominada juicio de experto, la cual conto con 5 jueces especialistas con conocimientos basados en la línea de investigación, dando como resultado que los ítems de la ficha de Observación son APLICABLES, finalmente en la siguiente tabla se detalla los especialistas que dieron por válido el instrumento, obteniendo un porcentaje de 93.8% de aprobación para su aplicación.

Tabla N° 14 Validación de las fichas de observación

JUEZ EVALUADOR	GRADO ACADÉMICO	APLICABLE	PORCENTAJE DE APROBACION
Dr. Espinoza Farfán Eduardo R.	Ing. Ambiental y de Recursos Naturales	X	94 %
Ing. Honores Balcázar César F.	Ing. De RR.NN y Energía Renovable	X	95 %
Ing. Valdiviezo Gonzales Lorgio	Ing. Metalúrgico	X	95 %
Mg. Carlos Alfredo Ugarte Alvan	Ing. Químico	X	95 %
Ing. Herrera Díaz Marco	Ing. Geógrafo	X	90 %
VALIDACIÓN PROMEDIO			93.8 %

Fuente: Elaboración propia, 2018

2.4.3 Confiabilidad

Los valores obtenidos luego del análisis con los diferentes instrumentos y equipos utilizados fueron respaldados por un certificado de calibración otorgado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) u otro ente certificador. La presente certificación hace constar que nuestros datos y resultados son válidos y confiables.

Para el equipo medidor de gases MULTIRAE LITE / RAE, se adjunta en el anexo N° 05 el certificado de calibración, otorgado por la empresa Ecológico & Instrumental S.A.C.

2.5 Métodos de análisis de datos

Para el análisis y procesamiento de datos se utilizó el software MICROSOFT EXCEL, donde se comparó y se determinó mediante fórmulas, tablas y Gráficos los diferentes valores y porcentajes requeridos, así mismo para guardar datos y verificar de forma visual los resultados.

2.6 Metodología Experimental

2.6.1 Obtención de los microorganismos benéficos

La producción de microorganismos benéficos se basó en el informe de producción de MOBs, realizado por un grupo de estudiantes del programa de doctorado en ciencias ambientales de la UNAM. (CABELLO R., et al. 2017, p.11)

┆ Materiales

Vegetales (col trozada)	Bolsa de propileno
Hígado de pollo (cocinado)	Balanza analítica
Sal de mesa	Peachimetro
Kion	Refractómetro
Chancaca	Agua destilada
Yerba buena	Melaza de caña de azúcar

┆ Procedimiento

Fase N° 1: Selección de los microorganismos benéficos

Elegimos la muestra biológica de origen vegetal *Brassica oleracea* (COL), de la cual se aisló los microorganismos benéficos, la misma que se trozo en partes pequeñas, se mantuvo la muestra en una bolsa de propileno hermética y se pesó de tal forma que se

obtenga 500 kg, seguidamente se agregó el doble de agua en relación al peso anterior (1000 ml).

Por otro lado se añade a la preparación anterior chancaca diluida, en esta primera muestra se utilizó 300gr de chancaca diluida en 3 litros de agua, 100gr de sal, 200gr de hígado cocido y trozado; una vez obtenida una mezcla homogénea, se midió los grados Brix, (el grado de azúcar), obteniendo 7.6 y un pH de 6.15.

Cabe agregar que para una segunda muestra se utilizó 100gr de hígado cocido, 50gr de sal y 150 gr de chancaca diluida en 11Lt ½ de agua, además se adicionó trozos de hierba buena y kion.

Fase N° 2: Recuperación de los microorganismos benéficos

Las muestras trabajadas se mantuvieron en la incubadora a una temperatura de 25°C y después de 07 días se observó películas de color blanquecino en las paredes de la bolsa, así mismo un olor similar al de chica de jora.

Se volvió a medir el pH, obteniendo un líquido completamente ácido, lo que indica que el líquido se ha convertido en inóculo madre, se procedió a separar el líquido en un recipiente con melaza, de tal forma que se mantengan los microorganismos aptos para ser trabajados.

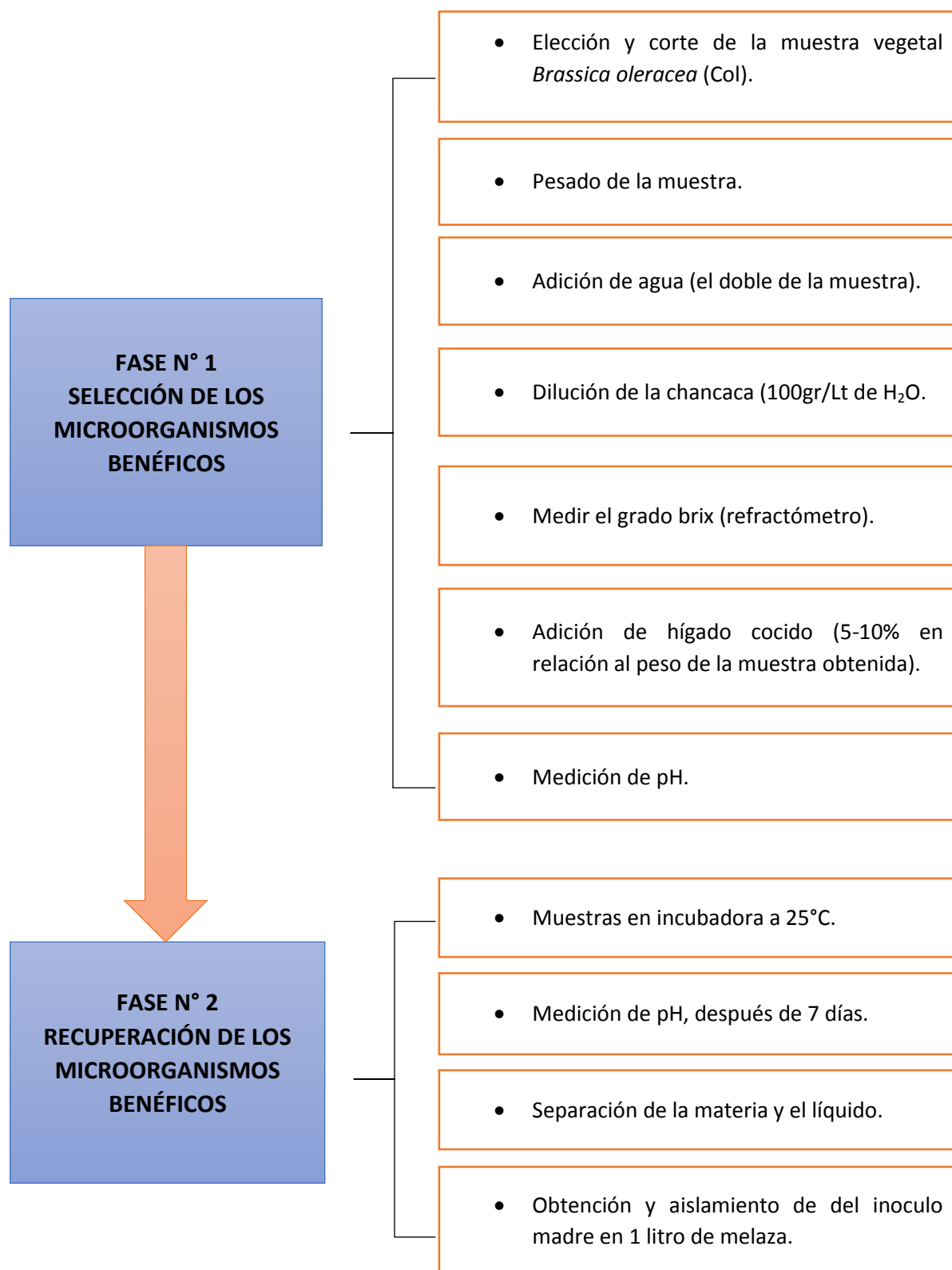
Fase N° 3: Preparación de los Biofiltros

Los materiales de empaque Biochar y cubos de espuma de poliuretano fueron acondicionados dentro de cada biofiltro y rociados por el líquido de inóculo madre, de tal forma que se adapten los microorganismos en el material de empaque.

Por otro lado se roseo agua para mantener una humedad estable y se adiciono sulfuro de sodio en relación al peso del material de empaque.

En el siguiente esquema, se detalla las fases y procedimientos a seguir para obtención de los microorganismos benéficos.

Tabla N° 15 Procedimientos Para Obtención de Microorganismo Benéficos



Fuente: Elaboración propia, 2018

2.6.2 Construcción de los biofiltros

FASE N° 1: Evaluación y selección del material de empaque

Se evaluó los tipos de materiales de empaque a utilizar, la selección se basó en discriminar las características como porosidad, capacidad de humedad, y medio apto para la incubación y adaptación de microorganismos, se definió por los materiales de Biochart y cubos de espuma de poliuretano.

