



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



**Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional**

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS  
GONZAGA  
ESCUELA DE POSGRADO



**MAESTRÍA EN INGENIERÍA  
QUÍMICA CON MENCIÓN:  
PROCESOS QUÍMICOS Y  
AMBIENTALES**

**USO DE HIPOCLORITO DE SODIO EN EL TRATAMIENTO DE  
LOS EFLUENTES GASEOSOS CON MAL OLOR EN LAS PLANTAS  
PESQUERAS DE LA CIUDAD DE PISCO 2018 - 2019**

PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAESTRO EN PROCESOS QUÍMICOS Y  
AMBIENTALES

PRESENTADO POR:

**CHALCO LLERENA SARICHZADA**

**ICA – PERÚ**

**2021**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**CIENCIAS NATURALES, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS  
SOSTENIBLES**

**DEDICATORIA**

A Dios por llevarme por el sendero correcto

Mis Padres, por estar presentes en todas las etapas de  
nuestras vidas constante y amor para con sus hijas.

A mi hijo, por la fuerza que me da e impulsa a  
seguir día a día

**Sarichzada.**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por su amor incondicional en mi vida. A mi familia por su apoyo durante todo este tiempo de estudio, Dios los bendiga grandemente.

Mi agradecimiento a la Universidad Nacional “San Luís Gonzaga” en la cual me brindó la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría y de la que siempre me sentir  orgullosa.

**INDICE**

	<b>PAG.</b>
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE	v
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	12
<b>CAPÍTULO I</b>	13
<b>MARCO TEÓRICO</b>	13
1.1 ANTECEDENTES.	13
1.1.1. A nivel internacional	13
1.1.2. A nivel nacional	15
1.1.3. A nivel local.	16
1.2. BASES TEÓRICAS.	16
1.2.1. Hipoclorito de Sodio.	16
1.2.1.1. Definición.	16
1.2.1.2. Propiedades físicas y químicas.	17
1.2.1.3. Usos del hipoclorito	19
1.2.2. Trimetilamina	20
1.2.3. sulfuro de hidrógeno.	22

1.2.3.1. Propiedades.	23
1.2.3.2. Características.	23
1.2.3.3. Fuentes.	24
1.2.3.4 Utilización del sulfuro de hidrógeno.	24
1.2.3.5. Efectos sobre la salud	25
1.2.4. Efluentes gaseosos de las plantas pesqueras.	26
1.2.5. Proceso de producción de harina de pescado.	29
1.2.5.1. Captura de peces.	29
1.2.5.2. Descarga Del Pescado	30
1.2.5.3. Operación De Cocción	30
1.2.5.4. Pre-Desaguado ò Pre-Prensado	30
1.2.5.5. Operación De Extrusión ò Prensado	30
1.2.5.6. Operación De Centrifugación	31
1.2.5.7. Operación De Evaporación	31
1.2.5.8. Operación De Secado	31
1.2.5.9. Operación De Molienda	31
1.2.5.10. Almacenamiento.	32
1.2.6. Tecnologías empleadas para eliminar el mal olor de los vapores generados en las plantas pesqueras.	33
1.3. MARCO CONCEPTUAL.	37

## **CAPÍTULO II**

<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>39</b>
2.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.	39
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	40
2.2.1. Problema general.	40

2.2.2. Problemas específicos.	40
2.2.3. Delimitación de la investigación.	41
2.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.	41
2.3.1. Justificación.	41
2.3.2. Importancia.	42
2.4. OBJETIVOS.	43
2.4.1. Objetivo General.	43
2.4.2. Objetivos específicos.	43
2.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.	44
2.5.1. Hipótesis general.	44
2.5.2. Hipótesis específicas.	44
2.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.	45
2.6.1. Identificación de las variables.	45
2.6.2. Operacionalización de las variables.	46
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>47</b>
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>47</b>
3.1.1 Tipo de investigación:	47
3.1.2 Nivel	47
3.1.3 Diseño	47
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.	48
3.2.1 Población.	48
3.2.2 Muestra.	49
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>50</b>
<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>50</b>

4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	50
4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.	51
4.3. TÉCNICAS DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	52
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>54</b>
<b>CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS</b>	<b>54</b>
5.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL	54
5.2. COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS ESTADÍSTICAS.	55
5.2.1. Validación de la hipótesis específica N°1	55
5.2.2. Validación de la hipótesis específica N°2	57
5.2.3. Validación de la hipótesis específica N°3	59
<b>CAPÍTULO VI</b>	<b>61</b>
<b>PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>61</b>
6.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.	61
6.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	77
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXO	86

## RESUMEN

La presente tesis titulada uso de hipoclorito de sodio en el tratamiento de los efluentes gaseosos con mal olor de la planta pesquera TASA SUR del Puerto dePisco, es un estudio teórico experimental, en la cual se propone un procedimiento para eliminar la trimetilamina, sustancia responsable del malolor de los humos descargados a la atmósfera durante el procesamiento de la harina y el aceite de pescado a nivel industrial, así mismo se estudió la reducción del sulfuro de hidrógeno que también es eliminado junto con el humo, utilizando el hipoclorito de sodio. Las experiencias se hicieron con distintas concentraciones y empleando hidróxido de sodio y ácido clorhídrico para regular el pH de lasoluciones de trabajo, lográndose resultados positivos que permitieron eliminar en su totalidad la trimetilamina y reducir a un nivel inferior al límite máximo permisible el sulfuro de hidrógeno siendo la concentración mínima de 1,8 mg/m<sup>3</sup>.

**PALABRAS CLAVES:** Hipoclorito de sodio, trimetilamina, efluentes gaseosos.

## ABSTRACT

The present thesis entitled use of sodium hypochlorite in the treatment of gaseous effluents from the TASA SUR fishing plant in the port of Pisco, is an experimental theoretical study, in which a procedure is proposed to eliminate trimethylamine, the substance responsible for bad smell of the fumes discharged to the atmosphere during the processing of fishmeal and fish oil at an industrial level, likewise the reduction of hydrogen sulfide was studied, which is also eliminated along with the smoke, using for this the lye, whose Chemical name is sodium hypochlorite. The experiments were carried out with different concentrations and using sodium hydroxide and hydrochloric acid to regulate the pH of the working solutions, achieving positive results that allowed trimethylamine to be eliminated in its entirety and hydrogen sulfide to be reduced below the maximum permissible limit. the minimum concentration obtained being 1.8 mg / m<sup>3</sup>.

**KEY WORDS:** Sodium hypochlorite, trimethylamine, gaseous effluents.

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA**

**MENCION: PROCESOS QUIMICOS Y AMBIENTALES**

**TESIS:**

**USO DE HIPOCLORITO DE SODIO EN EL TRATAMIENTO DE  
LOS EFLUENTES GASEOSOS CON MAL OLOR EN LAS PLANTAS  
PESQUERAS DE LA CIUDAD DE PISCO 2018 – 2019.**

**AUTORA:**

**SARICHZADA CHALCO LLERENA**

**ASESOR:**

**Dr. ROBERTO CUBA ACASIETE**

## INTRODUCCIÓN

Las plantas pesqueras dedicadas a la producción de harina y aceite de pescado, asentadas a lo largo del litoral peruano, durante muchos años han venido contaminando las aguas, suelos y el aire con sus efluentes, casi sin control por parte de las autoridades ambientales. La atmósfera de los puertos se ha visto afectada con los humos y malos olores que de las plantas se emana y que no solamente afecta a la zona donde radica la planta, sino que el viento difunde a grandes distancias estos efluentes, causando el malestar en centros poblados cercanos.

Con el fin de controlar los malos olores que despiden las plantas de harina y aceite de pescado se han ensayado diversos métodos y aplicado varias tecnologías, que en parte han mitigado el impacto negativo de los malos olores, pero no lo han podido erradicar durante décadas (Alva 2003). En la presente tesis se plantea un método experimental que busca que disminuir al mínimo los malos olores, mediante el empleo del hipoclorito de sodio, como reactivo compensador de la trimetilamina, sustancia responsable del especial olor que día a día vierten las plantas pesqueras a la atmósfera.

La Autora

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Antecedentes

##### 1.1.1. A nivel internacional.

**Reyes M, G.** (2016). *“Uso del cloro en las plantas de tratamiento de aguas residuales domesticas: desinfección y formación de subproductos”* (tesis de maestría), Instituto Politécnico Nacional, México.

cuyas principales conclusiones son las siguientes:

- Deberá ser considerado, para valorar riesgo a la salud, la ocurrencia de eventos favorables para la aparición de THM, como una mejora en las eficiencias de las PTAR´s donde se elimine por completo el contenido de amonio y una baja en la temperatura ambiente, lo cual podrían desatar un aumento fuera de NOM de los THM, cuya permanencia en el ambiente seria mayor a 6 días.
- La eficiencia de remoción en las plantas no es óptima para nitrógeno amoniacal y fósforo soluble, por lo que se debe implementar un sistema de eliminación de nutrientes cuando el agua va a ser descargada a la Acequia

Arroyo Seco y Grande debido a que el agua de las dos plantas se articula al río El Tunal y el exceso de nutrientes causa problemas de eutrofización, además de que estos compuestos son tóxicos para la vida acuática.

**Silva, D.** (2003). *Elaboración de harina de pescado* (tesis de grado) a la Universidad Católica, Argentina. Estudio descriptivo en el que se plantea el uso de sistemas fisicoquímicos para la eliminación de eliminación de malos olores como el lavado y absorción con reactivos químicos como la soda cáustica o el agua de cloro que se realizan en torres de lavado, a donde ingresan los vapores y tienen contacto con las soluciones absorbentes que fluyen en contracorriente. También se concluye que la combustión catalítica con platino como catalizador es el método más eficiente ya que reduce en su totalidad el mal olor y se ahorra combustible en el proceso.

**Paredes P.** (2013). *Producción más limpia y el manejo de efluentes en plantas de harina y aceite de pescado*, Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial, 17(2): 72-80 (2013) UNMSM. Siendo los efluentes el primordial agente contaminante del medio marino, es preciso que las empresas productoras de harina y aceite de pescado comiencen con una migración hacia procesos de producción más limpia con la aplicación de tecnologías limpias que ayuden a cumplir con las normas legales, perfeccionar el desempeño ambiental, optimizar la eficiencia de sus procesos con la incorporación de sólidos recuperados en el proceso productivo principal así como perfeccionar su imagen ante la comunidad y dar acceso a mercados internacionales.<sup>(4)</sup>(Paredes 2013).

### 1.1.2. A nivel nacional.

**Alva, E.** (2003). *Control de contaminación del aire producido por el proceso de secado de la harina de pescado tipo estándar*, a la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Cuyo objetivo fue eliminar el mal olor de los efluentes gaseosos de la harina de pescado tipo estándar. Sus conclusiones fueron que las tecnologías de absorción y de incineración son los más viables, aunque no existe un estudio que confirme su eficiencia. Como conclusión final sostiene que la absorción de estos malos olores mediante reactivos químicos es la más aceptable para la realidad peruana.

**Ordoñez, H.** (2016). *Estudio químico de la generación de malos olores en los efluentes gaseosos de la industria del pescado*, (tesis de grado), Universidad Nacional del Callao, Lima, Perú. Donde se investiga en torno a la trimetilamina, producida por el pescado en descomposición y durante su procesamiento y los métodos para eliminarlo. Finalmente se indica la absorción de los vapores con trimetilamina en soluciones cloradas empleando columnas empacadas (Ordoñez 2016).

**Guerra, H.** (2015), *elaboración de un programa de producción más limpia para la planta de conservas de medios hidrobiológicos de Pacific Natural Foods S.A.C*, (Tesis de pre grado), Universidad Nacional La Molina, Lima, Perú. el objetivo fue buscar la producción de harina de pescado sin malos olores planificar una producción sin malos olores de harina de pescado, con procesos más amigables con el medio ambiente, planteando el empleo de GN para alimentar las máquinas, reducir el

consumo de agua, emplear agua de mar en los intercambiadores, etc. Con el fin de reducir costos y conservar el medio ambiente (Guerra 2015).

**Coronado, N.** (2018) *“Estudio transitorio de parámetros físico-químicos de eficacia de efluentes en compañías industriales pesqueros - bahía del Callao, 2012-2016,* (tesis de pre grado). Universidad Nacional del Callao. En este estudio se buscaba establecer los parámetros físicoquímicos de la calidad de los efluentes pesqueros. El autor concluyó que los efluentes de las plantas pesqueras estudiadas cumplían con los parámetros físicoquímicos establecidos y que por tanto se lograba mantener los malos olores dentro de los valores establecidos por las normas ambientales (Coronado 2018).

### **1.1.3. A nivel local.**

Al consultar la bibliografía existente en las universidades que existen en la ciudad de Ica, no se han encontrado estudios o tesis relacionadas con nuestro tema de estudio.

## **1.2. BASES TEÓRICAS.**

### **1.2.1. Hipoclorito de Sodio.**

#### **1.2.1.1. Definición.**

El hipoclorito de sodio es una sal del ácido hipocloroso, que resulta de la reacción del cloro con el hidróxido de sodio, según la siguiente reacción:



Este compuesto en estado sólido se encuentra como una sal pentahidratada, es decir con cinco moléculas de agua en su

estructura molecular  $\text{NaClO} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  y con 2,5 moléculas de agua de hidratación por molécula:  $\text{NaOCl} \cdot 2,5\text{H}_2\text{O}$ , siendo la primera, la forma molecular más común.

### 1.2.1.2. Propiedades químicas y físicas.

El hipoclorito de sodio (sal) es vacilante en el aire, salvo el caso que se convine con hidróxido de sodio, es un energético agente oxidante que casi se guarda en solución de color verdosa, de olor dulzaino áspero, soluble en agua fría, la altera el aguacaliente. Al tornasol, tiene una reacción francamente alcalina (Mexichem Derivados 2018).

Sus principales propiedades físicas son las que a continuación se citan:

- Estado de anexión Sólido  
Aspecto Blanco
- Densidad =  $1,11 \text{ g/cm}^3 = 1110 \text{ kg/m}^3$ ;  
Masa molar =  $74.44 \text{ g/mol}$
- Punto de fusión =  $17,85 \text{ }^\circ\text{C} = 291 \text{ K}$
- Punto de ebullición =  $100,85 \text{ }^\circ\text{C} = 374 \text{ K}$
- A  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  se diluyen  $29,3 \text{ g}$  de la sal en  $100 \text{ g}$  de agua y a  $23 \text{ }^\circ\text{C}$  la solubilidad de la sal alcanza los  $94,2 \text{ g/100}$ .

