
Monitoreo y mejora del Sistema de Tratamiento de Efluentes Industriales para el cumplimiento de los límites máximos permisibles en la empresa de conservas de pescado Inversiones Estrella de David S.A.C Nuevo Chimbote, 2015.

Monitoring and improving the System for Treating Industrial Effluents for compliance with the maximum permissible levels in the fish canning company investments Star of David SAC New Chimbote, 2015.

Monitoramento e melhoria do Sistema de Tratamento de Efluentes Industriais para o cumprimento dos níveis máximos admissíveis na empresa de conservas de peixe investimentos estrela de David SAC Novo Chimbote, 2015.

Gregory Cobián De La Cruz¹, Elías Gutierrez Pesantes¹, Gracia Isabel Galarreta Oliveros¹, Wilson Símpalo Lopez².

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue monitorear y mejorar el Sistema de Tratamiento de Efluentes Industriales en la empresa de conservas de pescado Inversiones Estrella de David S.A.C. en concordancia al Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE respecto al cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP); para lo cual se enfocó en una investigación experimental; la muestra estuvo conformada por los Límites Máximos Permisibles del mes de febrero del año 2015 a fin de verificar el cumplimiento en la normativa ambiental según el Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE, y del cual se midió el grado de concentración de contaminantes en parámetros como: Aceites y grasas, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, pH, caudal y temperatura. Seguidamente en la fase experimental; se realizó el análisis del efluente industrial a través de ensayos químicos de laboratorio, determinado que los tres primeros parámetros mencionados anteriormente estaban por encima de los LMP, por lo que se diseñó e implantó el plan de monitoreo y mejora del sistema de tratamiento de efluentes industriales, el cual consiste en dar seguimiento a la caracterización del efluente en función al tipo de producción y que mediante; ensayos de laboratorio, pruebas in situ y pruebas de tanteo para las dosis de reactivos químicos y soda cáustica se logre la reducción del grado de concentración de contaminantes de los tres parámetros que están sobrepasando los LMP. Luego de haber implantado el plan, después de una semana se realizó nuevamente el análisis del efluente industrial a través de ensayos químicos de laboratorio arrojando valores significativos para la empresa, tales como. El parámetro aceites y grasas pasó de tener un nivel de 360 mg/L a 37 mg/L (representa una reducción de 90%), el parámetro Sólidos Suspendidos Totales pasó de un nivel de 1569.2 mg/L a 86.8 mg/L (representa una reducción de 94.5%), el parámetro demanda bioquímica de oxígeno disminuyó de 2213.5 mg/L a 182.13 mg/L (representa una reducción de 92%), el nivel de pH pasó de 6.94 pH a 8.4 (pasó de ser un efluente ácido a alcalino). Cumpliendo así con los LMP establecidos.

Palabras clave: *Plan de monitoreo y mejora, Sistema de Tratamiento de Efluentes industriales y Límites Máximos Permisibles.*

Abstract

The objective of this research was to monitor and improve the System of Industrial Effluent Treatment in the fish canning company Inversiones Estrella de David S.A.C. according to Supreme Decree No. 010-2008-PRODUCE regarding compliance with the Maximum Permissible Limits (LMP); for which he focused on experimental research; the sample consisted of the maximum permissible limits of February 2015 to verify compliance with environmental regulations by Supreme Decree No. 010-2008-PRODUCE, and of which the degree of concentration of pollutants measured in parameters such as: Oils and fats, total suspended solids, biochemical oxygen demand, pH, flow and temperature. Next, the experimental phase; Industrial effluent analysis was performed through chemical laboratory tests determined that the first three parameters mentioned above were above the LMP, whereby it designs and implements the monitoring plan and improving the system for treating industrial effluents, which is monitoring the effluent characterization based on the type of production and through; laboratory tests, in situ tests and test score for doses of caustic soda chemical reagents and reducing the degree of concentration of pollutants in the three parameters that are surpassing the LMP is achieved. After having implemented the plan, after a week of industrial effluent analysis we are again performed through

¹Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad César Vallejo, Chimbote. Perú, gregcobian_09@hotmail.com

²Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional del Santa, Chimbote. Perú.