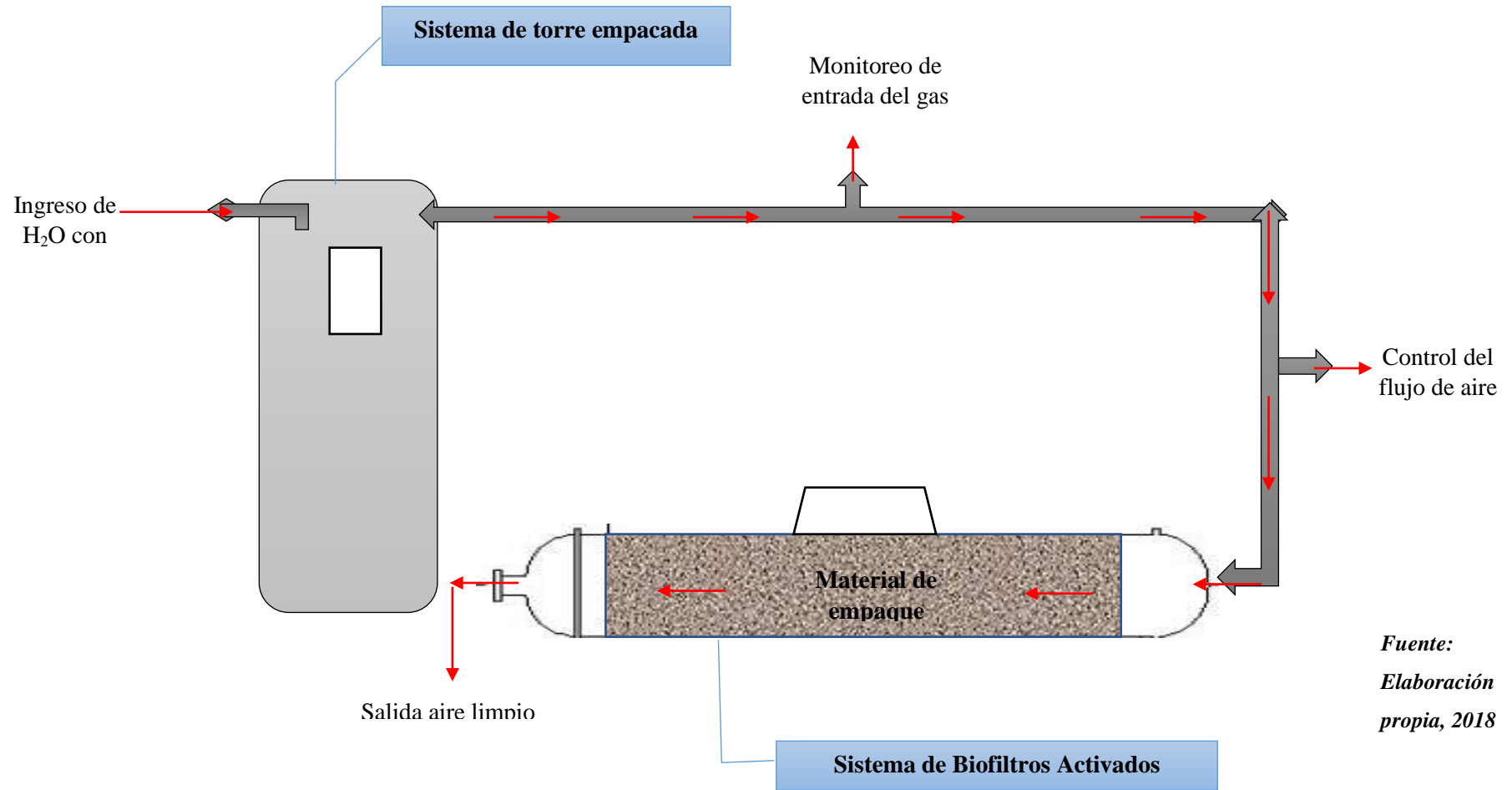
FASE N° 2: Diseño de filtros

Se diseñó dos biofiltros en vidrio de pyrex, con dimensiones de: 350mm de largo x 65mm de diámetro, así mismo se hizo dos salidas en cada extremo del filtro con dimensiones de 75mm de largo x 20mm de diámetro, finalmente se adaptó una salida en la parte superior central, por donde se realizó la humificación del material cuyas medidas fueron 45mm de alto x 24mm de diámetro.

FASE N° 3: Instalación de filtros

Los filtros fueron dispuestos en serie con la torre de empaque, unidos mediante tubos galvanizados de 1 pulgada (25,4mm) de diámetro, ductos por donde se transportó el aire contaminado así mismo donde se acondicionaron los equipos de flujómetro y medidor de gases MULTIRAE LITE / RAE, para las mediciones correspondientes.

Esquema N° 4 Sistema de Torre Empacada en Serie con Biofiltros Activados



*Fuente:
Elaboración
propia, 2018*

2.6.3 Generación y tratamiento del Gas Sulfuro de Hidrógenos

Para la obtención y tratamiento del Gas Sulfuro de Hidrogeno (H_2S) las aguas residuales de curtiembre fueron pre-tratadas mediante la aplicación de coagulantes naturales *Emerita análoga* y *Chondracanthus chamissoi* (SALCEDO M., 2018), para seguidamente ser ingresadas al sistema de torre de empaque rellena de anillos raching en contra corriente con aire (CASTRO K., 2018), el proceso con agua termina al cabo de 10 minutos donde se da inicio a la emisión de gases de H_2S ocasionados por la transferencia de masa.

El aire contaminado (gases de H_2S), son direccionados por tuberías hacia el biofiltro donde interactúa con material de empaque (Biochart y cubos de espuma de poliuretano) incubados con microorganismos benéficos, finalmente los contaminantes son adheridos por el biofilm, produciendo la biodegradación del H_2S .

2.7 Aspectos éticos

La autora de la presente investigación está sujeta a principios éticos, es decir mantiene un compromiso de respeto a la autoría de información obtenida de otros trabajos, investigaciones, artículos, etc., los cuales al tomarse como referencias fueron citados correctamente según las normas ISO.

Así mismo durante el desarrollo de la pruebas, mantener respeto a las normas de monitoreo y muestreo en la calidad de aire, sujeto al protocolo establecido. Además los análisis serán realizados en laboratorios acreditados ante el Instituto Nacional de Defensa del Consumidor y de la Propiedad Intelectual –INDECOPI, para demostrar fidelidad en los resultados obteniendo y cumplir con las políticas, lineamientos, normas y reglamentos (nacionales e internacionales) con respecto al medioambiente, biodiversidad y responsabilidad social, de tal forma dar un aporte a la ingeniería y cuidado de los recursos naturales.

III. RESULTADOS

3.1 Muestras de microorganismos.

Los microorganismos benéficos se obtuvieron en condiciones de pH y Grados Brix, detallados en la siguiente tabla.

Tabla N° 16 pH y Grados Brix de muestras de microorganismos

Fecha de medición	Primera Muestra		Segunda Muestra	
	pH	Grados Brix (°Bx)	pH	Grados Brix (°Bx)
14 / 09 / 18	6.15	7.60	-	-
17 / 09 / 18	4.26	15.1	5.79	8.70
24 / 09 / 18	3.16	15.1	3.40	8.70

Fuente: Elaboración propia, 2018

3.2 Condiciones operativas del material de empaque

Las condiciones de operación de cada material de empaque se determinaron mediante la aplicación de fórmulas tal es el caso de la humedad, volumen del filtro, etc, por otro lado para la definir la temperatura, porosidad y cantidad de nutrientes se aplicó conocimientos teóricos y/o antecedentes así mismo para obtener el valor de pH y grados brix se utilizó equipos de laboratorio.

a) **Volumen del filtro:** determinado mediante la fórmula N° 1. Teniendo en cuenta las siguientes dimensiones tomadas en campo:

- Altura (h) : 350mm = 35cm
- Diametro (d) : 65mm = 6.5cm
- Radio (r) : 32.5mm = 3.25 cm
- Const. Pi (π) : 3.1416

$$V_f = 3.1416 * 3.15^2 * 35 = 1161.41025 \text{ cm}^3 = 1.16141025 \text{ L}$$

- b) **EBCT:** tiempo de residencia en el lecho vacío fue determinado mediante la fórmula N° 6.

Tabla N° 17 Tiempo de residencia en lecho vacío

Vf (L)	F _{in} (L/m)	fórmula	EBCT (seg)
1.16141025	2	EBCT = Vf x (60/F _{in})	35
	4		17
	5		14
	6		12
	8		9
	10		7

Fuente: Elaboración propia, 2018

- c) **Volumen del material de empaque:** se determinó aplicando la fórmula N° 2:

Tabla N° 18 Volumen del material de empaque

EBCT (seg)	F _{in} (cm ³ /seg)	fórmula	V _{lecho} (cm ³)	Promedio V _{lecho} (cm ³)
35	2	EBCT = Vf x (60/F _{in})	35	1172.224567
17	4		17	
14	5		14	
12	6		12	
9	8		9	
7	10		7	

Fuente: Elaboración propia, 2018

d) La determinación del porcentaje de humedad para cada material de empaque se realizó aplicando la formula N°3.

- **Biochart:** peso húmedo de la muestra (Ww) equivalente a 5.0 g, peso en seco de la muestra (Ws) 2.5g.

$$\% H = \frac{(5.0 - 2.5) \times 100}{5.0}$$

$$\% H = 50$$

- **Cubos de espuma:** peso húmedo de la muestra equivalente a 5.95g, peso en seco de la muestra 0.32g.

$$\% H = \frac{(5.95 - 0.32) \times 100}{5.95}$$

$$\% H = 95$$

e) Por otro lado se determinó teóricamente los parámetros de temperatura, pH y porosidad, los cuales se detallan a continuación.