El cloro de su molécula está en estado de oxidación +1 y por lo tanto es un oxidante muy activo. En solución acuosa permanece estable a pH alcalino. En un medio ácido y en presencia de cloruro libera cloro naciente, que rápidamente se une a otro cloro para formar el cloromolecular ( $\text{Cl}_2$ ), por este

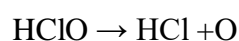
motivo debe almacenarse alejado de cualquier ácido, para evitar, en caso de accidentes, reaccionar con este y generar cloro molecular que es altamente tóxico.

Por su inestabilidad en el aire es difícil de aislar en estado puro.

El dióxido de carbono del aire se combina con el hipoclorito de sodio espaciosamente proporcionando ácido hipocloroso libre.



Este ácido a su vez se descompone por acción de la luz dando oxígeno nascente que es muy activo:



Esta reacción de descomposición es la que le da esa propiedad oxidante al hipoclorito de sodio que se emplea como agente de blanqueo (decolorante).

Al vacío y a bajas temperaturas, la solución concentrada de hipoclorito de sodio da una sustancia sólida blanca muy higroscópica, que tiene hasta 6 moléculas de agua y funde a 20°C en la misma agua de cristalización, descomponiéndose rápidamente.

La estabilidad de las soluciones de hipoclorito de sodio es también relativa; se favorece por la adición de hidróxido de sodio sólido a temperatura no mayor de 25°C, de esta manera se obtienen soluciones muy concentradas que 100 mL de estas, por acción del ácido clorhídrico, desprenden hasta 49,2 gramos de

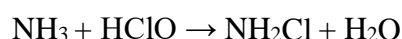
cloro. Estas soluciones son las que por evaporación al vacío dan hipoclorito de sodio cristalizado.

El hipoclorito se eleva a temperaturas grandes para obtener clorato y cloruro:



Por ello se emplea para la síntesis de cloratos. Con aminas se forman las cloraminas.

Las cloraminas se obtienen cuando reacciona el amoníaco con el ácido hipocloroso, en un medio alcalino:



La síntesis se realiza en solución diluida. En esta reacción el HClO es atacado por el nucleófilo  $\text{NH}_3$ . A niveles de pH más bajos, se produce una mayor cloración.

### 1.2.1.3. Usos del hipoclorito

Actualmente la utilización del hipoclorito de sodio es la esterilización de las aguas potables y el blanqueo de fibras textiles y, pero se está tratando de aplicar menos su uso en la desinfección de aguas de consumo humano porque se ha determinado que el hipoclorito reacciona con la materia orgánica formando trihalometanos, sustancias consideradas potencialmente cancerígenas (Amo químicos 2018).

Debido a su peculiaridad de compuesto oxidante de inmediata acción es usado en gran proporción para la

desinfección de áreas, esterilización de ropa hospitalaria y desechos, desinfección de salpicaduras de sangre, desinfección de equipos y mesas de trabajo resistentes a la oxidación, eliminación de olores y desinfección de ambientes y equipos industriales empleados en la industria alimentaria.

### **1.2.2. Trimetilamina**

La trimetilamina es una amina terciaria cuya fórmula química es  $N(CH_3)_3$ ; Según esta fórmula la estructura química de la trimetilamina está compuesta por un átomo de nitrógeno, tres átomos de carbono y nueve átomos de hidrógeno. Las principales características físicas de esta amina son: es muy inflamable y tiene la propiedad de captar agua (higroscópica). Cuando su acumulación es poca, su olor es a pescado (muy fuerte) pero a elevadas concentraciones, su color varía a uno muy similar al que arroja el amoníaco. Su alta solubilidad en agua permite preparar soluciones al 40% y a 25 °C su estado de agregación es gaseoso, forma en la cual se vende en cilindros a presión.

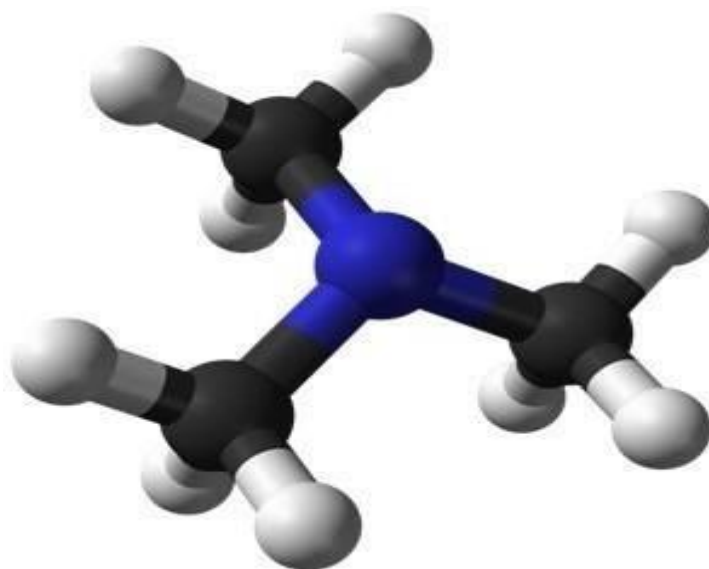
La trimetilamina es un gas que se genera en los organismos muertos como el de los peces cuando están en descomposición o se someten a estos a altas temperaturas (temperatura de cocción) que es lo que sucede en el proceso de elaboración industrial de la harina de pescado, durante la cocción y el secado (Aguilar 2016).

El óxido de trimetilamina lo encontramos esparcido en forma irregular en los músculos y órganos del pescado en importes que oscilan de los 75 y 250 mg de nitrógeno. En el acumulamiento en hielo, el óxido de

trimetilamina (OTMA) se comprime a trimetilamina (TMA) debido a la participación bacteriana posterior de la muerte. Conforme aumenta de la temperatura a la que está el pescado después de su muerte, mucho mayor es la cantidad de trimetilamina que se produce, por ello durante la cocción del pescado y el secado de la harina, se alcanza un máximo de esta amina que se descarga a la atmósfera en el humo y los vapores.

### Figura 1

*Molécula de trimetilamina (TMA)*



Fuente: Wikipedia

Durante la respiración anaeróbica de algunas bacterias que se encuentran en el pescado reducen el óxido de trimetilamina a trimetilamina, la cual como ya se dijo presenta un fuerte olor a pescado descompuesto. Los peces frescos contienen por cada 100g de carne, unos 10 a 15 % de trimetilamina, pero cuando ya se descomponen durante el almacenamiento, alcanzan hasta un 30% de esta amina terciaria.

Aunque la trimetilamina, es el olor preponderante que se genera durante la cocción del pescado y el secado de la harina de pescado, también hay que considerar el  $\text{H}_2\text{S}$ , el metilmercaptano ( $\text{CH}_3\text{SH}$ ) y el dimetilsulfuro ( $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ ), cuyos olores son también desagradables pero que se generan en proporción mucho menor a la trimetilamina. Cabe recalcar que la generación de estos compuestos es el resultado de la actividad de las bacterias sobre los componentes del pescado. Así por ejemplo el amoníaco resultade la descomposición bacteriana de los aminoácidos, El sulfuro de hidrógeno de la degradación de la cisteína; el  $\text{CH}_3\text{SH}$  y el  $(\text{CH}_3)_2\text{S}$  de la degradación de la metionina.

### 1.2.3. Sulfuro de hidrógeno.

#### 1.2.3.1. Propiedades.

El compuesto químico sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) se presenta como un gas incoloro, de olor muy fuerte y desagradable que recuerda al de los huevos podridos. Cuando se disuelve en el agua forma el ácido sulfhídrico.

Las principales propiedades fisicoquímicas del sulfuro de hidrógeno son las siguientes:

- Fórmula:  $\text{H}_2\text{S}$
- Peso molecular: 34,08
- Punto de ebullición:  $-60,7^\circ\text{C}$
- Punto de fusión:  $-85^\circ\text{C}$
- Presión de vapor = 18,8 bar a ( $20^\circ\text{C}$ )
- Coeficiente de Henry a  $25^\circ\text{C}$  ( $\text{mol}\cdot\text{m}^3$ ) aire/ $(\text{mol}\cdot\text{m}^3)$

(agua): 0,41

- Solubilidad en agua (g/100ml): 186 ml (40°C), 437 ml (0°C),
- Densidad relativa de vapor: 1,19 (aire=1)
- gas inflamable: Punto de inflamación:
- Temperatura de autoignición = 260°C
- Límites de explosividad (% en volumen en el aire): 4,3  
– 45,5
- Constantes de disociación: pKa1=7,02 (genera anión hidrosulfito HS); pKa2=11,96 (Genera el anión disulfuroS)

Una de las características del sulfuro de hidrógeno es que su límite de detección es excesivamente bajo y varía, dado que la sensibilidad a la hora de detectar un olor depende de muchos factores, tanto del que lo percibe (sensibilidad, subjetividad, costumbre, etc.) como de las condiciones ambientales (humedad, temperatura, etc.) Según la Nota Técnica de Prevención 320 del INSHT el umbral olfativo del H<sub>2</sub>S es 0,0081 ppmv, siendo irritante a partir de 10,04ppmv y dejándose de oler a partir de 100-150 ppmv. Los valores límites de exposición ambiental, según la ACGIH, para el H<sub>2</sub>S son de 10 ppmv (13,9 mg/m<sup>3</sup>) para el TLV-TWAy de 15 ppmv (20,85 mg/m<sup>3</sup>) para el TLV-STEL (Wikipedia 2021).

### 1.2.3.2. Características.

Entre las características del sulfuro de hidrógeno que se pueden señalar están: su toxicidad, su capacidad corrosiva sobre los

metales, cuando combustiona genera dióxido de azufre. Los sulfuros de carbonilo (SCO), disulfuros de carbono (CS<sub>2</sub>), compuestos sulfurados (mercaptanos (RSR), poseen olores bastante ásperos. El sulfuro de hidrógeno es un gas inflamable, que puede formar mezclas explosivas con el aire. Cuando los cilindros se muestran a profundo calor o llamas, explotan. Este compuesto es más pesado que el aire, puede viajar distancias considerables hasta una fuente de ignición y regresar en llamas.

#### **1.2.3.3. Fuentes.**

El sulfuro de hidrógeno en la naturaleza se encuentra en los gases de los volcanes, manantiales de azufre, emanaciones de grietas submarinas, pantanos, petróleo crudo, gas natural y como producto de la adulación biológica de la materia orgánica.

En cuanto a los procesos químicos es la industria de la celulosa una de las principales industrias generadoras de H<sub>2</sub>S, también está la industria del gas natural y del petróleo y la industria pirometalúrgica de tratamiento de sulfuros.

#### **1.2.3.4 Utilización del sulfuro de hidrógeno.**

Los principales usos que se le da al sulfuro de hidrógeno en la industria son: en la fabricación de azufre elemental, agua pesada, industria metalúrgica, como reactivo analítico para separar cobre y níquel y en agricultura como desinfectante, en la purificación del ácido clorhídrico y sulfúrico y en la fabricación de diversos

sulfuros y compuestos sulfurados como los mercaptanos, usados para odorizar el gas natural y el GLP.

#### **1.2.3.5. Efectos sobre la salud**

##### **Inhalación:**

Los síntomas primarios de intoxicación, en forma general, son: irritación de la piel, falta de olfato, náusea, diarrea, vómito, lagrimeo, visión nublada, fotofobia. Los indicios de una intoxicación aguda son: taquicardia o mengua de la velocidad cardiaca, presión sanguínea baja, cianosis, arritmia cardiaca, palpitaciones, También se presenta respiración lenta y veloz, parálisis respiratoria, edema bronquial o pulmonar, depresión pulmonar y. Los efectos neurológicos en estos casos son cansancio, irritabilidad, vértigo, dolor de cabeza, confusión, delirio, amnesia, y sudoración. Se manifiestan también salivación excesiva, calambres musculares, temblores, tos, convulsiones y coma.

##### **Contacto con los ojos.**

Se manifiesta como irritación de la conjuntiva, causando fotofobia, querato conjuntivitis y vesiculación del epitelio de la córnea, se muestran además de los síntomas indicados, lagrimeo, dolor y visión nublada. Un envenenamiento crónico provoca hinchazón de la conjuntiva y los párpados. El recobro de estos problemas es total siempre que no se muestren otras infecciones secundarias.

### **Efectos crónicos.**

Las exposiciones severas que no resultan en muerte pueden causar síntomas a largo plazo tales como pérdida de la memoria, parálisis de músculos faciales, o daño del tejido fino del nervio. La sobre -exhibición crónica puede provocar deterioro de ojo constante.

#### **1.2.4. Efluentes gaseosos de las plantas pesqueras.**

Cuando se habla de efluentes gaseosos se considera de aquellas sustancias contaminantes que resultan de la actividad industrial, tales como los gases de efecto invernadero, aerosoles, material particulado, humos negros, nieblas y olores que se esparcen a la atmósfera mediante conductos o como aromas difusos.

Las plantas pesqueras en particular descargan a la atmósfera, un conjunto de efluentes gaseosos, compuestos por gases de combustión de los motores de combustión interna; estos gases contienen dióxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno y otros componentes resultantes de la combustión del combustible Diesel, como los compuestos orgánicos volátiles (COV) y los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), algunos de ellos considerados potencialmente cancerígenos; además, de material particulado y hollín junto con material hidrocarbúrico no quemado y gotas líquidas que constituyen los aerosoles, cuyas dimensiones son de 0,05  $\mu\text{m}$  para las más pequeñas que pueden estar en suspensión. Si bien es cierto estos gases se generan no en grandes cantidades, si tienen un efecto contaminante severo porque son acumulativos en la atmósfera y tiene la propiedad de reaccionar entre ellas, con el dióxido de carbono del aire, el oxígeno, la

humedad, y con y crear otras mezclas aún más agresivas como los nítrico y ácidos sulfúricos que luego contribuyen a las lluvias ácidas o a la formación del smog industrial, altamente corrosivo para los materiales y dañinos para la salud humana.

Junto con los gases de la combustión se descargan grandes cantidades de vapores y gases generados durante la cocción del pescado en los cocinadores a temperatura de 90 a 100°C y el secado de la harina. El vapor más cuantioso es el vapor de agua debido a la evaporación del agua a elevadas temperaturas, este obliga consigo gotas de líquido (aerosoles) que tiene aceite de pescado y mezcla de nitrógeno y azufre que ayudan con el fétido olor, que se disperse en la atmósfera; olor que en un gran porcentaje corresponde a la trimetilamina.

Los principales compuestos que originan malos olores son los compuestos que combinan el azufre y nitrógeno y estas sustancias son establecidas durante el proceso preparativo de la harina y aceite de pescado.