Recibido: 30 de noviembre del 2015
Aceptado: 07 de diciembre del 2015

chemical laboratory tests throwing significant to the company, such as. The oils and fats parameter moved from a level of 360 mg / L to 37 mg / L (representing a reduction of 90%), the Total Suspended Solids parameter passed to a level of 1569.2 mg / L to 86.8 mg / L (representing a reduction of 94.5%), the parameter biochemical oxygen demand decreased from 2213.5 mg / L to 182.13 mg / L (representing a reduction of 92%), the pH level increased from 6.94 to 8.4 pH (transformed from an acid effluent to alkaline). Thus meeting the LMP established.

Keywords: *Monitoring plan and improvement, System Treatment of Industrial Effluents and Maximum Permissible Limits.*

Resumo

O objetivo desta pesquisa foi o de monitorar e melhorar o Sistema da Indústria de Tratamento de Efluentes na empresa de conservas de peixe Inversiones SAC Estrela de David de acordo com o Decreto Supremo No. 010-2008 -PRODUZIR relação ao cumprimento dos Limites Máximos Admissíveis (LMP); para o qual ele se concentrou em pesquisas experimentais ; a amostra foi composta dos Limites Máximos Admissíveis de fevereiro 2015 para verificar a conformidade com as regulamentações ambientais por Decreto Supremo No. 010-2008 – PRODUZIR, e de que o grau de concentração de contaminantes medidos em parâmetros, tais como: Óleos e gorduras, sólidos suspensos totais , demanda bioquímica de oxigênio , pH , fluxo e temperatura. Em seguida, a fase experimental; análise de efluentes industriais foi realizada através de testes laboratoriais químicos determinou que os três primeiros parâmetros mencionados acima estavam acima do LMP, para o qual foi concebido e implementado o plano para monitorar e melhorar o sistema de tratamento de efluentes industriais , que está monitorando a caracterização de efluentes com base no tipo de produção e meios ; exames laboratoriais, em ensaios in situ e pontuação no teste de doses de cáusticos reagentes químicos refrigerante e reduzir o grau de concentração de poluentes nos três parâmetros que estão superando a LMP é alcançado. Depois de ter implementado o plano, depois de uma semana de análise de efluentes industriais estamos novamente realizada através de testes laboratoriais químicos jogando significativo para a empresa, tais como: Os óleos e gorduras parâmetro movido de um nível de 360 mg / L até 37 mg / L (que representa uma redução de 90 %) , o total de sólidos suspensos parâmetro transmitido a um nível de 1569,2 mg / L a 86,8 mg / L (representando uma redução de 94,5 %) , o parâmetro de carência bioquímica de oxigênio diminuiu de 2213,5 mg / L a 182,13 mg / L (que representa uma redução de 92 %) , o nível de pH passou de 6,94 para pH 8.4 (transformada a partir de um efluente ácido para alcalino) . Assim, atendendo a LMP estabelecida.

Palavras-chave: *Acompanhamento e melhoria de plano, Sistema da Indústria de Tratamento de Efluentes y Limites Máximos Admissíveis*

Introducción

En el año 2000, PRODUCE (Ministerio de la Producción); dio a conocer que la actividad productiva pesquera de consumo humano directo (CHD) y consumo humano indirecto (CHI), ha ido incrementando en el país desde 1998, debido al aumento en la instalación de establecimientos industriales pesqueros en el litoral; lo cual, no solo trae consigo una serie de ingresos económicos para la población, sino que ha generado un mayor volumen de efluentes industriales con descargas al cuerpo marino receptor; originando la contaminación de este ecosistema, así como la destrucción de diversas bahías en todo el litoral peruano, debido a los cambios físicos, cambios químicos, alteración de ciclos, alteración en la diversidad de las especies y cambios estéticos(transparencia, hedor y coloración). Siendo el agua de bombeo proveniente del desembarque para la actividad de consumo humano indirecto, el efluente que mayor impacto ejerce sobre el medio acuático. Asimismo, los efluentes generados en los procesos productivos de la industria de consumo humano directo (enlatado, congelado y crudo), tienen un impacto mucho menor por sus bajos volúmenes de vertido; sin embargo, también requieren de un efectivo control y vigilancia.

La OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental) en 2001, indicó que en Perú se registró más de 95 000 m³ al día de descarga de efluentes en el cuerpo marino receptor, solo de Establecimientos Industriales Pesqueros de consumo humano directo y afirmó que esto iría en aumento. Todo esto ha generado que existan áreas de mayor impacto que otras. Tal es el caso de Chimbote, Paracas, Chancay, Samanco, Callao y Paita.

El 07 de mayo de 2002 mediante el Decreto Supremo N°005 – 2002 – PE, se declara de interés nacional la solución integral de los problemas de contaminación y destrucción de la Bahía El Ferrol, ubicada en la provincia del Santa(limitando al norte con la Isla Santa - Bahía Coishco y Bahía Samanco al sur), departamento de Ancash. Por ello, en la actualidad; los establecimientos industriales pesqueros ubicados en dicha zona están obligados a contar con sus respectivos estudios de impacto ambiental – EIA, además de asumir compromisos ambientales a través de los respectivos planes de

manejo ambiental, en la implementación de sistemas de tratamiento a los efluentes industriales provenientes de la propia actividad.

La ciudad de Chimbote no escapa a esta realidad, y mediante el Decreto Supremo N°020 – 2007 – PE, se estableció como instrumento de gestión ambiental complementario; el PACPE (Plan Ambiental Complementario Pesquero), debiendo acogerse a dicho instrumento todos los Establecimientos Industriales Pesqueros (EIP), ubicados en Chimbote, Nuevo Chimbote y en las inmediaciones de la Bahía El Ferrol, que tengan vigente su licencia de operación, realicen descargas de efluentes pesqueros en la bahía, cuenten con estudios ambientales aprobados y requieran implementar medidas ambientales necesarias para cumplir con la normatividad ambiental del sector pesquero. Por su parte, el PACPE (Plan Ambiental Complementario Pesquero), tiene como finalidad que los titulares de los Establecimiento Industriales Pesqueros optimicen el manejo de los efluentes en las inmediaciones de la Bahía El Ferrol y no sobrepasen los Límites Máximos Permisibles establecidos, siendo que la disposición final de los efluentes se debe efectuar a través de un emisario submarino, ya que se registró en la bahía, 50 descargas de aguas residuales al año, de las cuales 26 descargas son de aguas residuales industriales de empresas pesqueras que generan 2000 l/s, 58 060 800 m³/año; así como 01 descarga de SIDERPERU de aguas residuales industriales que genera 200 l/s, 5806 080 m³/año.

Pero es el 25 de setiembre de 2013, que a través de la Resolución Ministerial N° 293 – 2013, que se publica y pone en marcha el Proyecto del Protocolo para el Monitoreo de Efluentes y Cuerpo Hídrico Receptor para los Establecimientos Industriales Pesqueros de Consumo Humano Directo e Indirecto, el cual busca que dichos establecimientos estandaricen la metodología para el desarrollo del monitoreo de efluentes generados, para evaluar el nivel de tratamiento alcanzado de los efluentes vertidos proveniente de la actividad que realizan, para la vigilancia y control de cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos.

Para el presente estudio se necesita tener un conocimiento amplio de los factores que influyen en el cumplimiento de los límites máximos permisible (LMP), para ello debemos tener en cuenta y contrastar los diversos conocimientos y bases teóricas relacionadas con el problema o la temática de investigación. Para empezar, los efluentes, son residuos provenientes de la industria, urbanizaciones, instituciones comerciales; pueden ser clasificados ampliamente de acuerdo con sus propiedades físicas y químicas, por su comportamiento en las aguas receptoras y en la forma como estos afectan el medio ambiente acuático, generalmente contienen sustancias orgánicas disueltas incluyendo tóxicos, materiales biodegradables y persistentes, sustancias inorgánicas disueltas incluyendo nutrientes, sustancias orgánicas insolubles y solubles. (Rodríguez Fernández, 2010)