Tabla N° 19 Condiciones operativas del material de empaque

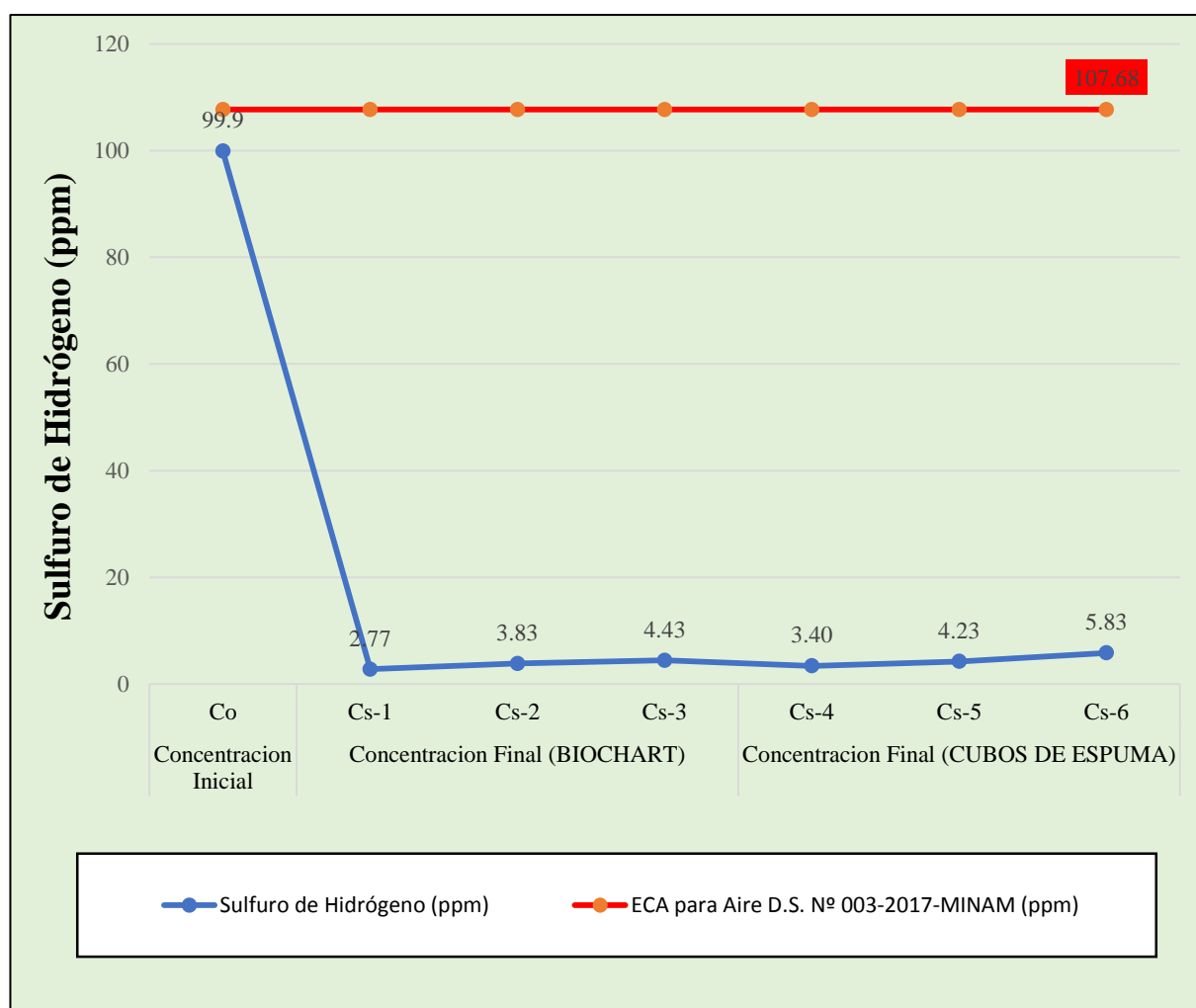
Material de Empaque	Biochart	Cubos de espuma de poliuretano
Humedad (%)	50 %	95 %
Temperatura (°C)	24°C	24°C
pH	2.00 – 3.00	2.00 – 3.00
Porosidad	<2 nm, 2-50 nm y >50 nm	96 %

Fuente Elaboración propia, 2018

3.3 Concentraciones Inicial y Final del Gas H₂S

Según el D.S N° 003-2017-MINAM, el Gas Sulfuro de Hidrógeno, debe permanecer en el ambiente durante 24 horas en una concentración de 150 µg/m³ equivalente a 107.68 ppm. En efecto se observó que la concentración de ingreso del gas al sistema de biofiltros activados, fue de +99,9 ppm, mientras que las concentraciones finales variaron de acuerdo al tipo de material de empaque utilizado, finalmente se pudo observar que la menor concentración final registrada en el material de empaque biochart fue de 2.77 ppm, mientras que para el material de empaque cubos de espuma de poliuretano fue de 3.40 ppm. (Véase gráfico N°1)

Gráfico N° 1 Comparación de las concentraciones iniciales y finales de H₂S con el ECA aire

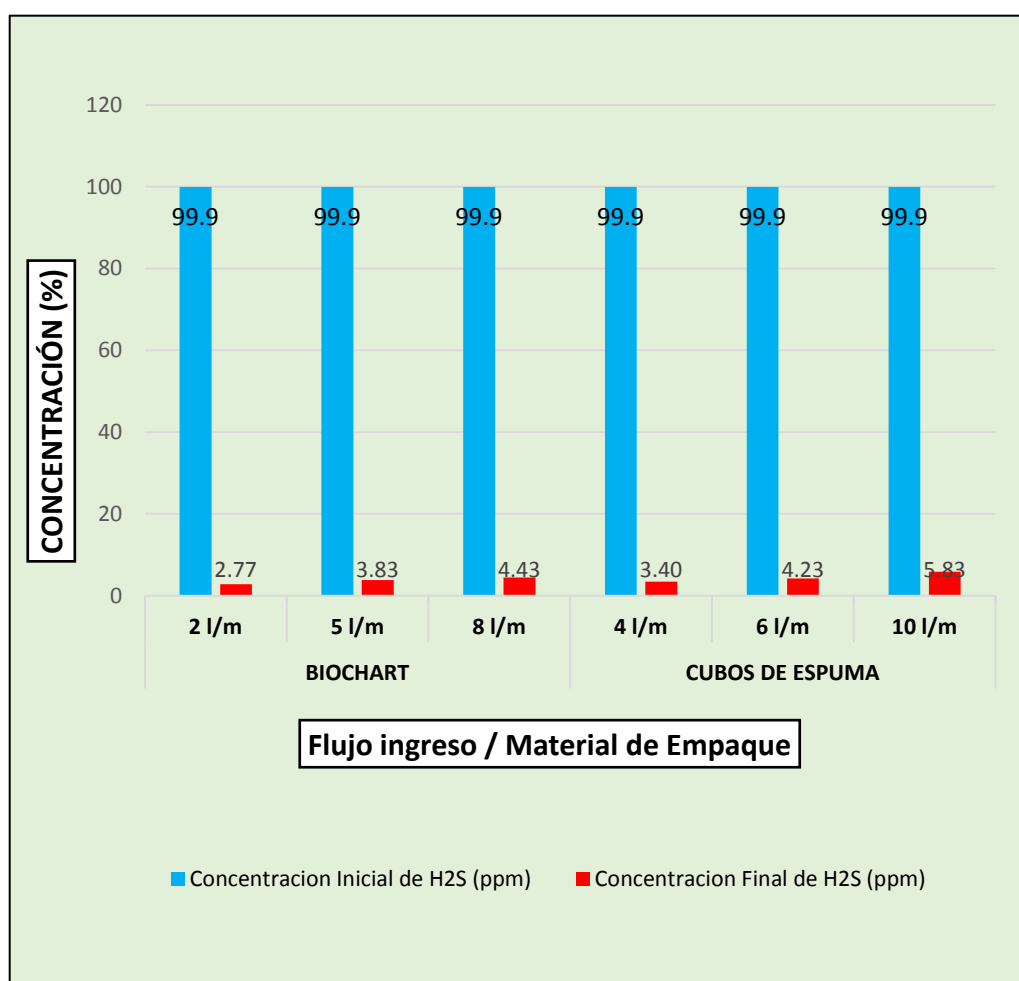


Fuente: *Elaboración propia, 2018*

3.1 Concentración de Remoción del gas Sulfuro de Hidrogeno

Se evaluó el porcentaje de remoción del gas H₂S en distintos a tres distintos flujos de aire 2l/m, 5l/m y 8 l/m para el material de Biochart, mientras que los flujos de 4l/m, 6l/m y 10 l/m para el material de espuma, obteniendo que el contaminante fue degradado con mayor eficiencia en el flujo de 2l/m en el material de “biochart” por otro lado en el material de “cubos de espuma de poliuretano” el flujo de 4l/m obtuvo mejor remoción. (Véase gráfico N° 2)