Los malos olores se derivan principalmente de la descomposición bacterial y enzimático del pescado crudo y de productos de reacción durante las operaciones de desecación. Los compendios que componen esos malos olores se clasifican como vapores incondensables y básicos. Teóricamente, existen métodos para lograr una eliminación casi total de tales sustancias. En la industria, se utiliza muchos métodos para comprimir al mínimo los olores, con la finalidad de que no se esparcen desde la fábrica a las zonas circundantes; es prácticamente imposible eliminar los olores en la propia fábrica (Miranda, 2018).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) un efecto negativo para la salud es cualquier experiencia que provoca malestar a nivel, tanto físico como emocional o mental, desde este punto de vista sin duda la contaminación odorífera genera daños en la salud de las personas que se encuentran dentro de la zona de influencia de las plantas procesadoras de aceite y harina de pescado; estas padecen insomnio, dolor de cabeza, mal humor, irritación en mucosa, sobre todo la tendencia a desarrollar condiciones de estrés, vómitos, náuseas, reacciones neurotóxicas; tales como pérdidas de memoria, comportamiento evasivo, o problemas de concentración, interacción con otros sistemas sensoriales o biológicos que provocan cambios de hipersensibilidad y cambios en las pautas de respiración. Estos efectos se producen porque al ser atraídas las sustancias odoríferas del medio ambiente mediante la vía nasal o bucal trasladadas a la mucosa olfatoria, donde se absorben y después se convierten en señales eléctricas; el tracto respiratorio incluye una disminución del volumen del aire inhalado, flujo sanguíneo bajo en los pulmones, abundante secreción de hormonas de estrés, contorsión de la laringe y los bronquios; presión sanguínea alta.

Los olores son síntomas del problema que señalan respuestas en los habitantes, ya que participan sobre el sistema nervioso central o periférico y están vinculados con la parte emocional. Es por esto que un olor atractivo puede causar sensación de bienestar, y un mal olor puede provocar dolor de cabeza, náuseas, ronquera y alteración en el estado de ánimo. Provocan graves deterioros, como la pérdida del sentido del olfato limitando a la persona a una vida sin olores, sin algunos recuerdos y en muchos casos sin

sabores, puesto que el olfato y el gusto son complementarios.

## **1.2.5. Proceso de producción de harina de pescado.**

### **1.2.5.1. Captura de peces.**

Los peces extraídos del mar para la obtención de harina de pescado son generalmente pescados chicos, huesudos y oleaginosos no apto para el consumo humano. Son capturados usando redes de pesca con tamaños de malla especificados por gobiernos (nunca usan una pipa de succión). Las redes en ciertas situaciones son vaciadas por las pipas desucción y vaciadas en el almacenamiento del buque (Beneros V. 2008).

Los lugares y el tiempo de captura son determinados por controles gubernamentales para aseverar el mantenimiento de cuotas. Muchas embarcaciones pesqueras transportan rastreadores que acceden al control vía satélite. Esto es responsabilidad de las autoridades del ~~gub~~ para demostrar que la pesca se ejecuta en las áreas señaladas.

Por otro lado, las embarcaciones marinas se evidencian a menudo al desembarcar. Se supervisa su retén para demostrar el tipo y el tamaño de los peces pescados, la zona y la temporada de captura. Generalmente se utiliza agua de mar refrigerada para enfriar a los pescados y para mantenerlos frescos, evitando daño (Beneros V. 2008).

### **1.2.5.2. Descarga Del Pescado**

Al trasladar el pescado en la fábrica se pesa y se verifica la frescura de los pescados que se controla utilizando TVN; los pescadores pueden ser gratificados basados en el peso de retén y de su TVN (frescura) para animar al desembarque de materia prima de alta calidad (Gutiérrez 2018). El traslado del pescado desde las embarcaciones a la fábrica debe ejecutarse con el mínimo daño, de tal manera que en todo instante se impida el destrozado del pescado y con ello no se facilite el proceso autolítico y microbiano <sup>(14)</sup> (Gutiérrez 2018).

### **1.2.5.3. Operación De Cocción**

En la operación unitaria de cocción se tiene como finalidad:

- \* Condensar las proteínas,
- \* Purificar los pescados con la finalidad de detener la actividad enzimática y microbiana,
- \* Liberar la grasa de las adiposas y el agua.

### **1.2.5.4. Pre-Prensado o Pre-Desaguado**

El pre - desaguado es realizar un drenaje antes del prensado con el fin de desarrollar su capacidad.

### **1.2.5.5. Operación De Extrusión o Prensado**

Con la operación de prensado separamos el agua y la grasa de tal manera que la torta de prensa tenga la mínima cantidad posible de estos dos elementos y sea pobre en sólidos.

#### **1.2.5.6. Operación De Centrifugación**

Es la operación donde se usa la centrífuga para apartar los variados elementos que tiene el licor de prensa como son, sólidos solubles e insolubles, la grasa y agua, en razón de su diferencia de densidades.

#### **1.2.5.7. Operación De Evaporación**

La evaporación se define como la exclusión de vapor de un soluto respectivamente no volátil, siendo sólido. Generalmente no se elimina completamente y el producto concentrado permanece en forma líquida, aunque algunas veces con una elevada temperatura.

#### **1.2.5.8. Operación De Secado**

La finalidad es deshidratar torta separadora, la torta de prensa, y la acumulación de agua de cola, fusionados y homogenizados antes; sin alterar la calidad del producto. La prioridad es bajar la humedad del material a niveles de agua constante en donde se impida el crecimiento microbiano y no se estropee el producto.

#### **1.2.5.9. Operación De Molienda**

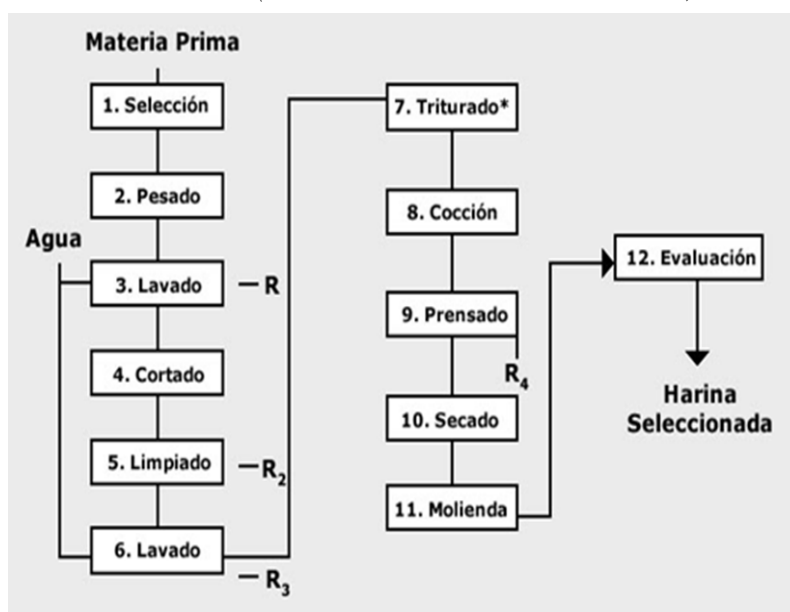
La finalidad de la molienda, es la reducción del tamaño de los sólidos hasta de acuerdo a los detalles entregadas por los compradores. La molienda del scrap es de importancia, porque una buena apariencia granular incidirá favorablemente en la aceptación del producto en el mercado.

### 1.2.5.10. Almacenamiento.

La harina de pescado frecuentada con antioxidante, es llevada mediante un helicoidal a la balanza ensacadora, que tienen un pantalón de ensaque donde se vierte la harina y que es recepcionada en costales de polipropileno (blanco) de 50 kg de capacidad. Por medio de un transportador de tablillas los sacos con su contenido de harina son llevados hacia un camión transportador.

Terminado, la harina es pesada y acumulada en las pampas de acaparamiento, formado las conocidas comorumas de harina de mil sacos cada una. Hoy en campos de acumulamiento que no están enlosados, previo al armado de las rumas se hace un tratamiento al suelo con cal y sobre ella se colocan esteras.

**Figura 2**  
Diagrama de flujo de la producción de harina de pescado  
(ANDRADE, ARCOS, FUREL, 2015)



Fuente: Andrade, 2015

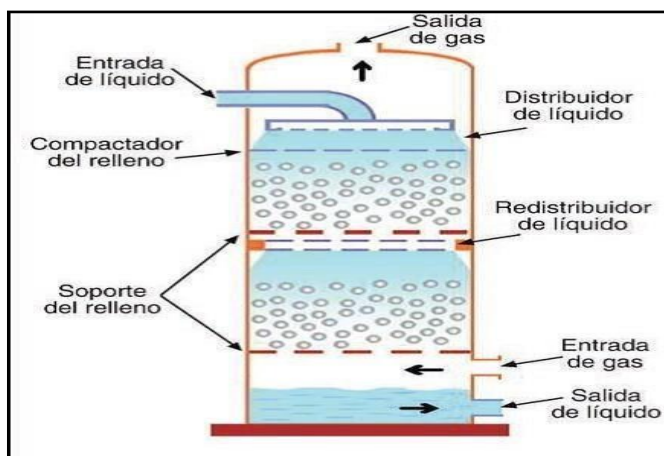
### 1.2.6. Tecnologías usadas para excluir el mal olor de los vapores originados en las plantas pesqueras.

Son varias las tecnologías empleadas para eliminar o al menos reducir los malos olores que se generan en las plantas pesqueras, detallamos algunas:

#### a. Absorción.

Los vapores y gases que provienen de los cocinadores y secadores se acanalan hacia una torre de relleno donde al contacto con el agua fría (o una solución de determinado reactivo) que cae desde la parte superior de la torre, se condensan o enfrían, quedando retenidos en el agua o en la solución. Este método permite eliminar el humo blanco de las chimeneas. Estas torres de absorción tienen diversos diseños, con los que se trata de darle mayor eficiencia y reducir el mal olor a porcentajes mínimos, empleando agua que puede ser de mar o agua dulce, esta puede tener contacto directo con los vapores o contacto indirecto con estos, lo que la faculta para poder reutilizarla.

**Figura 3**  
*Torre de Absorción.*

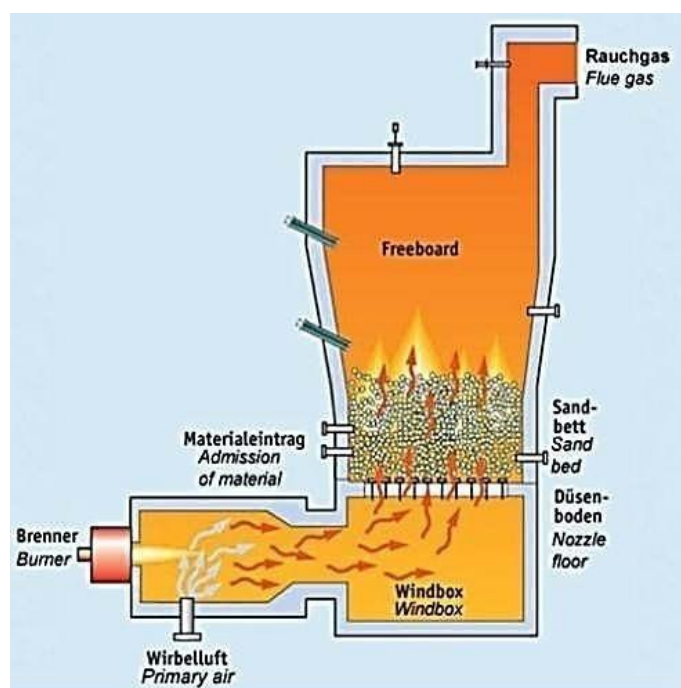


Fuente: Wikipedia

**b. Cámara de incineración.**

Los vapores que no logran condensarse en las torres de absorción, se llevan a incineradores, los cuales consisten en cámaras donde se desarrollan temperaturas superiores a los 700°C y que calcinan o desordenan térmicamente los elementos que crean el mal olor, estas técnicas exigen tecnología adecuadas y por tanto elevados costos de operación, sobre todo en el combustible solicitado para la combustión. La operación de estos incineradores, debe de regularse de acuerdo con el tipo de sustancia a incinerar, considerando para ello la temperatura, el tiempo de residencia y velocidad de flujo del vapor a tratar.

**Figura 4**  
*Incinerador*



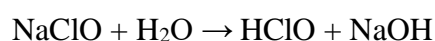
Fuente: Wikipedia

### c. Tratamiento hipoclorito de sodio

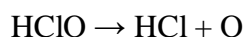
En la presente tesis se plantea el empleo del hipoclorito de sodio, conocido comercialmente como lejía, para el tratamiento del mal olor generado en las plantas pesqueras productoras de harina de pescado y que se descargan a la atmósfera con los vapores y gases que salen por las chimeneas.

El método propuesto es químico la tecnología en la que se emplea sería en la torre de absorción, ya que el tipo de absorción que se produce durante el proceso es una absorción química, la trimetilamina reacciona con el ácido clorhídrico, generando una sal: el cloruro de trimetilamina o cloruro de trimetilamonio, perteneciente al grupo de las cloraminas. Esta sal no tiene olor.

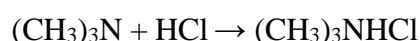
El hipoclorito de sodio al diluirse en agua, reacciona con ésta formando ácido hipocloroso e hidróxido de sodio, según la siguiente reacción:



El ácido hipocloroso es muy inestable y rápidamente se descompone en ácido clorhídrico y Oxígeno nascente el cual es muy activo. La reacción es la siguiente:



Este ácido clorhídrico producto de la descomposición del ácido hipocloroso reacciona con la trimetilamina formando el cloruro de trimetilamina, tal como lo observamos en la reacción mostrada a continuación:



o lo que es lo mismo:



El fundamento de estas reacciones, se explica de la siguiente manera: Las aminas químicamente actúan como el amoníaco, es decir, tienen la capacidad de reaccionar con los ácidos inorgánicos fuertes: el ácido sulfúrico o HCl, dando como resultado el cloruro de trimetilamina.

Esto se debe a que el átomo de nitrógeno con dos electrones no compartidos, actúa como dador de electrones (es decir, como una base de Lewis); mientras que el átomo carente de electrones (ácido de Lewis) se combina con la amina compartiendo el par libre de electrones, dando como resultado una sal. De esta manera, con la formación de otro compuesto a partir de la trimetilamina se elimina el olor a pescado que tienen los vapores y gases que despiden las plantas procesadoras de harina de pescado.

En el caso del sulfuro de hidrógeno, las reacciones con el hipoclorito de sodio se dan en un pH ligeramente superior a 7, según las siguientes reacciones:



En el proceso de absorción química, empleado para eliminar los malos olores de los humos de las plantas procesadoras de harina de pescado, es posible también se produzcan las siguientes reacciones entre el sulfuro de hidrógeno y el hipoclorito de sodio:



### 1.3. MARCO CONCEPTUAL.

#### **Absorción**

es la acción unitaria que realiza el apartamiento de uno o más elementos de una mezcla gaseosa con la colaboración de un solvente líquido el cual crea solución (varios solutos o un soluto A, se absorben de la fase gaseosa y transitan a la líquida). (Wikipedia 2021).