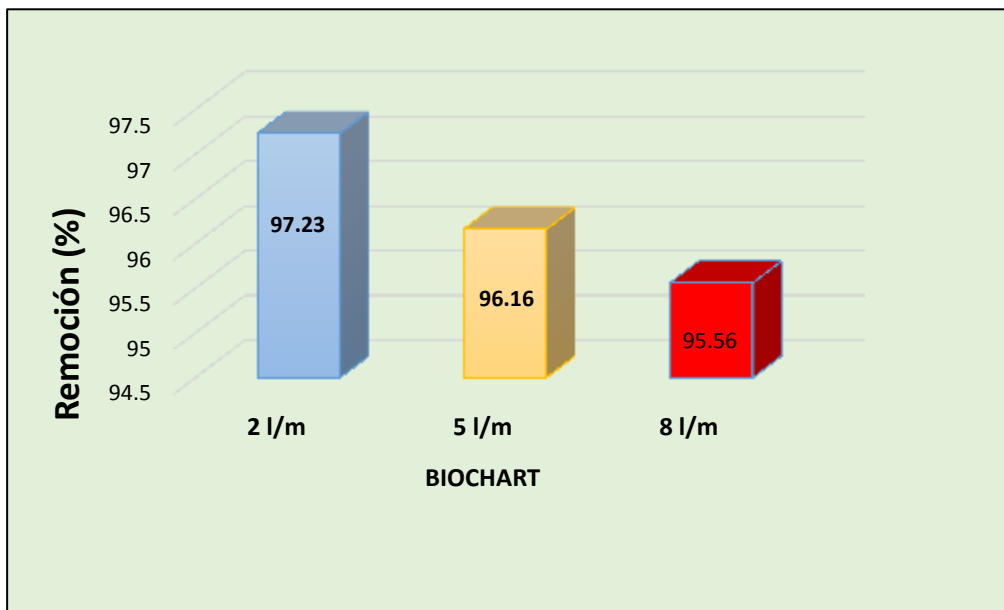
Gráfico N° 2 Concentración de remoción del contaminante a diferentes flujos de aire



Fuente: Elaboración propia, 2018

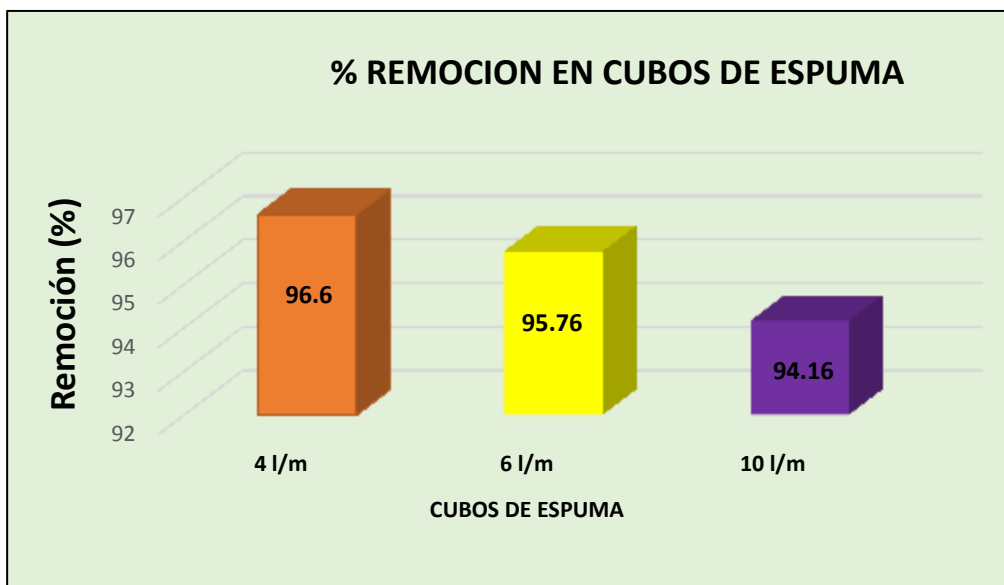
En las siguientes graficas N° 3, se aprecia cada porcentaje de remoción por material de empaque.

Gráfico N° 3 Remoción del contaminante en material de Biochart



Fuente: Elaboración propia, 2018

Gráfico N° 4 Remoción del contaminante en material de Cubos de espuma de poliuretano



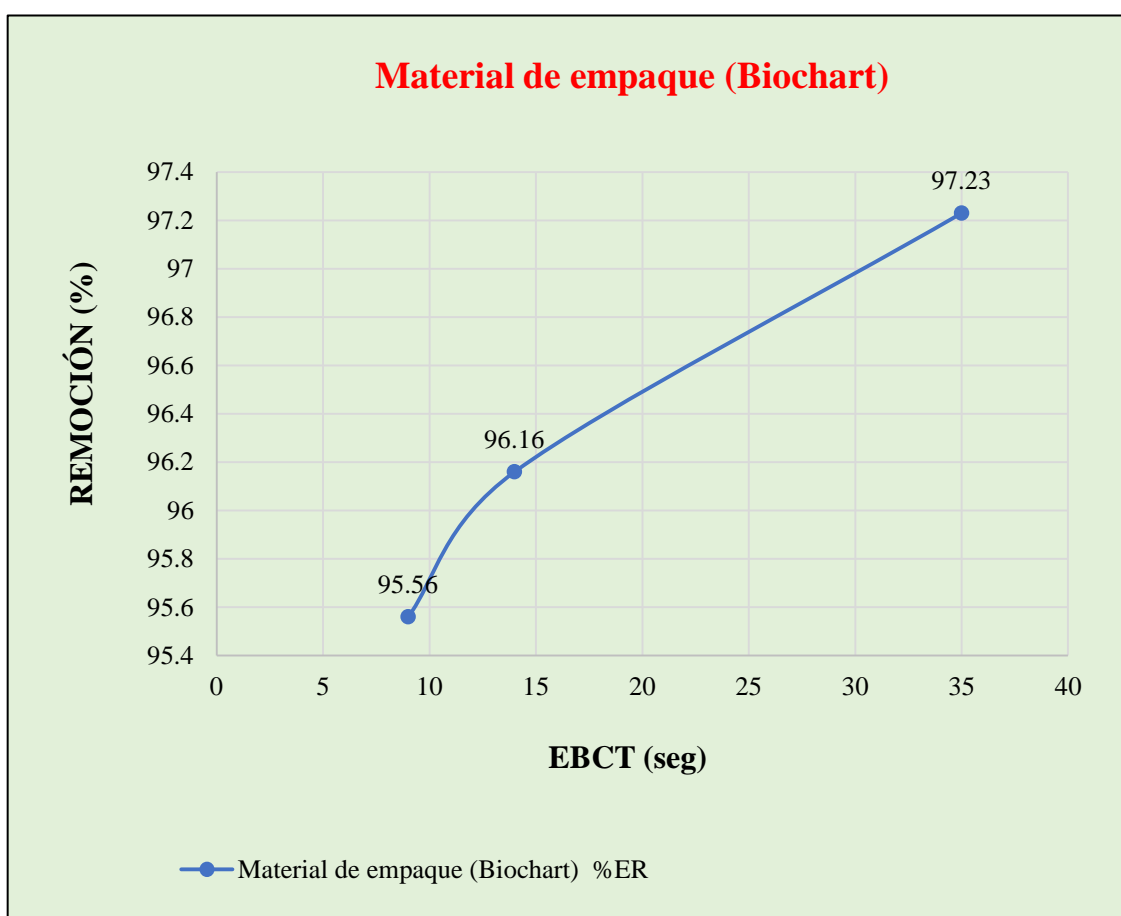
Fuente: Elaboración propia, 2018

3.2 Influencia del tiempo de residencia del gas H₂S en el material de empaque.

El tiempo de residencia que tuvo el flujo de aire en el material de empaque influyo de manera significativa en la remoción del gas así mismo en la eficiencia de los biofitros.

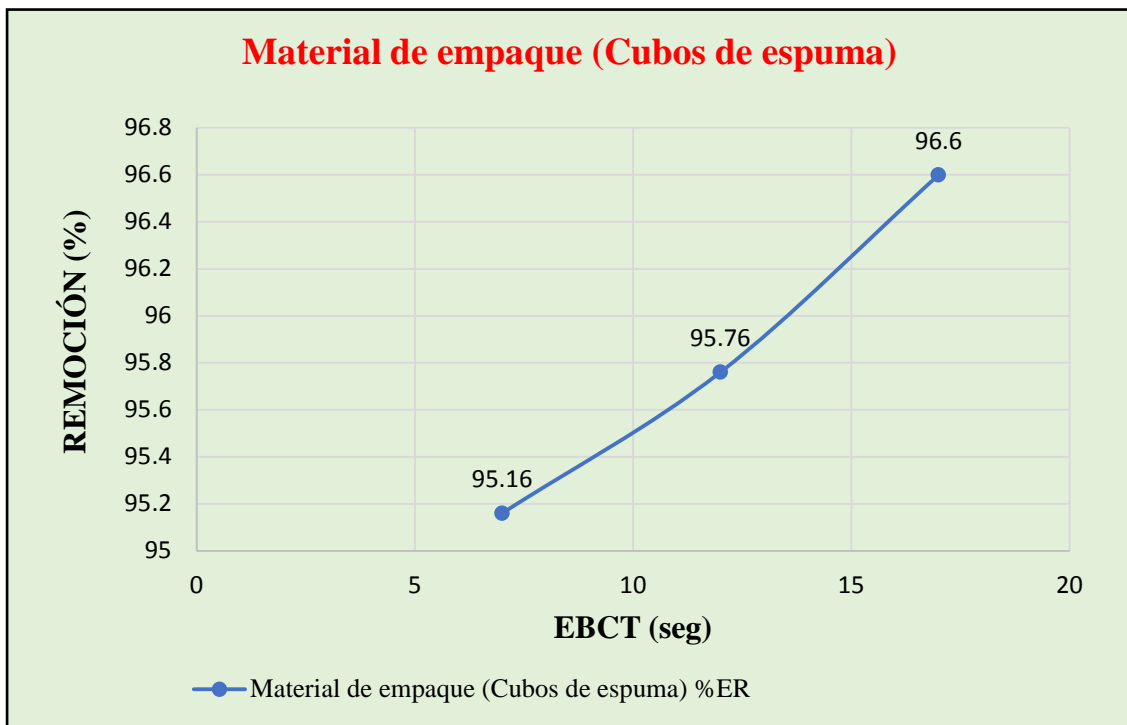
Por lo cual observamos en las siguientes gráficas que en el material de empaque “biochart” el tiempo de residencia del flujo que más influyó en la remoción del contaminante fue de 35 segundos, mientras que en el material de “cubos de esponja de poliuretano” la remoción más eficiente se dio en 17 segundos.