#### **Aerosol (Aerosol)**

Sistema de partículas en estado líquido o sólido pasadas en un mediogaseoso donde la velocidad de caída es desapercibida (Wikipedia 2021)

#### **Contaminación (Pollution)**

La contaminación se refiere a la presencia de sustancias y calor en el aire, agua, tierra y cuya naturaleza, localización o cantidad produce efectos perjudiciales en ellos; También se considera como la actividad que genera agentes contaminantes (Wikipedia 2021).

#### **Contaminación atmosférica (Air Pollution)**

Es la presencia de sustancias contaminantes en el aire que no se dispersan en forma adecuada y afectan la salud o el bienestar de las personas, o producen otros efectos dañinos en el medio ambiente (Wikipedia 2021). También se denomina contaminación del aire.

**Contaminante (Pollutant)**

Sustancia que se encuentra en acumulaciones que pueden ser dañinas para los organismos (los seres humanos, las plantas y los animales) o que superan las normas de calidad del medio ambiente. Véase también agente contaminante (Wikipedia 2021).

**Contaminantes atmosféricos (Air Contaminants; Air Pollutants)**

Sustancias que se ubican en el aire que, en acopios elevadas, podrían ser perjudiciales para los seres humanos, los animales, la vegetación o los materiales; Son partículas sólidas, o gases, o combinaciones de estas formas ( ambientum 2021)

**Contaminantes atmosféricos peligrosos (Hazardous Air Pollutants):**

Contaminantes atmosféricos que, con un nivel de certeza adecuada, podrían causar enfermedades irreversibles o la muerte. Comprenden el cloruro de vinilo, el berilio, asbesto, el mercurio, 'el benceno, los radionúclidos, las emisiones de los hornos de coque,

**Contaminantes tóxicos (Toxic Pollutants)**

Son los materiales que contaminan el medio ambiente y que son causa de muerte, enfermedades o malformaciones congénitas en los organismos que los ingieren o absorben (EPA- 1999).

## CAPITULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 2.1 SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

En las plantas procesadoras de harina y aceite de pescado, sigue una secuencia de operaciones, llamadas en Ingeniería: operaciones unitarias, algunas de ellas como la cocción y el secado necesitan de elevadas temperaturas, y es donde se crean los vapores y gases que poseen una gran cantidad de trimetilamina, compuesto orgánico apropiado a las aminas, causante del mal olor, del olor a pescado. Este olor es más fétido y en mayor cantidad cuando el pescado se ha deteriorado más debido a su larga permanencia a temperaturas por encima de 20°C. Cabe recalcar que cuanto más alta es la temperatura, la carne de pescado por efecto de las bacterias, se descompone con rapidez, disminuyendo en ella el óxido de trimetilamina y aumentando la cantidad de trimetilamina. El mal olor de los vapores y gases que se mitigan por las chimeneas de las plantas pesqueras, ha sido frecuentada de varias formas, aplicando métodos químicos, físicos y tecnológicos hasta la fecha no se ha logrado disminuir su intensidad, y esos vapores son dispersados en grandes volúmenes a mucha distancia de la planta procesadora, causando serios problemas ambientales en la zona de influencia; afectando a las

poblaciones cercanas, causando diversas dolencias en las personas, que no solo tienen efectos somáticos sino también psicológicos, tales como alergias, asma, dolor de cabeza, vómito, mareos, etc.; motivo por el cual se debe de realizar investigaciones tendientes a solucionar este problema ambiental, tal como se plantea en esta investigación, el uso del hipoclorito de sodio de manera dosificada para neutralizar la trimetilamina.

## **2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

### **2.2.1. Problema general.**

¿El uso de hipoclorito de sodio influye en el tratamiento de los efluentes gaseosos generados en las plantas pesqueras de la ciudad de Pisco 2018-2019?

### **2.2.2. Problemas específicos.**

**P.E.1.** ¿El hipoclorito de sodio permitirá reducir la concentración de los compuestos que proporcionan mal olor de los efluentes gaseosos generados en las plantas pesqueras de la ciudad de Pisco 2018-2019?

**P.E.2.** ¿Mediante que procedimiento tecnológico se aplicará el hipoclorito de sodio para reducir los compuestos que proporcionan mal olor a los efluentes gaseosos generados en las plantas pesqueras de la ciudad de Pisco 2018-2019?

**P.E.3.** ¿Qué impacto producirá en la atmósfera el uso del hipoclorito de

sodio en el tratamiento de los efluentes gaseosos generados en las plantas pesqueras de la ciudad de Pisco 2018-2019?

### **2.2.3. Delimitación de la investigación.**

#### **Delimitación espacial.**

El estudio se llevará a cabo en la provincia Pisco, región Ica.

#### **Delimitación temporal.**

La investigación se desarrolló desde el mes de agosto del 2018 hasta el mes de Julio del 2019.

#### **Delimitación teórica**

La investigación comprendió el estudio de la generación de efluentes gaseosos en las plantas pesqueras y el empleo de reactivos químicos para neutralizar los malos olores en dichos efluentes.

#### **Delimitación social.**

En este estudio se involucró a la población de la ciudad de Pisco y al personal que labora en las plantas pesqueras.

## **2.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.**

### **2.3.1. Justificación.**

La presente investigación se justifica desde el punto de vista ambiental, ya que se buscó establecer un método industrial en el cual se pueda eliminar la totalidad de los malos olores creados en las plantas

pesqueras, que dañan la atmósfera y crean fastidio en las poblaciones cercanas a estas industrias. Dichos olores son muy desagradables y propician diversas enfermedades alérgicas y respiratorias las personas. Con esto se busca una producción limpia de productos pesqueros y una industria partidaria que pueda perdurar, junto con el desarrollo de las ciudades y pueblos próximos.

Desde el punto de vista técnico, la presente investigación se justifica ya que propone el empleo de una tecnología barata, en base a torres de absorción, empleando el agua de mar tratada en la que se disuelve hipoclorito de sodio, para neutralizar los malos olores.

### **2.3.2. Importancia.**

Esta investigación es importante porque permitirá que las plantas pesqueras puedan trabajar cerca de las ciudades y poblaciones, sin afectar el aire con malos olores. Así mismo la población no sufriría los estragos de salud que actualmente le aqueja debido al aire contaminado que respiran y tiene contacto con la piel, generándoles enfermedades alérgicas y broncopulmonares, que obligan a los ciudadanos gastar más en el restablecimiento de su salud. El control de los malos olores permitirá que la población tenga un mejor medio de vida, y que su condición económica mejore ya que tendrá menos gastos en salud.

## **2.4. OBJETIVOS**

### **2.4.1. Objetivo General.**

Determinar el uso de hipoclorito de sodio en el tratamiento de los efluentes gaseosos generados en las plantas pesqueras de la ciudad de Pisco 2018-2019.

### **2.4.2. Objetivos específicos.**

**O.E.1.** Determinar si el hipoclorito de sodio permitirá reducir la concentración de los compuestos que proporcionan mal olor de los efluentes gaseosos generados en las plantas pesqueras de la ciudad de Pisco 2018-2019.

**O.E.2.** Establecer mediante que procedimiento tecnológico se aplicará el hipoclorito de sodio para reducir los compuestos que proporcionan mal olor a los efluentes gaseosos generados en las plantas pesqueras de la ciudad de Pisco 2018-2019.

**O.E.3.** Determinar el impacto que producirá en la atmósfera el uso del hipoclorito de sodio en el tratamiento de los efluentes gaseosos generados en las plantas pesqueras de la ciudad de Pisco 2018-2019.

## **2.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.5.1. Hipótesis general.**

El uso de hipoclorito de sodio influirá directamente en el tratamiento de los efluentes gaseosos generados en las plantas pesqueras de la ciudad de Pisco 2018-2019.

### **2.5.2. Hipótesis específicas.**

**H.E.1.** El hipoclorito de sodio permitirá reducir sustancialmente la concentración de los compuestos que proporcionan mal olor de los efluentes gaseosos generados en las plantas pesqueras de la ciudad de Pisco 2018-2019.

**H.E.2.** Para reducir con hipoclorito de sodio los compuestos que proporcionan mal olor a los efluentes gaseosos generados en las plantas pesqueras de la ciudad de Pisco 2018-2019, se emplearán torres de absorción.

**H.E.3.** El uso del hipoclorito de sodio en el tratamiento de los efluentes gaseosos generados en las plantas pesqueras de la ciudad de Pisco 2018-2019, tendrá un impacto positivo en la atmósfera.

## **2.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.6.1. Identificación de las variables.**

#### **Variable Independiente:**

Uso del hipoclorito de sodio.

#### **Variable Dependiente.**

Tratamiento de efluentes gaseosos.

## 2.6.2. Operacionalización de las variables

Tabla 1

Variables	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
<b>V. Independiente.</b>  Uso del hipoclorito de sodio	Uso de los reactivos químicos que neutralizan el efecto de las sustancias que producen el mal olor que emiten las plantas de harina de pescado.	Química.  Cuantitativa	1.1. Características químicas del reactivo a emplear  2.1. Cantidad de reactivo a emplearen el proceso
<b>V. Dependiente</b>  Tratamiento de efluentes gaseosos.	E la disminución de los efectos negativos que producen los contaminantes odoríferos de las plantas pesqueras, en la atmósfera.	1. Cualitativa  2. Cuantitativa	Características odoríferas de los efluentes residuales.  2.1. Cantidad de compuestos que generan mal olor en los efluentes residuales.

Fuente: Elaboración Propia

## **|CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo, Nivel y Diseño de la Investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación:**

Aplicada. Esta investigación es aplicada ya que trata de solucionar un problema técnico, como es la eliminación de los malos olores de los efluentes gaseosos de las plantas pesqueras, para evitar contaminación atmosférica. (Ñaupás 2013, p.136).

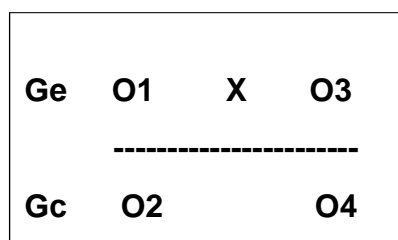
##### **3.1.2 Nivel:**

Por su tipo esta investigación es descriptiva, porque describe la naturaleza de la población que se va a estudiar, determinando una serie de fenómenos, situaciones, contextos y eventos que han de analizarse para detallar cómo son y cómo se manifiestan. Hernández, Fernández y Baptista (2010, p.80).

##### **3.1.3 Diseño:**

La investigación utilizada fue un diseño experimental, ya que se manipula la variable independiente. El diseño de la investigación experimental será de dos grupos de control con pre test y pos test

Dónde:



**Ge:** Grupo experimental

**Gc:** Grupo de control **X:** Tratamiento

**O:** Observación

**O1 y O2:** Pre test

**O3 y O4:** Pos test

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.**

### **3.2.1 Población.**

Una definición de población se entiende es el conjunto de sujetos o cosas que tienen una o más propiedades iguales, se ubican en un espacio y cambian en el transcurso del tiempo. (Vara 2012).

La población está conformada por las siguientes plantas pesqueras de la ciudad de Pisco:

TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS S.A.C. (Paracas)

AUSTRAL GROUP S.A.A. (Paracas) PESQUERA DIAMANTE S.A.

(Paracas)

CFG INVESTMENT S.A.C. (Paracas)

PLANTA PESQUERA TASA SUR: PISCO Muestra.

### **3.2.2 Muestra.**

La muestra (n), es el conjunto de casos extraídos de la población, seleccionados por algún método racional, siempre parte de la población. Cuando se establecen variadas poblaciones, también se adquirirán varias muestras. (Vara 2012)

La muestra del presente estudio estuvo conformada por los efluentes gaseosos de la planta pesquera TASA SUR ubicada en la ciudad de Pisco, Se considero a dicha empresa al azar por haber realizado mis practica pre profesionales.

## **CAPÍTULO IV**

### **TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Se evaluó el análisis del mal olor de los efluentes gaseoso de la Planta Pesquera Tasa Sur, durante el mes de diciembre del 2019 en 5 días consecutivos en el turno noche, a una distancia de 10 m. de la salida de la chimenea cuando el viento se dirigía de sur a norte, se tomó la muestra en bartoviento

Las muestras de humo tomadas para los estudios realizados fueron seleccionadas por la concentración de sulfuro de hidrógeno y trimetilamina; dos de los compuestos responsables del mal olor del pescado cuando este se encuentra en franco proceso de deterioro y que se transfiere a los vapores y gases que salen junto con el humo de las chimeneas.

Para la captación de ambas sustancias se emplearon los métodos expuestos en otras investigaciones y métodos de análisis estandarizados que figuran en la bibliografía consultada; como son: la de solución absorbente de hidróxido de cadmio y la solución de acetato de zinc, para el sulfuro de hidrógeno; y los captadores de carbón activado y de silicagel para la trimetilamina. El estudio experimental comparativo nos ha permitido establecer que para el caso del H<sub>2</sub>S, la captación en solución de hidróxido de cadmio resulta ser la más eficiente, dando

resultados reales; mientras que, para la trimetilamina, el silicagel tiene un mejor comportamiento, dando un resultado más aceptable para el estudio.

Los ensayos para la neutralización de las sustancia odoríferas se llevaron a cabo por contacto directo entre el humo y la lejía en una columna de relleno de laboratorio de la, en la que se hizo pasar el humo por la parte inferior y la lejía por la parte superior, fluyendo ambos en contracorriente, esto permite que el sulfuro de hidrógeno y la trimetilamina sean neutralizados por la lejía al tener un contacto íntimo y reaccionen formando otras sustancias que poseen propiedades físicas diferentes entre las que predomina la falta de olor.

La columna de absorción de gas de ARFIELD ha sido diseñada para demostrar los principios de la absorción de gas y para proporcionar formación práctica en la operación de plantas de absorción de gas.

#### **4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Los instrumentos utilizados fue la recopilación de datos, siendo estos ensayos experimentales, realizados en el laboratorio y que permitió analizar la composición de los efluentes gaseosos al inicio y final del tratamiento con hipoclorito de sodio.

##### **Descripción del equipo**

Columna de relleno de absorción de gas en unidad de suelo, con una columna de acrílico de 75mm de diámetro y 1,4m de longitud. La columna contiene 7 litros de anillos Rasching de vidrio de 10 x 10 mm y va montada en un bastidor de acero.

La cabeza centro y la base de la columna están provistos de tomas para sensores de

presión y para muestreo de gas

- Incluye dos manómetros para medir la presión
- aparato de análisis de gas del tipo hempl
- Incluye 3 caudalímetros de área variable para medir el caudal de gas aire y liquido
- Un compresor giratorio q es utilizado para bombear aire a la columna
- una bomba centrifuga circula el agua (disolvente) desde un tanque de alimentación de 50 litros de capacidad.

**Figura 5**

*La columna de absorción de gas de ARFIELD*



*FUENTE: wikipedia*

#### **4.3. TÉCNICAS DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

Para el procesamiento y análisis de datos se seguirá la secuencia siguiente:

**Clasificación de datos**, en donde los datos se recogieron de los respectivos instrumentos para clasificarlos.

**Codificación de los datos**, se codifico la información recogida con los respectivos instrumentos en la muestra de estudio.

**Calificación**, se dio la puntuación que corresponde según el instrumento aplicado.

**Tabulación estadística**, se elaboró una data donde se encontraron codificados los

sujetos muestrales y para su calificación utilizando estadígrafos que nos permitió conocer las características de la distribución de los datos, como la media aritmética y desviación estándar y chi cuadrado que justificaron el estudio.

**La Interpretación**, los datos obtenidos se presentaron en tablas y gráficos, los que fueron interpretados en función de las variables:

Variable X: “uso de hipoclorito de sodio”

Variable Y: “Tratamiento de los efluentes gaseosos”

## CAPÍTULO V

### CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

#### 5.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL

La hipótesis general de la presente investigación dice “El uso de hipoclorito de sodio influirá directamente en el tratamiento de los efluentes gaseosos generados en la planta pesquera TASA SUR de la provincia de Pisco”, según el arrojo las pruebas experimentales, la hipótesis es válida, debido que se demostró que la utilización del hipoclorito de sodio incide directamente en la cantidad de trimetilamina que hay en el vapor que emiten las plantas procesadoras de harina de pescado.

En la tabla 2 se observa una alta correlación de 0,8772 al nivel de error de 0,01, lo indica que hay una correlación de 87,72% entre la variable uso del hipoclorito de sodio y la variable tratamiento de los efluentes gaseosos, por lo tanto, la hipótesis general planteada es válida.

**Tabla 2**

*Correlación entre uso de la lejía (UJ) y tratamiento de efluentes gaseosos (TEG)*

		UJ	TEG
UJ	Correlación de Pearson	1	0,877
	Sig. (Bilateral)		0,002
	N	5	5
TEG	Correlación de Pearson	0,877	1
	Sig. (Bilateral)	0,002	
	N	5	5

P\*\* es altamente Significativaal nivel 0,01

Fuente: programa estadístico SPSS

## 5.2. COMPROBACIÓN DE LAS HIPÓTESIS ESTADÍSTICAS.

### 5.2.1. Validación de la hipótesis específica N°1

Ho:  $u_x = u$  y

El hipoclorito de sodio no permitirá reducir sustancialmente la concentración de los compuestos que proporcionan mal olor de los efluentes gaseosos generados en la planta pesquera TASA SUR de la ciudad de Pisco.

H<sub>1</sub>:  $u_x > u$

El hipoclorito de sodio será eficaz en la reducción la concentración de los compuestos que proporcionan mal olor de los efluentes gaseosos generados en la planta pesquera TASA SUR de la ciudad de Pisco.

### Estadísticos de los grupos

**Tabla 3**

*Estadísticos de los grupos*

		Media	N	Desviación típ.	Error tip. De la media
Par 1	El hipoclorito de sodio no permitirá reducir sustancialmente la concentración de sustancias que proporcionan el mal olor.	9.0567	5	5,52693	.463167
	El hipoclorito de sodio permitirá reducir sustancialmente la concentración de sustancias que proporcionan el mal olor.	6,2341	5	3.54369	.35654

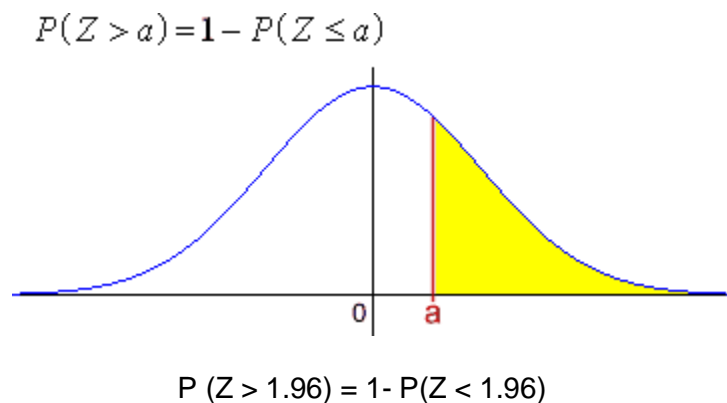
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 4**

*Estadísticos*

El hipoclorito de sodio no permitirá y permitirá reducir la concentración de sustancias que producen el mal olor	Diferencias pareadas					Z	Sig. (Bilate ral)
	Med ia	Desviaci ón tip.	Error tip. De la media	97,5% intervalo de confianza para la diferencia			
				Superi or	Inferi or		
	2.82 26	1.452121	.2468 31	2.112 75	2.612 35	4.37 2	.000

Fuente: propia



Como el valor de  $Z$  está fuera de la región de aceptación, entonces se rechaza la hipótesis nula, aceptando que el hipoclorito de sodio permitirá reducir sustancialmente la concentración de los compuestos que proporcionan mal olor de los efluentes gaseosos generados en la planta pesquera TASA SUR de la ciudad de Pisco.

### 5.2.2. Validación de la hipótesis específica N°2

$H_0: \mu_x = \mu_y$

Para reducir con hipoclorito de sodio los compuestos que proporcionan mal olor a los efluentes gaseosos generados en la planta pesquera TASA SUR de la ciudad de Pisco, no se emplearán torres de absorción

$H_2: \mu_x > \mu_y$

Para reducir con hipoclorito de sodio los compuestos que proporcionan mal olor a los efluentes gaseosos generados en la planta pesquera TASA SUR de la ciudad de Pisco, se emplearán torres de absorción.

**Tabla 5***Estadísticos de los grupos*

		Media	N	Desviación típ.	Error tip. De la media
Par 1	No se emplearán torres de absorción.	11.35682	5	3,12314	.55647
	Se emplearán torres de absorción.	8.61867	5	2.468 29	.41329

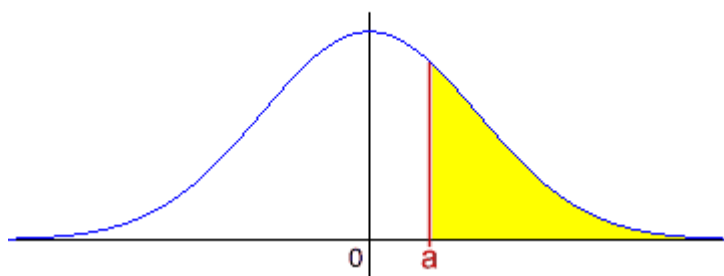
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6.***Estadísticas de grupo*

No se emplearán y se emplearán torres de absorción.	Diferencias pareadas					Z	Sig. (Bilateral)
	Media	Desviación tip.	Error tip. De la media	97,5% intervalo de confianza para la diferencia			
				Superior	Inferior		
	2.73815	1.87931	.26923	4.25479	3,78531	6,335	.000

Fuente: Elaboración propia

$$P(Z > a) = 1 - P(Z \leq a)$$



$$P(Z > 1.96) = 1 - P(Z < 1.96)$$

Las pruebas estadísticas demuestran que para este caso  $z$  es un valor superior a  $+1,96$ , por lo que se encuentra fuera de la región de aceptación, por lo que se rechaza la hipótesis negativa y se acepta que Para reducir con hipoclorito de sodio los compuestos que proporcionan mal olor a los efluentes gaseosos generados en la planta pesquera TASA SUR de la ciudad de Pisco, se emplearán torres de absorción.

### 5.2.3. Validación de la hipótesis específica N°3

$H_0: \mu_x = \mu_y$

El uso del hipoclorito de sodio en el tratamiento de los efluentes gaseosos generados en la planta pesquera TASA SUR de la ciudad de Pisco, no tendrá un impacto positivo.

$H_2: \mu_x > \mu_y$

El uso del hipoclorito de sodio en el tratamiento de los efluentes gaseosos generados en la planta pesquera TASA SUR de la ciudad de Pisco, tendrá un impacto positivo.

**Tabla 7**

*Estadísticos de los grupos*

		Media	N	Desviación típ.	Error tip. De la media
Par 1	El uso de hipoclorito de sodio no tendrá impacto positivo.	7.42514	5	3,24512	.3425
	El uso de hipoclorito de sodio tendrá impacto positivo.	5.47813	5	2.35773	.3153

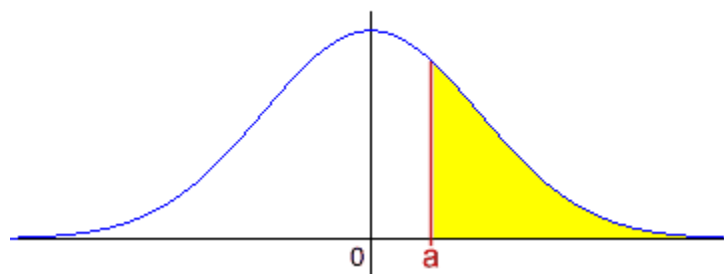
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8***Estadísticos de los grupos*

El uso del hipoclorito de sodio no tendrá y tendrá impacto positivo.	Diferencias pareadas					Z	Sig. (Bilateral)
	Media	Desviación tip.	Error tip. De la media	97,5% intervalo de confianza para la diferencia			
				Superior	Inferior		
	1.94701	.88739	.0272	3.24719	2,5711	4,428	.000

Fuente: Elaboración propia

$$P(Z > a) = 1 - P(Z \leq a)$$



$$P(Z > 1.96) = 1 - P(Z < 1.96)$$

Las pruebas estadísticas demuestran que para este caso z es un valor superior a +1,96, por lo que se encuentra fuera de la región de aceptación, por lo que se rechaza la hipótesis negativa y se acepta que el uso del hipoclorito de sodio en el tratamiento de los efluentes gaseosos generados en la planta pesquera TASA SUR de la ciudad de Pisco, tendrá un impacto positivo.

## **CAPÍTULO VI**

### **PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **6.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

El análisis del mal olor de los efluentes gaseoso de la Planta Pesquera Tasa Sur, durante el mes de diciembre del 2019 en 5 días consecutivos en el turno noche, a una distancia de 10 m. de la salida de la chimenea cuando el viento se dirigía de sur a norte, se tomó la muestra en bartoviento

Las muestras de humo tomadas para los estudios realizados fueron seleccionadas por la concentración de sulfuro de hidrógeno y trimetilamina; dos de los compuestos responsables del mal olor del pescado cuando este se encuentra en franco proceso de deterioro y que se transfiere a los vapores y gases que salen junto con el humo de las chimeneas.

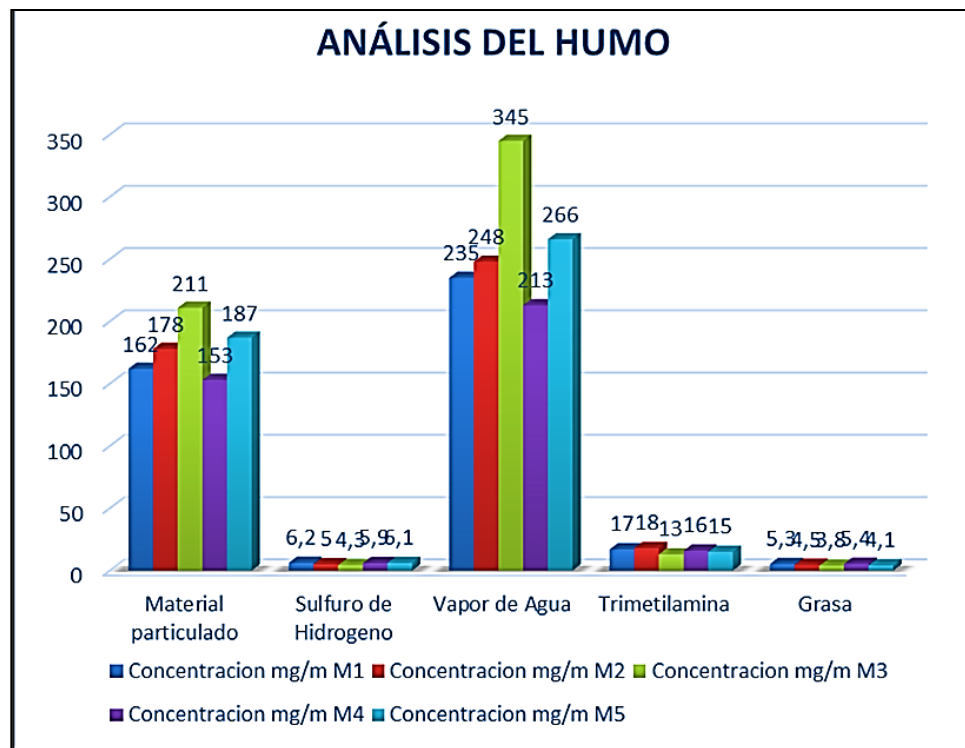
**Tabla 9**

*Resultados del análisis del humo de la planta procesadora de harina de pescado.*

Componente	Concentración, mg/m <sup>3</sup>					Promedio, mg/m <sup>3</sup>
	M1	M2	M3	M4	M5	
Material particulado	162	178	211	153	187	178,2
Sulfuro de hidrógeno	6,2	5,0	4,3	5,9	6,1	5,5
Vapor de agua	235	248	345	213	266	261,4
Trimetilamina	17	18	13	16	15	15,8
Grasa	5,3	4,5	3,8	5,4	4,1	4,6

Fuente: Datos experimentales.