Gráfico N° 5 Porcentaje de remoción en escala de tiempo



Fuente: Elaboración propia, 2018

Gráfico N° 6 Porcentaje de remoción en escala de tiempo



Fuente: Elaboración propia

IV. DISCUSIÓN

- De acuerdo a los análisis realizados las condiciones óptimas para la adecuación de los microorganismos benéficos deben ser en pH ácido, un elevado índice de grados brix (cantidad de azúcar) y un porcentaje de humedad que radica entre 50% y 95% para cada tipo de material de empaque (TABLA N° 19) los que fueron semejantes a los resultados de los estudios de OMRI, et al (2013), HARTIKAINEN, et al. (2011) determinaron que dichos parámetros se deben tomar en cuenta para el rendimiento de los biofiltros, así mismo de la comunidad bacteriana y la cama de empaque.
- La concentración de H₂S en el flujo del aire ingresado a los biofiltros fue de 99,9 ppm equivalente a 137.10 g/m³, lo que fue similar a OMRI, et al (2013), y HARTIKAINEN, et al. (2011), quienes afirman que las concentraciones de entrada del H₂S a los biofiltros deben mantener un rango de 200 y 1300 mg/m³ ya que la tasa de carga mayor a la capacidad microbiana puede afectar la estabilidad microbiana, así mismo LIN L, et al (2013) y AHMED W. (2012) corroboran que al disminuir gradualmente las concentraciones de entrada del gas, la eficiencia del biofiltro mejora.
- Para el crecimiento bacteriano se definió al sulfuro de sodio como una solución nutritiva para los microorganismos, semejante a lo que LIN L, et al. (2013), realizó en su trabajo al incorporar dicha solución.
- Se obtuvo un alto porcentaje de eficiencia al utilizar como material de empaque “cubos de espuma de poliuretano”, similar al de LIN, et al. (2013) quien afirma que son utilizados como material de embalaje en el biofiltro debido a su alta porosidad y capacidad de absorción de agua.
- El tiempo más óptimo en la remoción del contaminante fue de 35 segundos en comparación con OMRI, et al (2013), LIN L, et al. (2013), HARTIKAINEN, et al. (2011), quienes afirman que el EBRT más óptimo es de 60 segundos
- Sin embargo para materiales inorgánicos como los “cubos de espuma de poliuretano” fue de 96.6%, en similitud con el trabajo realizado por LIN L, et al. (2013) quien logró una eficiencia de remoción de 90% con el mismo material de empaque, ya que LIN, quien afirma que el material es eficiente debido a su alta porosidad y capacidad de absorción de agua.

V. CONCLUSIONES

Finalmente se concluye que de un sistema de tratamiento de aguas residuales de curtiembre mediante torres empacadas, cuya concentración del agua es 5.529 mg/L, los gases emitidos tienen una concentración de +99.9ppm de H₂S presente en el aire, siendo esta una concentración óptima para implementar un sistema de biofiltros activados con microorganismos benéficos los cuales lograron mantener una eficiencia superior a lo estimado.

En efecto, se determina también que las condiciones otorgadas a los biofiltros, para el cultivo y acondicionamiento de los microorganismos benéficos influyeron de forma significativa en el rendimiento de los filtros, logrando que el material de empaque "biochart" desempeñe un 97.23% de eficiencia en la remoción del contaminante H₂S con 2 l/m como flujo de entrada del aire contaminado así mismo 35 segundos como tiempo de residencia en el lecho de empaque.

Por otro lado el material de empaque "cubos de espuma de poliuretano" alcanzó un 96.6% de eficiencia en la remoción del H₂S con un flujo de aire contaminado de 4 l/m y en un tiempo de 17 segundos de residencia en el lecho.

Se definió también que el tiempo de residencia del aire contaminado en el sistema debe ser de al menos 60 segundos, lo que indica que a mayor tiempo de residencia en el material mayor será la degradación de contaminante..

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios con concentraciones mayores a 1000 ppm para evaluar si los microorganismos benéficos pueden remover mayor concentración de gases contaminantes.
2. Se recomienda considerar materiales de empaque con gran disponibilidad de hábitat de población microbiana y que sea bajo costo.
3. Si en caso existe ausencia o bajas concentraciones de nutrientes en el material filtrante, se recomienda adicionar soluciones como sulfuro de sodio en bajas concentraciones.
4. Definir un tipo de material filtrante que tenga la capacidad de retención de agua, puesto que los microorganismos necesitan gran cantidad de agua para su crecimiento, así mismo evitar que se genere elevado contenido de humedad lo que puede ocasionar saturación y provocando baja reproducción de los microbios.
5. Evaluar la eficiencia de remoción de un biofiltro con otro tipo de gases y material de empaque, quien es uno de los factores en la influencia del rendimiento del sistema.
6. Colocar en serie los filtros con los diferentes tipos de material de empaque de tal apreciar cual es el material más eficiente en la remoción con un ingreso ya determinado de flujo de aire. Así mismo evaluar al menos 5 distintos flujos.

VII.REFERENCIAS

AHMED W. Modeling, simulation, and control of Biotrickling filter for removal of air pollutants. Tesis (Master of Science in Chemical Engineering). Universidad Americana de Sharjah, Sharjah 2012.

ALCARRAZ, M., ET AL. Eficacia de Coagulantes en el Tratamiento Primario de Efluentes de Procesadora de Frutas. Revista de Ciencia e investigación UNMSM, [en línea]. 2010, 13 (2), pp. 60-66. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2018].

Disponible en:

<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/farma/article/view/3227/2695>

ISSN: 1609-9044

BARBUSIŃSKI & KALEMBA. Use of biological methods for removal of H₂S from biogas in wastewater treatment plants – a review. The Si lesian University of Technology, [en line]. 2016, N° 1 (9), pp. 103-112. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2018].

Disponible en: <http://acee-journal.pl>

CABELLO R., ET AL. Informe de producción de mes, ensilados y genkydamas. Universidad Agraria La Molina, 2017.

CAMIZÁN A. Estudio del tratamiento de emisiones gaseosas de sulfuro de hidrógeno a nivel piloto e industrial. Tesis (Titulo en Ingeniería Química). Universidad Mayor de San Marcos, Lima 2015.

Disponible en: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/4641>

CASTRO K. Diseño y construcción de una torre de empaque para la remoción de sulfuro de hidrogeno en aguas residuales de curtiembre – Laboratorio UCV, 2018. Tesis (Grado de Ing. Ambiental), Universidad Cesar Vallejo. Lima, 2018.

CHOUARI R, ET AL. Microbial Analysis and Efficiency of Biofiltration Packing Systems for Hydrogen Sulfide Removal from Wastewater off Gas. Environmental Engineering Science, [en línea]. 2015, N° 2 (32), pp 1-8. [Fecha de consulta: 05 de agosto de 2018].

Disponible en:

Doi: 10.1089/ees.2014.0290

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. Contaminación odorífera. Madrid, 2014

Disponible en: https://www.malosolores.org/pdf/propia/GT-11_doc_preliminar.pdf

CORRALES L., ET AL. Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen en la sostenibilidad de la vida del planeta. NOVA, [en línea] 2015. N° 13 (23), pp 55-81.

Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v13n24/v13n24a06.pdf>

CUERVO J. Aislamiento y caracterización de *bacillus spp* como Fijadores biológicos de nitrógeno y solubilizadores de fosfatos en dos muestras de biofertilizantes comerciales. Tesis (Título de Microbiólogo), PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, Bogotá, 2010.

FERNÁNDEZ L. Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para optimizar el proceso de pelambre en la empresa Curtipiel Martínez”, Parroquia Izamba, Cantón Ambato, Provincia De Tungurahua, periodo 2013-2014. Tesis (título ingeniero Ambiental), Universidad Técnica De Cotopaxi, Ecuador 2015.

GRIMALDO J. Remoción de sulfuro de hidrógeno utilizando un biofiltro percolador con media de arcilla expandida. Tesis (Maestro en Ciencias), Universidad Nacional De Ingeniería. Lima, 2014.

GUTIÉRREZ A. TERRAZAS L. & ÁLVAREZ M. Cultivo a escala de laboratorio de bacterias sulfato reductoras acidófilas y su aplicación en procesos de biorremediación utilizados para la precipitación de metales pesados, BIOFARBO [En línea]. Bolivia, 2009. N° 17 (1), pp 1-8. 2009.