**Figura 6**  
*Análisis del humo*



Fuente: Tabla 9

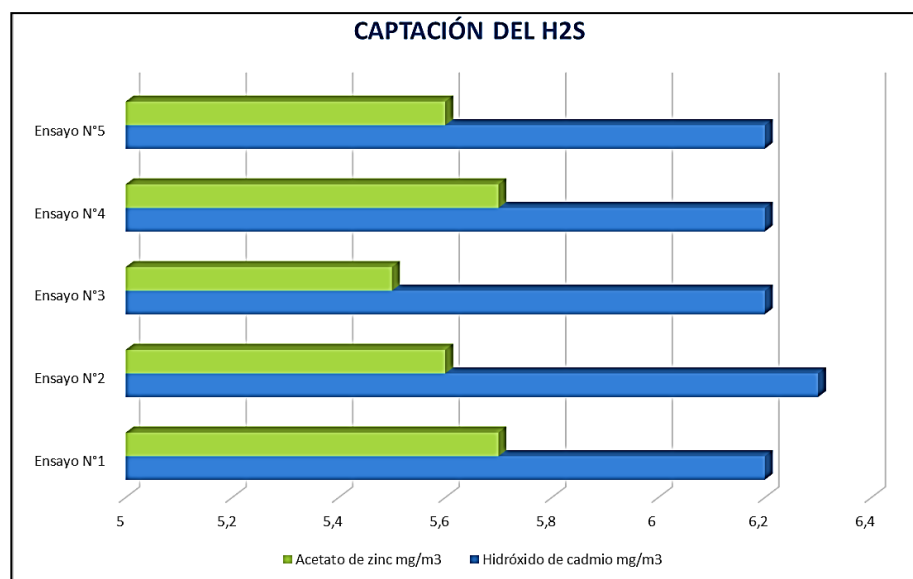
La tabla 9 muestra los resultados de los ensayos hechos al humo de la planta pesquera TASA SUR de Pisco, captado a una distancia de 106 metros de la salida de la chimenea y en cinco fechas diferentes; cómo se puede observar, la concentración de las sustancias estudiadas no es uniforme. La concentración promedio del sulfuro de hidrógeno es de 5,5 y de la trimetilamina de 15,8.

Siendo la concentración máxima de 6,2 mg/m<sup>3</sup> para el sulfuro de hidrógeno y de 18 mg/m<sup>3</sup> para el caso de la trimetilamina.

**Tabla 10***Ensayos de captación para el H<sub>2</sub>S (Muestra de mayor concentración)*

N.º Ensayo	Solución absorbente:	
	Hidróxido de cadmio, mg/m <sup>3</sup>	Acetato de zinc mg/m <sup>3</sup>
01	6,2	5,7
02	6,3	5,6
03	6,2	5,5
04	6,2	5,7
05	6,2	5,6
Promedio	6,2	5,6

Fuente: datos experimentales.

**Figura 7**  
*Captación del H<sub>2</sub>S*

Fuente: Tabla 10

La tabla 10. muestra los resultados de los ensayos hechos para comprobar la eficiencia del método de captación del sulfuro de hidrógeno en soluciones de hidróxido de cadmio y de acetato de zinc; cómo se puede observar el método que emplea como solución absorbente al hidróxido de cadmio resultó ser la más eficiente pues da resultados óptimos concordantes con la concentración real de la sustancia.

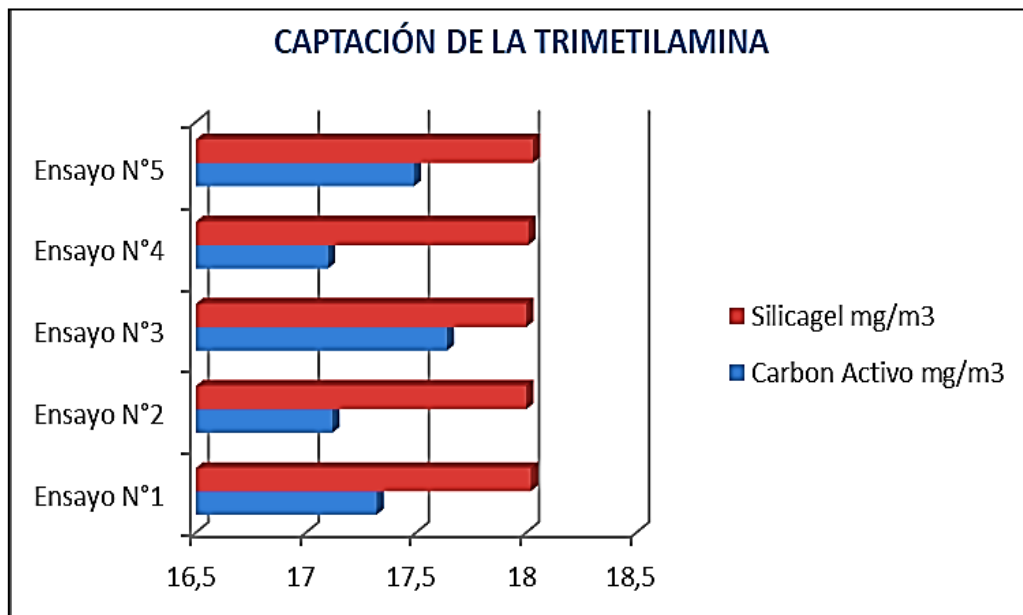
**Tabla 11**

*ENSAYOS DE CAPTACIÓN PARA LA TRIMETILAMINA*

(Muestra de mayor concentración)

N° Ensayo	Sustancia adsorbente	
	Carbón activo, mg/m <sup>3</sup>	Silicagel mg/m <sup>3</sup>
01	17,32	18,02
02	17,12	18,00
03	17,64	18,00
04	17,10	18,01
05	17,49	18,03
Promedio	17,33	18,00

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 8***Captación de la trimetilamina*

Fuente: Tabla 11

La tabla 11 muestra los resultados de los ensayos hechos para comprobar la eficiencia del método de captación de la trimetilamina en captadores rellenos con carbón activado pulverizado y en silicagel, como se puede observar el método que emplea como adsorbente el silicagel dio mejores resultados ya que con él se pudo captar la cantidad real de trimetilamina.

**Tabla 12**

*Ensayos con NaClO para neutralizar el H<sub>2</sub>S*

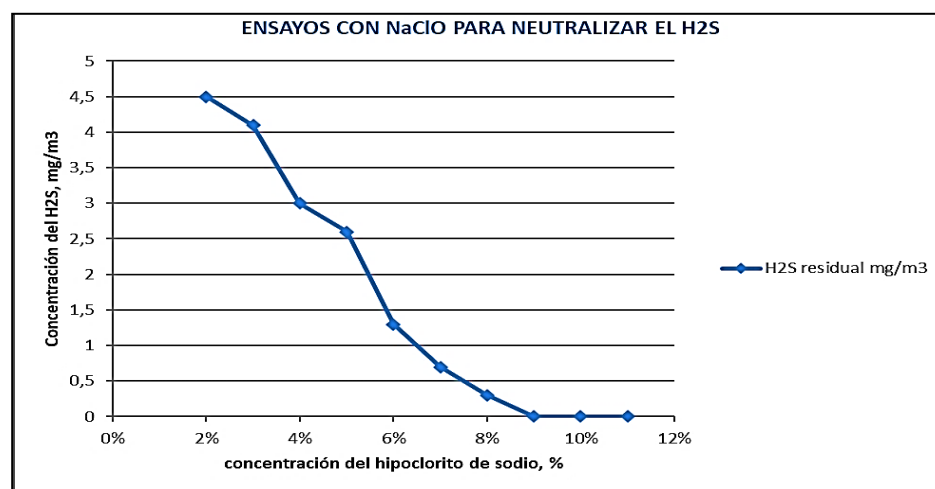
((Muestra de mayor concentración))

N° Ensayo	H <sub>2</sub> S en la muestra mg/m <sup>3</sup>	Concentración del NaClO, %	H <sub>2</sub> S residual, mg/m <sup>3</sup>
01	6,2	2	4,5
02	6,2	3	4,1
03	6,2	4	3,4
04	6,2	5	2,6
05	6,2	6	1,3
06	6,2	7	0,7
07	6,2	8	0,3
08	6,2	9	0,0
09	6,2	10	0,0
10	6,2	11	0,0

Fuente: Elaboración Propia

**Figura 9**

*Ensayos con NaClO para neutralizar el H<sub>2</sub>S*



Fuente: Tabla 12

La tabla 12 indican los resultados de las pruebas ejecutadas con hipoclorito de sodio para excluir el sulfuro de hidrógeno de los humos de las plantas pesqueras, como se observa se requiere de un 9% de esta sal para neutralizar el total de H<sub>2</sub>S que contiene el humo y que es igual a 6,2 mg/m<sup>3</sup>.

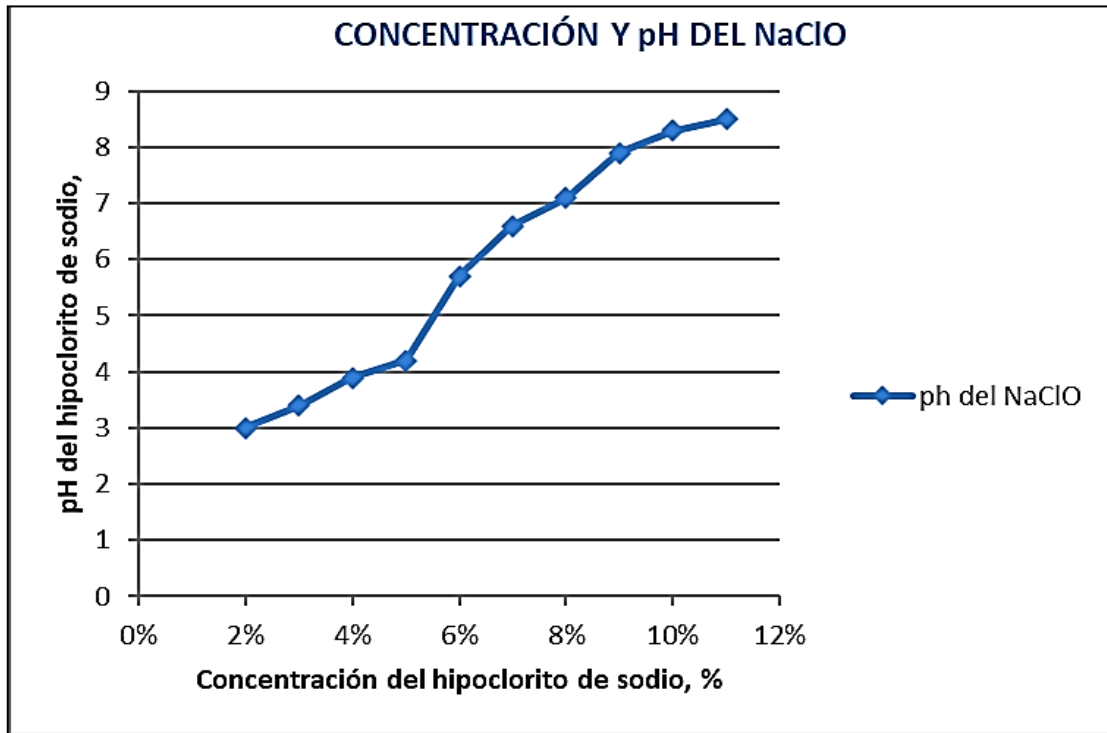
**Tabla 13**

*Relación entre la concentración y el pH del NaClO en la neutralización del H<sub>2</sub>S*

((Muestra de mayor concentración: 6,2 mg/m<sup>3</sup>)

Nº Ensayo	Concentración del NaClO, %	pH del NaClO	H <sub>2</sub> S residual, mg/m <sup>3</sup>
01	2	3,0	4,5
02	3	3,4	4,1
03	4	3,9	3,4
04	5	4,2	2,6
05	6	5,7	1,3
06	7	6,6	0,7
07	8	7,1	0,3
08	9	7,9	0,0
09	10	8,3	0,0
10	11	9,5	0,0

Fuente: Propia.

**Figura 10***Concentración y ph del NaClO*

Fuente: Tabla 13

La tabla 13 muestra los resultados de los análisis hechos para establecer la relación entre la concentración de hipoclorito de sodio y su pH en la neutralización del sulfuro de hidrógeno presente en los humos de las plantas pesqueras, se puede observar en el reporte dado que el porcentaje de NaClO que se requiere es de 9% que a su vez equivale a un pH 7,9, para neutralizar el gas ácido.

**Tabla 14**

*Relación entre la concentración del NaClO y la concentración de NaOH en la neutralización del H<sub>2</sub>S*

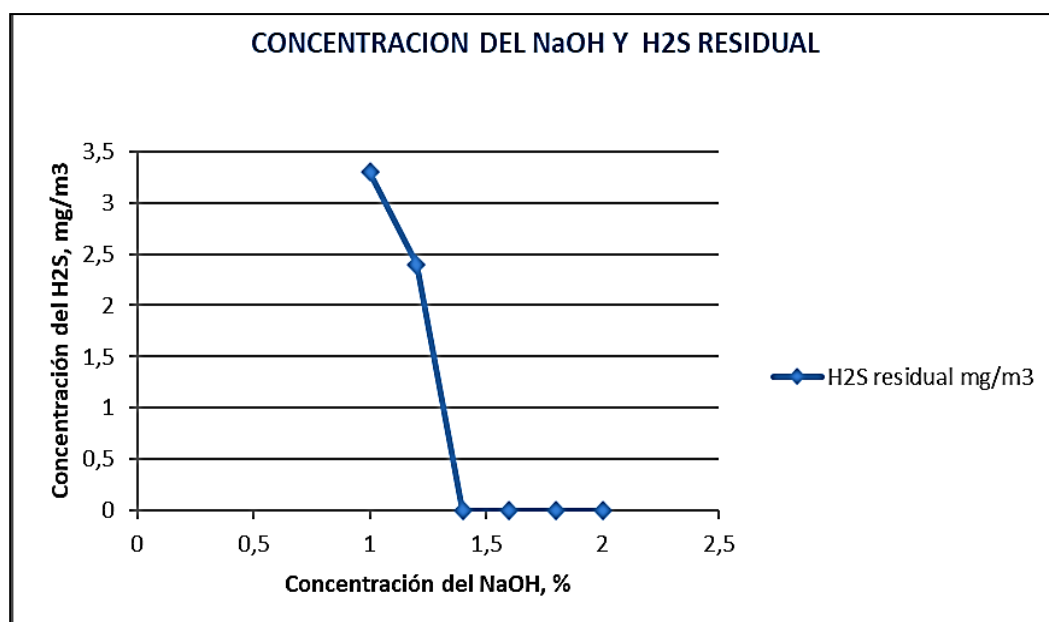
(Muestra de mayor concentración: 6,2 mg/m<sup>3</sup>)

Nº Ensayo	Concentración del NaClO, %	Concentración de NaOH, %	H <sub>2</sub> S residual, mg/m <sup>3</sup>
01	2	1,0	3,3
02	3	1,2	2,4
03	4	1,4	0,0
04	5	1,6	0,0
05	6	1,8	0,0
06	7	2,0	0,0

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 11**

*Concentración y H<sub>2</sub>S Residual*



Fuente: Tabla 14

En la tabla 14 se muestran los resultados de los análisis hechos a las muestras de humo de las plantas pesqueras tratadas con hipoclorito de sodio e hidróxido de sodio, para elevar el pH y disminuir el porcentaje de NaClO, según esta tabla con un 4,0% de la sal y 1,4% de hidróxido se logra abatir el sulfuro de hidrógeno.

**Tabla 15**

*Ensayos con NaClO para neutralizar la (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N*

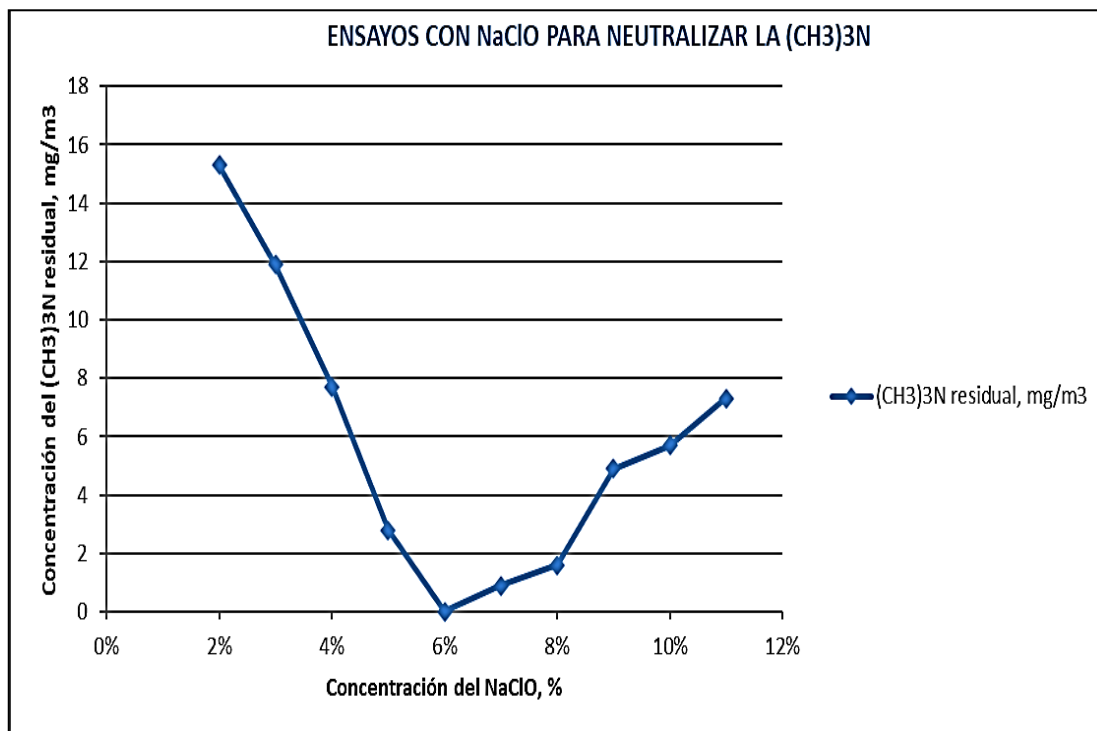
((Muestra de mayor concentración))

Nº Ensayo	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N en la muestra, mg/m <sup>3</sup>	Concentración del NaClO, %	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N residual, mg/m <sup>3</sup>
01	18,0	2	15,3
02	18,0	3	11,9
03	18,0	4	7,7
04	18,0	5	2,8
05	18,0	6	0,0
06	18,0	7	0,9
07	18,0	8	1,6
08	18,0	9	4,9
09	18,0	10	5,7
10	18,0	11	7,3

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 12**

*Ensayos con NaClO para la Neutralizar la (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N*



Fuente: Tabla15

La tabla 15 muestra los resultados de las pruebas realizadas con hipoclorito de sodio para eliminar la trimetilamina de los humos de las plantas pesqueras, como se observa se requiere de un 6% de esta sal para neutralizar el total de trimetilamina que contiene el humo y que es igual a 18,0 mg/m<sup>3</sup>, un mayor porcentaje de hipoclorito de sodio actúa negativamente pues se inhibe la capacidad neutralizadora.

**Tabla 16**

*Relación entre la concentración y el pH DEL NaClO en la neutralización de la*

*(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N*

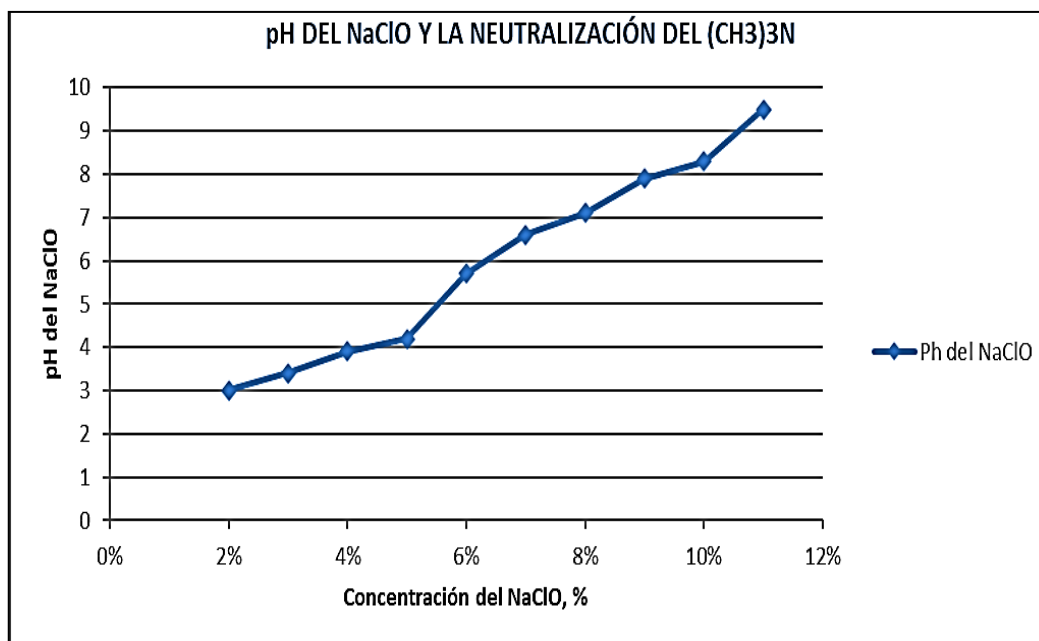
(Muestra de mayor concentración: 18,0 mg/m<sup>3</sup>)

Nº Ensayo	Concentración del NaClO, %	pH del NaClO	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N residual, mg/m <sup>3</sup>
01	2	3,0	15,3
02	3	3,4	11,9
03	4	3,9	7,7
04	5	4,2	2,8
05	6	5,7	0,0
06	7	6,6	0,9
07	8	7,1	1,6
08	9	7,9	4,9
09	10	8,3	5,7
10	11	9,5	7,3

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 13**

*ph delNaClO y la neutralizacion del (CH3)3N*



Fuente: Tabla 16

La tabla 16 muestra los resultados de los análisis hechos para establecer la relación entre la concentración de hipoclorito de sodio y su pH en la neutralización de la trimetilamina presente en los humos de las plantas pesqueras, se puede observar en el reporte dado que el porcentaje de NaClO que se requiere es de 6% que a su vez equivale a un pH 5,7, para neutralizar la trimetilamina, a pH superiores o básicos no ejerce ningún efecto sobre el olor a pescado del humo.

**Tabla 17**

*Relación entre la concentración del NaClO y la concentración de HCl en la neutralización de la (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N*

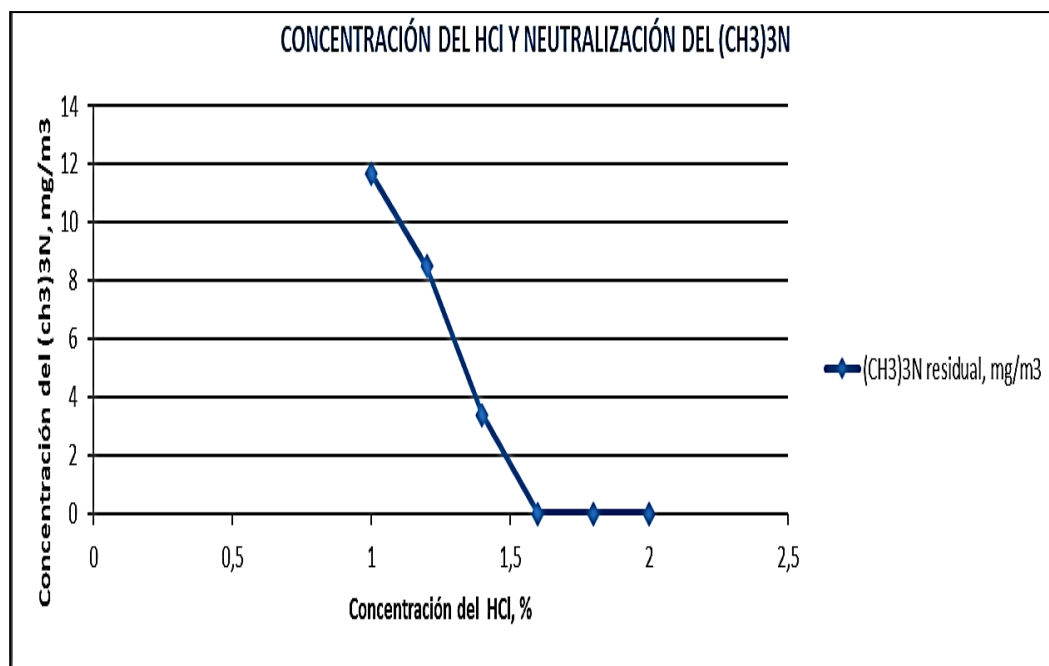
(Muestra de mayor concentración: 18,0 mg/m<sup>3</sup>)

Nº Ensayo	Concentración del NaClO, %	Concentración de HCl, %	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N residual, mg/m <sup>3</sup>
01	2	1,0	11,7
02	3	1,2	8,5
03	4	1,4	3,4
04	5	1,6	0,0
05	6	1,8	0,0
06	7	2,0	0,0

Fuente: Elaboración propia

**Figura 14**

*Concentración del HCl y neutralización del (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N*



Fuente: Tabla 17

En la tabla 17 se muestran los resultados de los análisis hechos a las muestras de humo de las plantas pesqueras tratadas con hipoclorito de sodio y ácido clorhídrico, para disminuir el pH y disminuir el porcentaje de NaClO, según esta tabla con un 5,0% de la sal y 1,6% de ácido se logra abatir la trimetilamina.

**Tabla 18**

*Efecto del NaClO en medio ácido sobre el H<sub>2</sub>S y la (CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N*

(Muestra de mayor concentración de ambos componentes)

Nº Ensayo	H <sub>2</sub> S residual, mg/m <sup>3</sup>	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N residual, mg/m <sup>3</sup>
01	1,8	0,0
02	1,9	0,0
03	1,7	0,0
04	1,8	0,0
05	1,8	0,0
Promedio	1,8	0,0

Fuente: Propia.

NOTA:

Muestras tratadas con 5% de NaClO y 4% de HCl

H<sub>2</sub>S inicial en la muestra: 6,2 mg/m<sup>3</sup>

(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N inicial en la muestra: 18,0 mg/m<sup>3</sup>

En la tabla 18 se muestran los resultados de los análisis hechos a las muestras de humo de las plantas pesqueras tratadas con hipoclorito de sodio y ácido clorhídrico, los datos reportados indican que la concentración de sulfuro de hidrógeno se reduce a 1,8 mg/m<sup>3</sup>, mientras que la concentración de trimetilamina se reduce a cero.

## 6.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Los datos proporcionados por las pruebas experimentales hechas para evaluar la capacidad de neutralización del hipoclorito de sodio que tiene sobre los compuestos que dan mal olor al humo generado en las plantas pesqueras durante la producción de harina de pescado, nos indican que la hipótesis planteada en la presente tesis, es verdadera, ya que se ha demostrado que bajo ciertas condiciones de aplicación de esta sustancia es posible eliminar en su totalidad la trimetilamina, principal responsable del olor fétido de los humos que en estas industrias se producen.

Las muestras de humo tomadas para los estudios realizados fueron seleccionadas por la concentración de sulfuro de hidrógeno y trimetilamina; dos de los compuestos responsables del mal olor del pescado cuando este se encuentra en franco proceso de deterioro y que se transfiere a los vapores y gases que salen junto con el humo de las chimeneas.

Si bien es cierto los compuestos de azufre que se generan durante la descomposición del pescado, catalizada por las altas temperaturas ambientales y del proceso de producción, tienen mal olor, incluso olores sumamente fétidos como los tioles y el sulfuro de hidrógeno, su concentración es mínima comparada con el olor producido por la amina trimetilamina que se genera en mayores proporciones.

Las muestras tomadas contenían  $6,2 \text{ mg/m}^3$  de  $\text{H}_2\text{S}$  y  $18,0 \text{ mg/m}^3$  de trimetilamina. Según los reportes dados en la tabla 9. Los resultados expresados en dicha tabla y las subsiguientes son resultados promedio de varios ensayos. Analizando dichos resultados de acuerdo con los estándares nacionales (Decreto

Supremo N°011-2009-MINAN), son excesivos ya que exceden los límites máximos permisibles (LMP) que deben de ser no mayores a  $5 \text{ mg/m}^3$  y  $15 \text{ mg/m}^3$  respectivamente. La selección de dichas muestras con tales concentraciones, se debe a que hemos considerado que una mayor concentración permite cuantificar mejor los resultados analíticos.

Para la captación de ambas sustancias se emplearon los métodos expuestos en otras investigaciones y métodos de análisis estandarizados que figuran en la bibliografía consultada; como son: la de solución absorbente de hidróxido de cadmio y la solución de acetato de zinc, para el sulfuro de hidrógeno; y los captadores de carbón activado y de silicagel para la trimetilamina. El estudio experimental comparativo nos ha permitido establecer que para el caso del H<sub>2</sub>S, la captación en solución de hidróxido de cadmio resulta ser la mas eficiente, dando resultados reales; mientras que, para la trimetilamina, el silicagel tiene un mejor comportamiento, dando un resultado más aceptable para el estudio.

Los ensayos para la neutralización de las sustancia odoríferas se llevaron a cabo por contacto directo entre el humo y el hipoclorito de sodio en una columna de relleno de laboratorio, en la que se hizo pasar el humo por la parte inferior y la lejía por la parte superior, fluyendo ambos en contracorriente, esto permite que la trimetilamina y el sulfuro de hidrógeno sean disminuidos por el hipoclorito de sodio al contar un contacto intimo reaccionen generando otras sustancias que tienen propiedades físicas diferentes entre las que resalta la falta de olor.