GUZMÁN K. & LUJÁN M. Reducción de emisiones de la etapa de pelambre en el proceso de curtido de pieles. Acta Nova, [en línea], 2010, N° 4 (4), pp. 464-492.

HARTIKAINEN T., RUUSKANEN J. & MARTIKAINEN P. Carbon Disulfide and Hydrogen Sulfide Removal with a Peat Biofilter. Journal of the Air & Waste Management Association, [En línea], 2011. N° 51, pp. 387-392. [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2018].

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/10473289.2001.10464275>

ISSN: 1047-3289

HERNÁNDEZ R., FERNÁNDEZ C. & BAPTISTA P. Metodología de la Investigación. 6° ed, México, 2014. 634 pp.

ISBN: 978-1-4562-2396-0.

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO. Biofiltración, [en línea]. [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2018].

Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/396/biofiltra.html>

LIN L. H₂S removal and bacterial structure along a full-scale biofilter bed packed with polyurethane foam in a landfill site. Bioresource Technology, [en línea], 2013. N° 147, pp. 52-58. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2018].

Disponible en: www.elsevier.com/locate/biortech

MALETTA H. Epistemología Aplicada: Metodología y Técnica de la Producción Científica. Lima 2009.

ISBN 978-9972-804-87-8

MARTINEZ S & ROMERO J. Revisión del estado actual de la industria de las Curtiembres en sus procesos y productos: Un análisis de su competitividad. Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión. [En línea], junio 2018, N° 1, pp. 113 – 124. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2018].

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90953767006>

ISSN: 0121-6805

MINISTERIO DEL AMBIENTE. Ley General del Ambiente. Ley N° 28611-MINAM, Lima 2015.

MINISTERIO DE PRODUCCIÓN. Límites Máximos Permisibles de Efluentes. D.L. N°003-2002-PRODUCE, Lima 2002.

MINISTERIO DEL AMBIENTE. Estándares de Calidad Ambiental para Aire. D.L. N°003-2017-MINAM, Lima 2017.

MINISTERIO DE SALUD. Niveles de Estado de Alerta Nacional para el Contaminante Sulfuro de Hidrogeno. D.L. N° 012-2005-SA. Lima 2005.

MORALES F., MEDINA W., & PAREDES B. Biofiltración sobre Cama de Turba, para el Tratamiento de Aguas Residuales Provenientes del Lavado de Jeans. [En línea], 2017. N° 10 (2). [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2018].

Disponible en:
https://www.rmlconsultores.com/revista/index.php/crv/article/viewFile/515/pdf_337
ISSN: 1390-9304.

OMRI I. Performance study of biofilter developed to treat H₂S from wastewater odour. Saudi Journal of Biological Sciences, [en línea], 2013. N° 20, pp. 169–176. [Fecha de consulta: 28 de septiembre de 2018].

Disponible en: www.sciencedirect.com

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL. Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales. Lima, 2014. Disponible en: www.oefa.gob.pe

ORTIZ, N. E. & CARMONA, J. C. Aprovechamiento de cromo eliminado en aguas residuales de curtiembres (San Benito, Bogotá), mediante tratamiento con sulfato de sodio. Revista Luna Azul [en línea], enero – junio 2015, N° 40, 117-126. [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2018].

Doi: 10.17151/luaz.2015.40.9

ISSN: 1909-2474

PANDEY U. & PRASANTH S. Removal of Hydrogen Sulfide using bio filters. Tesis (Licenciatura en Ingeniería Química). Instituto Nacional de tecnología. Rourkela – Odriisa 2007.

PRIETO O. Caracterización de material particulado, plomo y arsénico para la evaluación de la calidad del aire en el distrito de Islay-Matarani. Tesis (título ingeniero Ambiental), Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa 2016.

RAMÍREZ, et al. Biofiltration of reduced sulphur compounds and community analysis of sulphur-oxidizing bacteria. *Bioresource Technology*, [en línea], 2011. N° 102, pp. 4047-4053. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2018].

Disponible en: www.elsevier.com/locate/biortech

REBOLLEDO A., ET AL. Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *Terra Latinoamericana*, [en línea] 2016 N° 34, pp.367-382.

Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n3/2395-8030-tl-34-03-00367.pdf>

REVAH & ORTIZ. El Desarrollo De Bioprocesos Para El Tratamiento De Aire Contaminado Emitido Por Fuentes Fijas. *Estrucplan* [en línea]. Argentina, 2015.

Disponible en: <http://estrucplan.com.ar/producciones/contenido-tecnico/p-efluentes-liquidos-y-gaseosos/el-desarrollo-de-bioprocesos-para-el-tratamiento-de-aire-contaminado-emitido-por-fuentes-fijas-parte-1/#>

SALCEDO M. Cinética de remoción de la turbidez en aguas residuales de curtiembre mediante coagulantes naturales *Emerita análoga* y *Chondracanthus chamissoi*, Lima - 2018. Tesis (Grado de Ingeniero Ambiental), Lima, 2018.

SILVA J. Efecto coagulante de la alúmina en la remoción de sulfuros y sólidos suspendidos del efluente de pelambre, Inversiones Harod S.A.C. Tesis (título ingeniero Ambiental), Universidad César Vallejo, Trujillo 2016.

VÁLDES D. Diseño preliminar de un sistema de tratamiento de aguas residuales a escala industrial para los efluentes del procedimiento de pieles. Tesis (Título en Ingeniería Ambiental). Quito: Universidad San Francisco de quito, 2012.

Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/1881>

VARSHA M. & APURBA D. Biological Treatment of Tannery Wastewater for Sulfide Removal. Jalandhar, Punjab, 2008 N° 6 (2), pp. 144-011.

VON SPERLING M. & DE LEMOS CH. C. (2006). Biological wastewater treatment in warm climate regions.

Disponible en:

<https://www.iwapublishing.com/sites/default/files/ebooks/9781780402734.pdf>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Hydrogen Sulfide: Human Health Aspects, Ginebra 2003.

Disponible en: http://www.who.int/pcs/pubs/pub_cicad.htm.

ISSN 1020-6167

ZHOU Q., ET AL. Role and functions of beneficial microorganisms in sustainable aquaculture. Bioresource Technology [en línea]. China, 2009, pp. 3780-3786.

Doi: 10.1016/j.biortech.2008.12.037

Disponible en: journal homepage: www.elsevier.com/locate/biortech

ANEXOS

***Anexo N° 1 MATRIZ DE
CONSISTENCIA***

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
General	General	General			
¿Cuál es la eficiencia de biofiltros activados con microorganismos benéficos para remover gases de sulfuro de hidrogeno emitidos desde un sistema de tratamiento de aguas residuales de curtiembre mediante torres empacadas?	Estimar la eficiencia de biofiltros activados con microorganismos benéficos en la remoción de gases de sulfuro de hidrogeno emitidos desde un sistema de tratamiento de aguas residuales de curtiembre mediante torres empacadas.	Los biofiltros activados con microorganismos benéficos tienen una eficiencia de 80 a 95 % en la remoción del gas Sulfuro de hidrogeno.	Eficiencia de Biofiltros activados con microorganismos benéficos	Condiciones Operativas del material de empaque Tipo de material de empaque	Volumen de empaque Humedad Temperatura Nutrientes pH Porosidad Biochart Cubos de espuma de poliuretano
Específicos	Específicos	Específicos			Indicadores
¿En qué medida influyen las condiciones operativas del material de empaque en el rendimiento de los biofiltros activados con microorganismos benéficos?	Determinar las óptimas condiciones operativas del material de empaque que influyen en el rendimiento de los biofiltros activados con microorganismos benéficos.	Las condiciones de operación del material de empaque influyen de manera significativa en el rendimiento de los biofiltros activados con microorganismos benéficos.	Remoción de gases de sulfuro de hidrogeno	Rendimiento de los biofiltros	Concentración inicial Concentración final Eficiencia
¿Cuál es el tipo de material de empaque que influye significativamente en el rendimiento de los biofiltros activados con microorganismos benéficos?	Determinar qué tipo de material de empaque influye significativamente en el rendimiento de los biofiltros activados con microorganismos benéficos.	El Biochart es el tipo de material de empaque con mayor influencia en el rendimiento del biofiltro activado con microorganismos benéficos.		Condiciones de entrada del Gas sulfuro de hidrogeno	Tiempo de residencia en el empaque Flujo de aire Volumen del filtro

Fuente: Elaboración propia, 2018

Anexo N° 2 REGISTRO FOTOGRÁFICO



Ilustración 3 Muestra Brassica oleracea (Col).



Ilustración 2 Hígado cocido



Ilustración 5 Pesado de sal



Ilustración 4 Pesado de melasa



Ilustración 7 Primera muestra de microorganismos



Ilustración 6 Medición de pH en 2° muestra



Ilustración 9 Medición de pH primera muestra



Ilustración 8 Equipo de medición de gases



Ilustración 10 Pesado de espuma húmeda



Ilustración 11 Pesado de biochart húmedo

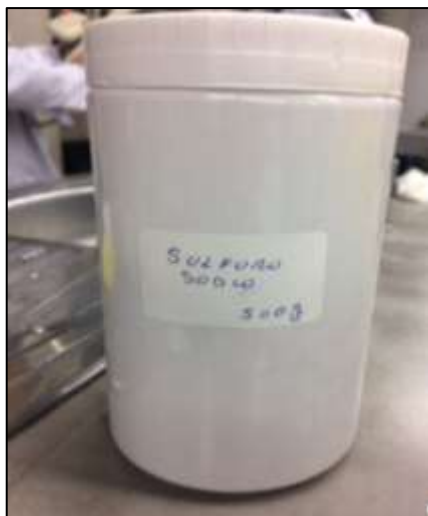


Ilustración 13 Sulfuro de sodio



Ilustración 12 Equipo de Flujometro



*Ilustración 15 Equipo medidor de gases
Multirae / lite*



Ilustración 14 Medición del Gas H2S



Ilustración 16 Equipo de Biofiltros

***Anexo N° 3 INSTRUMENTO DE
RECOLECCIÓN DE DATOS CADENA
DE CUSTODIA***



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

EFICIENCIA DE BIOFILTROS ACTIVADOS CON MICROORGANISMOS BENEFICIOS PARA LA ELIMINACIÓN DEL GAS SULFURO DE HIDRÓGENO CONTENIDO EN AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBIRE.

SI. - 2018

CADENA DE CUSTODIA

Variable		BIOFILTROS ACTIVADOS CON MICROORGANISMOS BENEFICIOS		Tipo de muestra		BIOLÓGICA								
Muestreado por:		Yamillet Diaz												
Lugar:		Laboratorio												
Fecha:		03 - 12 - 18												
N°	Código de estación de muestreo	Identificación de la muestra	Coordenadas		Características biológicas de los microorganismos		Características físicas del material de empaque							
			Este	Norte	Familia de bacterias	Número de bacterias (UFC)	Temperatura (°C)	Porosidad (%)	Humedad (%)	pH				
1														
2	Biochart	Saco			X		X	24°C	Calado	2.5g				
3		humedo								5.0g				
4														
5	Espona	Saco			X		X	24°C	Calado	0.32g				
6		humeda								5.95g				
7														
8														
9														
10														

OBSERVACIONES

Anexo N° 4 FICHAS DE VALIDACIÓN

**INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE
INVESTIGACIÓN**

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y nombres del informante. Dr./Mg.: Cegata Alvarín Carlos Alberto
 1.2. Cargo e Institución donde labora: DTC
 1.3. Especialidad del experto: Eng. Sesión

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:

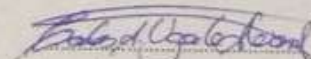
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.					/
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.					/
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.					/
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.					/
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.					/
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.					/
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					/
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.					/
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.					/
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.					/

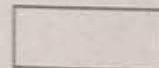
III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación?.....

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

San Juan de Lurigancho, ...de del 2018.


 Firma de experto Informante
 DNI: 10473562



**INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE
INVESTIGACIÓN**

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y nombres del informante, Dr./Mg.: EDUARDO RONALD ESPINOSA FARFAN
 1.2. Cargo e Institución donde labora: DIRECTOR NACIONAL
 1.3. Especialidad del experto: T.A.G. AMBIENTAL Y DE RANN

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:

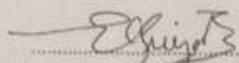
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.					94
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.					94
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.					94
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.					94
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.					94
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.					94
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					94
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.					94
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.					94
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.					94

III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación?.....

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

San Juan de Lurigancho, 5 de 11 del 2018.



 Firma de experto Informante
 DNI: 40281312

94

**INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE
INVESTIGACIÓN**

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y nombres del informante: Dr./Mg. Honorio Belanger César Francisco
 1.2. Cargo e Institución donde labora: Secretaría Académica
 1.3. Especialidad del experto: Investigación de Recursos Naturales y de Energía Renovable.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:

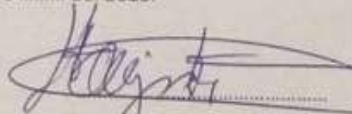
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.					
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.					
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.					
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.					
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.					
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.					
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.					
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.					
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.					

III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:

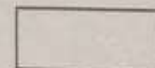
¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación?.....

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

San Juan de Lurigancho, ...de del 2018.



Firma de experto Informante
 DNI: 71134159



**INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE
INVESTIGACIÓN**

I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y nombres del informante. Dr./Mg.: Valdivia Gonzales Sergio
 1.2. Cargo e Institución donde labora: DIC Director de Investigación
 1.3. Especialidad del experto: Jg. Pedagógico

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:

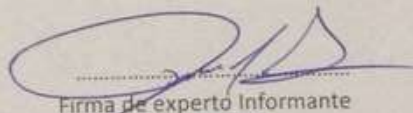
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		0-20%	21-40%	41-60%	61-80%	81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.					/
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.					/
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.					/
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.					/
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.					/
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.					/
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					/
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.					/
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.					/
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.					/

III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación?.....

IV. PROMEDIO DEVALORACIÓN:

San Juan de Lurigancho 01 de 11 del 2018.



 Firma de experto Informante
 DNI: 40398.....

95

**INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE
INVESTIGACIÓN**

I. DATOS GENERALES:

- 1.1. Apellidos y nombres del informante: Dr. Mg. Marco Heriberto Daza
 1.2. Cargo e Institución donde labora: DICASA
 1.3. Especialidad del experto: ING. GEOMETRÍA

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.					90
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.					90
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.					90
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.					90
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.					90
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.					90
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					90
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.					90
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.					90
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.					90

III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación?.....

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

San Juan de Lurigancho, 5 de Noviembre del 2018.

Firma de experto informante
 DNI: 74553915

90

***Anexo N° 5 CERTIFICACIÓN DE
EQUIPO MULTRAE LITE***



GRUPO ECOLÓGICO &
INSTRUMENTAL S.A.C.

1. DIVISIÓN DE VENTAS
Venta y Alquiler de Instrumentos de Higiene Ocupacional y Medio Ambiente.
Venta de Productos de Seguridad Industrial, Equipos de Rescata y Equipos Contra Incendio.
2. DIVISION DE SERVICIO TECNICO ESPECIALIZADO
Mantenimiento y Calibración de Equipos de Instrumentos de Higiene Ocupacional y Medio Ambiente.
Mantenimiento de Equipos de Rescata: Herramientas Hidráulicas, Electro-Hidráulicas y Fuentes de Poder.
Mantenimiento de Bombas Contra Incendios (Portátiles e Instaladas en Vehículos).
Mantenimiento de Vehículos Contra Incendios, Primera Respuesta Equipados con Sistemas POS y Espuma.
3. DIVISION DE ESTUDIOS Y MONITOREOS DE HIGIENE OCUPACIONAL

R.U.C. N° 20546362966

GUIA DE REMISION
REMITENTE

001 - N° 0002588

SEÑORES : YOMEDA YAMILET DIAZ ZEVALLOS

DIRECCION : JR. BOLOGNISI N° 140
CONTUMAZA - CONTUMAZA - CAJAMARCA

DNI/RUC : 71397116

O/C. O/S : - COTIZ-02030-18

CONDICION : ALQUILER

G/R. N° 001-0002588

ITEM	CÓDIGO	UM	CANT	DESCRIPCION
01	SERV.ALQUILER	UNID	1	SERVICIO DE ALQUILER DE EQUIPO DETECTO DE GASES MULTIRAE LITE / CO2, H2S MARCA: RAE SYSTEMS INC MODELO: MULTIRAE LITE P3M-8208 SERIE: MAB3Z002P2 INCLUYE: CARGADOR VIAJERO CARGADOR ELECTRICO MANGUERA MALETA (PEQUEÑO) DE LONA COLOR NEGRO

000001 14-11-2018 10:01:00 AM 001-0002588

DATOS DEL TRANSPORTISTA:

EMPRESA: GRECOLPERU SAC
RUC N°: 20546362966
BV: 001-000086

UNIDAD DE TRANSPORTE Y CONDUCTOR

CONSTANCIA DE INSCRIPCION N°:
VEHICULO MARCA Y PLACA N°:
CONDUCTOR:
LICENCIA N°:

DATOS DEL TRASLADO

INICIO DEL TRASLADO: 30 DE NOVIEMBRE DE 2018
LUGAR DE PARTIDA: CALLE ATUSPARIA N° 150 URB. COVIDA LIMA - LIMA - LOS OLIVOS
LUGAR DE ENTREGA: JR. BOLOGNISI N° 140 CONTUMAZA - CONTUMAZA - CAJAMARCA
ATENCION: SRTA. YOMEDA YAMILET DIAZ ZEVALLOS
TELEFONO: 51-947027155

GRECOL PERU S.A.C.	MOTIVO DEL TRASLADO	RECIBI CONFORME
 30 NOV. 2018 ENTREGADO	<input type="checkbox"/> 1.- Venta <input type="checkbox"/> 2.- Compra <input type="checkbox"/> 3.- Consignación <input type="checkbox"/> 4.- Alquiler <input type="checkbox"/> 5.- Devoluciones <input type="checkbox"/> 6.- Demostración <input type="checkbox"/> 7.- Transformaciones <input type="checkbox"/> 8.- Traslado entre establecimientos de la misma empresa <input type="checkbox"/> 9.- Otros Observaciones:	Sr.(a)
Dirección: Jr. Atusparía 150 Dpto. 301- 302 Urb. Covida - Los Olivos - Lima - Lima Telefax: (+511) 637-4863 / 637-4864 Email: ventas@grecolperu.com		

DESTINATARIO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CORRELATIVO: 00092-18-MAB3Z002P2

Fecha de Calibración : 29-noviembre-2018
 Cliente : Grupo Ecológico & Instrumental S.A.C. - GRECOL PERÚ S.A.C.