Las pruebas para neutralizar el sulfuro de hidrógeno se llevan a cabo a pH superior a 7, cuando la disolución del hipoclorito de sodio es alcalina, para ello se requiere de un porcentaje de esta sustancia superior al 8%, tal como se puede ver en la tabla 13, en la cual se reportan los datos experimentales de la relación hecha

entre la concentración del hipoclorito de sodio y el pH que desarrolla en solución acuosa. De esta manera se manifestó que los acopios disueltos de lejía proceden como ácidos, porque se origina en el agua ácido hipocloroso, y cuando mayor es la concentración esta no puede formar ácido hipocloroso y se vuelve alcalina. Debido a ello puede neutralizar al sulfuro de hidrógeno, cuando actúa a altas concentraciones (con pH alcalino), ya que el  $H_2S$  es ácido.

Teniendo en cuenta el pH de las soluciones de lejía y las necesidades de neutralizar un gas ácido ( $H_2S$ ) en una torre de absorción, se consideró necesario disolver el hipoclorito de sodio en una solución de hidróxido de sodio, de tal forma que la cantidad de hipoclorito de sodio sea mucho menor para neutralizar el sulfuro de hidrógeno; tal como se puede ver en la tabla 14, en donde un 5% del hipoclorito de sodio en una solución al 1,6% de hidróxido de sodio permite neutralizar el  $H_2S$  presente en el humo de las plantas pesqueras, representadas por las muestras analizadas.

Esta investigación se ha planteado considerando que la trimetilamina es el compuesto químico predominante en los humos de las plantas productoras de harina y aceite de pescado, y precisamente los reportes de laboratorio indican que esto es verídico, en las muestras analizadas hay hasta  $18 \text{ mg/m}^3$  de esta amina, que dicho sea de paso es mayor a lo considerado por las normas internacionales como límite máximo permitido (que es de  $15 \text{ mg/m}^3$ ), por tanto el principal objetivo es la eliminación de la amina trimetilamina, responsable del olor a pescado en descomposición que es característico en los humos.

El uso del hipoclorito de sodio en la eliminación de la trimetilamina, se basa en el principio de que la trimetilamina al igual que el amoníaco, reacciona como el amoníaco, dando como resultado una sal. En la tabla 15 se pueden ver los

resultados de los ensayos experimentales en los cuales se trataron las muestras con  $18,0 \text{ mg/m}^3$  con diversos porcentajes de hipoclorito de sodio, comprobándose que se requiere un 6% de este compuesto para neutralizar la trimetilamina. Una solución de hipoclorito de sodio del 6,0% tiene un pH 5,7, es decir esa solución es ácida y por ello logra neutralizar la amina, cuando pasa a un pH alcalino el efecto del hipoclorito de sodio es negativo y no elimina dicha sustancia debido a que reacciona formando primeramente el ácido clorhídrico por desintegración del ácido hipocloroso y no forma el cloruro de trimetilamina. Los resultados de estos ensayos se expresan en la tabla 16. Con el fin de disminuir la concentración de la lejía en la neutralización de la trimetilamina, se disolvió el hipoclorito de sodio en una solución acidificada con ácido clorhídrico al 1,6%, obteniéndose solo un 5% de lejía para excluir la trimetilamina, como se señala en la tabla 17.

Después de neutralizar la trimetilamina de las muestras de humo de las plantas pesquera TASA SUR de Pisco, se procedió al análisis de la cantidad de sulfuro de hidrógeno residual en la muestra, lo que arrojó un  $1,8 \text{ mg/m}^3$  de dicho compuesto, mucho menor cantidad al considerado límite máximo permitido por el Decreto Supremo N°011-2009- MINAN, que es de  $5 \text{ mg/m}^3$ .

## CONCLUSIONES

Se ha determinado que el hipoclorito de sodio actúa en bajas concentraciones o en soluciones ácidas a un pH menor de 7, eliminando la trimetilamina, amina responsable del olor a pescado descompuesto que tienen los humos y vapores que despiden las plantas pesqueras durante la producción de aceite y harina de pescado. De igual manera a pH superiores a 7, actúa como una base neutralizando el sulfuro de hidrógeno, que también es descargado a la atmósfera con los vapores y gases que acompañan el humo de las pesqueras.

Se ha demostrado experimentalmente que el hipoclorito de sodio bajo condiciones específicas (regulación del pH), es capaz de neutralizar en su totalidad los compuestos químicos que proporcionan el mal olor de los efluentes gaseosos generados en la planta pesquera TASA SUR de la ciudad de Pisco.

Las soluciones de en medios ácidos o básicos deben ser aplicados en torres de absorción, en flujos contra corriente para reducir los compuestos que proporcionan mal olor a los efluentes gaseosos generados en la planta pesquera TASA SUR del puerto de Pisco.

El impacto que producirá en la atmósfera el uso del hipoclorito de sodio en el tratamiento de los efluentes gaseosos generados en la planta pesquera TASA SUR de la ciudad de Pisco, será positivo ya que desechará totalmente los malos olores resultantes del tratamiento industrial del pescado a gran temperatura; donde se excluirá en forma general la trimetilamina, provocante del propio olor a pescado descompuesto.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda hacer pruebas similares a las realizadas en laboratorio, pero con cantidades mayores de efluentes gaseosos de la Planta Pesquera TASA SUR, a fin de verificar los resultados obtenidos y emplear el método a nivel industrial.

Se recomienda emplear en la formulación de la solución neutralizante de lejía, el hipoclorito sólido de pureza comercial, a fin de poder dosificar la cantidad requerida para cada caso, para el sulfuro de hidrógeno, una solución de pH bajo (ácido) y para la trimetilamina, una solución de pH alto (Básico).

Se recomienda, previo a la formulación de la solución neutralizante, hacer el respectivo análisis del humo que se libera en la planta para conocer el contenido de sulfuro de hidrógeno y de trimetilamina, que este contiene y que depende del estado de la materia prima que se está procesando.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Aguilar A.L.** et al (2016). *Síndrome del olor a pescado (Trimetilaminuria), la dieta es importante*. Rev Esp Nutr Hum Diet vol.20 no.3 Pamplona
- Centeno P.** (2018). *Eliminación de trimetilamina en biorreactores de bajo coste con recuperación de nutrientes*. España, Valladolid, Universidad de Valladolid, Dpto. Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente.
- Coronado, N.,** (2018). *Estudio transitorio de parámetros físico- químicos de eficacia de efluentes en compañías industriales pesqueros) - bahía del Callao (2012-2016)*, (Tesis de pregrado), Universidad Nacional del Callao.
- Guerra, H.,** (2015). *Elaboración de un programa de producción más limpia para la planta de conservas de medios hidrobiológicos de Pacific Natural Foods S.A.C*, (Tesis de pre grado), Perú, Lima, a la Universidad Nacional La Molina
- Mexichem Derivados, S.A. de C.V** (2018). *Hipoclorito de sodio*, México, Veracruz, Complejo Industrial Pajaritos, Coatzacoalcos.
- Paredes P.** (2013), *Producción más limpia y el manejo de efluentes en plantas de harina y aceite de pescado*. Lima. Perú. 17(2): 72-80 (2013) UNMSM.
- Redacción.** (Última edición:1 de febrero del 2021). *Definición de Absorción*. Recuperado de:  
[//conceptodefinicion.de/absorcion/](http://conceptodefinicion.de/absorcion/). Consultado el 30 de marzo del 2021
- Silva, D.** (2003). *Tratamiento de los efluentes gaseosos de la industria de la harina de pescado*. (tesis de pregrado) Perú- Trujillo, Universidad de Trujillo
- Ordoñez, H.,** (2016). *Estudio químico de la generación de malos olores en los efluentes gaseosos de la industria del pescado.*, Perú, Lima, Universidad Nacional del

Callao.

**Wikipedia** (2021). *Concepto de aerosol*; Recuperado de:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Aerosol/> consultado 18 feb 2021

**Wikipedia** (2021). *Concepto de contaminación*. Recuperado de:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n>. 17 mar 2021

**Wikipedia** (2021). *Concepto de contaminante*. Recuperado de:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Contaminante-> 6 mar 2021

**Wikipedia** (2021). *Concepto de medio ambiente*- Recuperado de:

[https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/atmosfera/los-contaminantes-atmosfericos.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/atmosfera/los-contaminantes-atmosfericos.asp). 30 marzo 2021

**Wikipedia** (2021); *Contaminantes tóxicos*- Recuperado de:

<https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-08/documents/urban-air-toxics-brochure-esp-1999.pdf> - Julio 1999

**Wikipedia** (2021); *Acido sulfurico*- Recuperado de:

[https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido\\_sulfh%C3%ADdrico](https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_sulfh%C3%ADdrico)

## ANEXO

### ANEXO 1

#### MÉTODO DE ENSAYO DEL SULFURO DE HIDRÓGENO.

**Norma COVENIN 3571:2000 (Validado). Calidad de Aire. Determinación de Sulfuro de Hidrogeno (H<sub>2</sub>S). 2018.**

Este método se fundamenta en la captación del sulfuro de hidrógeno del aire atmosférico, el cual se hace burbujear en 50 mL de solución de hidróxido de sodio y sulfato de cadmio, preparada en una relación de 1:1. Posteriormente el sulfuro de cadmio de la muestra recolectada se hace reaccionar con N, N-dimetilfenilendiamina dihidrocloruro y cloruro férrico, para formar el azul de metileno. La solución obtenida se lleva al espectrofotómetro a 660-670 nm.

El muestreo de este gas se hace empleando un tren de muestreo a un flujo volumétrico específico de 0,2 L/min y con un periodo muestreo de 24 horas. Los datos son expresados en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## ANEXO 2

### Calculo de la trimetilamina por espectrofotometría.

#### Reactivos

Acido Tricloroacético,  $\text{CCl}_3\text{COOH}$ ,

p.a. Tolueno,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ , p.a.

Acido Pírico  $\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_7$ , p.a. (con 0,5 g  $\text{H}_2\text{O}/\text{g}$ ).

Carbonato Potasio,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , p.a.

Formaldehído,  $\text{HCHO}$ , 37% p.a.

Trimetilamina Clorhidrato.  $\text{C}_3\text{H}_9\text{N}_x\text{HCl}$ , p.a.

Magnesio Hidróxicarbonato,  $4\text{MgCO}_3\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , p.a.

Sulfato Sodio Anhidro,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , p.a.

Acido Clorhídrico,  $\text{HCl}$ , 37%,

p.a.  $\text{NaCl}$ , p.a.

#### Elaboración de las soluciones

Acido pírico 0,2% p/v: Pesar 400 mg de ácido pírico, o una equivalentea

0.2 g de ácido pírico base seca, y diluir en 100 mL de tolueno.

Con una alícuota, alcalinizar con solución de  $\text{NaOH}$  y destilar, tomando el

destilado en ácido bórico, finalmente titular el destilado con  $\text{HCl}$  o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1

N estandarizado.

Solución de  $\text{HCl}$  1:3, Medir 250 mL de  $\text{HCl}$  y aumentarlos sobre 750 mL de

agua destilada.

#### Material y equipos

Espectrofotómetro

UV/VIS

Balanza de precisión, mínima división 0,001 g.

Papel filtro Whatman 1

Picadora de alimentos

mg N-TMA Nominal	Volumen (mL) de solución 0.01 mg N- TMA/mL	Volumen (mL) de agua destilada
Blanco	0	4
0.01	1	3
0.02	2	2
0.03	3	1

4. Lectura de la curva de calibración y muestras. Aumentar continuamente tanto a muestra como estándares:

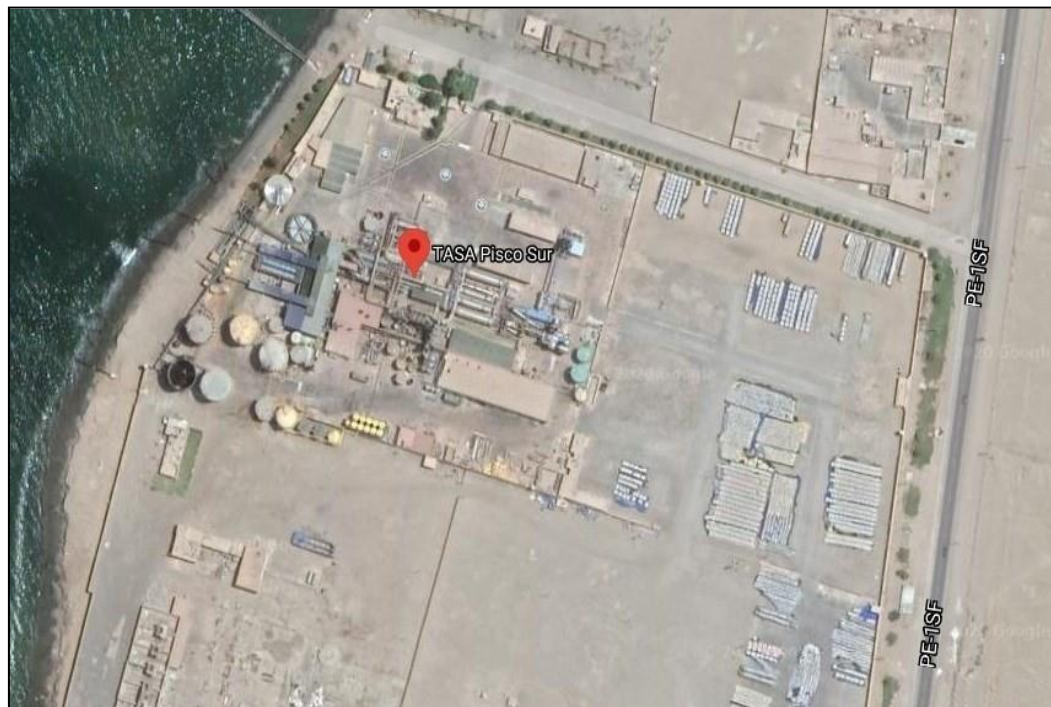
- 1 mL de formaldehído al 20% p/p
- 10 mL de tolueno.
- 2 mL de solución de carbonato de potasio 100% p/v

Sellar los tubos y remover vigorosamente para secar el tolueno Pipetear con precaución, con pipeta volumétrica seca, 5 mL de solución y colocarlos en otro tubo de ensayo con tapa rosca. Evitar pipetear sulfato de sodio.

Si la absorbancia considerada para la muestra es mayor que la lograda para el estándar de 0,03 (Abs= 0.6) mg N- TMA es preciso diluir el extracto conseguido y repetir la determinación.

### Anexo 3. Ubicación geográfica del punto de muestreo

Figura 1 Ubicación geográfica



Fuente: Google maps

**Figura 2** Planta Pesquera TASA- Pisco Sur



Fuente: propia

**Figura 3** Adecuación y manejo ambiental



Fuente: propia