INFORMACIÓN DEL INSTRUMENTO

Descripción instrumento: Detector de Gases Múltiples con Bomba Automática.
 Marca / Fabricante: RAE Systems Inc. by Honeywell
 Modelo: MultiRAE Lite PGM-6208
 N° de Serie: MAB3Z002P2
 Identificación Interna: GRELAB-0029
 Condición: Usado

DATOS DE SENSORES INSTALADOS

Sensor	N° de Serie	N° de Parte	Rango	Resolución
Monóxido de Carbono (CO)	SC03060019N7	CO3-0906-000	0 - 500 ppm	1 ppm
Sulfuro de Hidrógeno (H2S)	SC03070251N7	CO3-0907-000	0 - 100 ppm	0.1 ppm
Óxido Nítrico (NO)	SC03740074T1	CO3-0974-000	0 - 250 ppm	0.5 ppm
Dióxido de Azufre (SO2)	SC03AF0026T3	CO3-0973-100	0 - 20 ppm	0.1 ppm
Dióxido de Carbono (CO2)	SC03610230T2	CO3-0961-000	0 - 50,000 ppm	250 ppm

DATOS ADICIONALES

Accesorio	N° de Parte / N° de Serie
Batería de Ion Litio	M01-3053-000 / M014120555
Bomba de Succión	M01-3006-100 / PHD56W0422 M01-3014-000 / M018047156

METODOLOGÍA DE CALIBRACIÓN

La calibración fue realizada mediante ajuste con composición de gases patrones, en concentraciones establecidas.

ZEREO

Fabricante	Modelo	N° de Serie	Descripción
Rae Systems, Inc.	610-1112-000	Lote: 993034 WO N°: 3456462900	Cilindro de Calibración N2 @ 99.99%

MATERIALES Y PATRONES DE CALIBRACIÓN

Fabricante	Modelo	N° de Serie	Descripción
Rae Systems, Inc.	AutoRAE 2	T021000980	PN: T02-3001-000 Módulo para Calibración
Rae Systems, Inc.	AutoRAE 2	T023001443	PN: T02-3004-000 Cradle MultiRAE Lite
Rae Systems, Inc.	2001	Patente 5665894	Regulador Tipo C-10 @ 1 L/min
Rae Systems, Inc.	2007	Patente 5665894	Regulador Tipo CGA-600 @ 0.5 L/min
Rae Systems Inc.	610-0004-000	Lote N° 219852 Cyl N°: 8C209309 WO N° 30725000	Cilindro de Calibración O2@18% / CH4@50NLEL / CO@50ppm / H2S@10ppm
Rae Systems Inc.	600-0054-000	Lot: 1870757 Cyl: 33	Cilindro de Calibración NO @ 25 ppm
Rae Systems Inc.	600-0053-000	Lot: 264409 Cyl: 18	Cilindro de Calibración SO2 @ 5 ppm
Rae Systems Inc.	600-0139-000	Lot: 182806 Cyl: 37	Cilindro de Calibración CO2 @ 5,000 ppm

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Sensor	Valor esperado	Lectura del instrumento	Error
Monóxido de Carbono (CO)	99.9% (puro N2) Nitrógeno	0.0 ppm	0.0 %
Sulfuro de Hidrógeno (H2S)	99.9% (puro N2) Nitrógeno	0.0 ppm	0.0 %
Óxido Nítrico (NO)	99.9% (puro N2) Nitrógeno	0.0 ppm	0.0 %
Dióxido de Azufre (SO2)	99.9% (puro N2) Nitrógeno	0.0 ppm	0.0 %
Dióxido de Carbono (CO2)	99.9% (puro N2) Nitrógeno	0.0 ppm	0.0 %
Monóxido de Carbono (CO)	50 ppm (±5%) Monóxido Carbono	50 ppm	0.0 %
Sulfuro de Hidrógeno (H2S)	10 ppm (±2%) Sulfuro de Hidrogeno	10.0 ppm	0.0 %
Óxido Nítrico (NO)	25 ppm (±2%) Óxido Nítrico	25.0 ppm	0.0 %
Dióxido de Azufre (SO2)	5 ppm (±2%) Dióxido de Azufre	5.0 ppm	0.0 %
Dióxido de Carbono (CO2)	5,000 ppm (±5%) Dióxido de Carbono	5,000 ppm	0.0 %

CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura: 22°C Humedad: 57% Presión: 1003hPa

DECLARACIÓN DE PRUEBAS & CONFORMIDAD

1. De esta manera la empresa Grupo Ecológico & Instrumental S.A.C. declara que este instrumento ha sido verificado en su calibración y probado en el cumplimiento de los procedimientos del fabricante y cumple con todas las especificaciones dadas en el Manual (s) o los superan, respectivamente para la configuración habilitada para los sensores de CO/H2S/NO/SO2/CO2.

Realizado por:



Erick COLQUICOCHA GOÑI
Servicio Técnico

Fecha de Emisión : 2018-11-29
Fecha Próxima Calibración: 2019-05-29



MultiRAE Lite

Monitor portátil inalámbrico multigás



MultiRAE Lite es una solución óptima de control de uno a seis gases¹ para protección personal (incluyendo entrada en espacios confinados) y aplicaciones de detección de fugas multigás. Disponible en versiones con bomba y difusión, además incluye la mayor selección de opciones de sensor de su clase y se puede configurar para cumplir exactamente las necesidades y requisitos normativos de varios países, industrias y aplicaciones.

El funcionamiento inalámbrico de MultiRAE Lite eleva la protección del trabajador al siguiente nivel proporcionando al personal de seguridad acceso en tiempo real a las lecturas de instrumentos y los estados de las alarmas desde cualquier ubicación, para una mejor visibilidad y una respuesta más rápida a incidentes.

- Altamente versátil y personalizable para distintas aplicaciones
- Disponible en las versiones con bomba y difusión
- Alarma de lesiones con notificación inalámbrica remota en tiempo real
- Mantenimiento fácil con sensores, bomba y batería plug-and-play sustitibles
- Calibración y pruebas funcionales totalmente automatizadas con AutoRAE 2

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Inalámbrico. Versátil. Probado.

- Acceso inalámbrico a las lecturas de los instrumentos y el estado de las alarmas en tiempo real desde cualquier ubicación
- Difundidor en concha para alerta sonora de los estados de las alarmas de forma instantánea local y remota mediante conexión
- 33 opciones de sensor intercambiables, incluyendo PEP para VOC, MDH² y catalítico para combustibles y MDH para O₂
- Los sensores inteligentes almacenan los datos de calibración, lo que permite intercambiarlos sobre el sensor³
- Pantalla gráfica de gran tamaño con interfaz de usuario sencilla con iconos
- Registro de datos continuo (3 meses para 5 sensores, todos los días a todas horas)

APLICACIONES

- Protección personal y detección de fugas multigás en industrias como:
 - Productos químicos
 - Telecomunicaciones
 - Petróleo y gas (refinamiento)
 - Alimentación
 - Tratamiento de aguas residuales
- Evacuación de incendios



Pruebas en espacios confinados con MultiRAE Lite



Yo, **Rita Jaqueline Cabello Torres** docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo Lima Este. (Precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

".. *Eficiencia de Biofiltros Activados con Microorganismos Benéficos para Remover Gases de H₂S Emitidos de un Sistema de Tratamiento de Agua Residual de Audiembre, SJL, 2018.* ..", del (de la) estudiante

....., constato que la investigación tiene un índice de similitud de *15*::% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

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

Lugar y fecha *San Juan de Lunigancha, 10 de diciembre de 2018*


.....
Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

DNI: 08947396

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



² FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

“Eficiencia de Biofiltros Activados con Microorganismos Benéficos para Remover Gases de H₂S Emitidos de un Sistema de Tratamiento de Agua Residual de Curtiembre, SJL-2018”

² TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORA:

Yoneda Yamilet Diaz Zevallos

ASESOR:

Mg. Rita Jacqueline Cabello Torres

Resumen de coincidencias

15 %

Fuente de Internet

23	www.conam.gob.pe	<1 %
Fuente de Internet		
24	www.ambiente.org.do	<1 %
Fuente de Internet		
25	us-mex.irc-online.org	<1 %
Fuente de Internet		
26	ruie.ucr.ac.cr	<1 %
Fuente de Internet		
27	www.munisjl.gob.pe	<1 %
Fuente de Internet		
28	www.paot.org.mx	<1 %
Fuente de Internet		
29	rcientificas.uninorte.ed...	<1 %
Fuente de Internet		



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS
EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo Yoneda Yamilet Díaz Zevallos, identificado con DNI N° 71397116, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, autorizo , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "

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

Fundamentación en caso de no autorización:

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

FIRMA

DNI: 71397116

FECHA: 14 de Diciembre del 2018.

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



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

Mg. Fernando Antonio Sernaqué Aucchuasi

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Yoneda Yamilet Díaz Zevallos

INFORME TÍTULADO:

"Eficiencia de Biofiltros Activados con Microorganismos Benéficos Para Remover gases de H_2S Emitidos de un Sistema de Tratamiento de Agua Residual de Cusihuamán, SJL - 2018"

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniera Ambiental

SUSTENTADO EN FECHA: 14 - 12 - 18

NOTA O MENCIÓN: _____



MG. FERNANDO ANTONIO SERNAQUÉ AUCCAHUASI