El Ministerio de Producción de Perú, en uno de sus dispositivos legales, señala que, el efluente; es la descarga líquida de materiales de desecho en el ambiente, el cual puede estar tratado o sin tratar. Generalmente se refiere a aguas contaminadas. (PRODUCE, 2013)

Una vez entendidas las variantes conceptuales que se tienen con respecto a efluente. Debemos centrarnos en definir con mayor amplitud las dos variables de estudio. Es por ello que el tratamiento de efluentes es una práctica realizada desde la antigüedad, y hoy por hoy resulta algo fundamental para mantener nuestra calidad de vida. Son muchas las técnicas de tratamiento con larga tradición y, evidentemente, se ha mejorado mucho en el conocimiento y diseño de las mismas a lo largo de los años. Pero no por eso han dejado de ser técnicas imprescindibles a la hora de tratar aguas industriales (Tezén Villegas, 1998).

Consecuentemente para la OEFA – Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, los tratamientos a los que se deben someter los efluentes tienen que garantizar la eliminación o recuperación del compuesto orgánico en el grado requerido por la legislación que regula el vertido del efluente o para garantizar las condiciones mínimas del proceso en el cas

o de reutilización o recirculación de la corriente para uso interno. El nivel máximo admisible de contaminante puede conseguirse mediante la utilización de diversas técnicas tanto destructivas como no destructivas. (OEFA, 2011)

El Sistema de Tratamiento de Efluentes Industriales, es una tecnología que consta de dos etapas: La primera es el tratamiento primario del efluente; la cual separa principalmente los sólidos de manera mecánica, como ocurre con los tamices o usa diferencias de densidad, como sucede en la sedimentación y flotación. Por otro lado, la parte del tratamiento secundario incluye el uso de productos químicos para remover componentes específicos de las aguas residuales. En algunas plantas de consumo humano directo, los procesos de tratamiento, tales como la floculación y adsorción, los procesos físicos y químicos están tan entrelazados que se usa el término tratamiento fisicoquímico.

Asimismo debemos determinar de manera general la base teórica de las etapas presentes en un sistema de tratamiento de efluentes industriales (Paz Rubio, 2010). Los procesos de tratamiento primario son principalmente físicos. Los más simples usan la gravedad para remover arena y partículas minerales antes del tratamiento biológico. Los tamices de malla ancha, generalmente de barras o mallas, filtran los sólidos de gran tamaño. Los trituradores se usan para reducir el tamaño de las partículas grandes de materia orgánica a fin de mejorar el tratamiento en las etapas posteriores. Los tanques de compensación mezclan las aguas residuales afluentes para reducir la variación de la concentración de los componentes de las aguas residuales y también se usan para aguas residuales potencialmente tóxicas. A fin de: (1) Descargar el efluente a los procesos de tratamiento con una tasa uniforme y nivelar el efecto de flujo máximo y mínimo, (2) mezclar volúmenes más pequeños de residuos concentrados con volúmenes más grandes y con menores concentraciones y (3) controlar el pH para evitar fluctuaciones que pudieran alterar la efectividad de las unidades del sistema de tratamiento al mezclar residuos ácidos y alcalinos. La preservación o pre coloración puede requerirse para controlar olores cuando las aguas residuales se vuelven deficientes en oxígeno mientras fluyen a través del sistema de recolección o para facilitar la remoción de grasa durante la clarificación primaria. Generalmente, la remoción de sólidos inertes y orgánicos fácilmente sedimentables se realiza a través de depósitos de sedimentación, pero los tamices de malla fina también pueden usarse como auxiliares en las diversas etapas del tratamiento. Los depósitos de sedimentación a menudo están diseñados para remover grasa y sólidos flotantes mediante el uso de deflectores y removedores de aceite y pueden incluir rastrillos mecánicos para la remoción de sólidos y lodos que se sedimentan en el fondo del depósito.

La separación de aceite y grasa libres y dispersos de los sólidos livianos resulta más fácil con la flotación de aire, un proceso netamente físico o con la floculación, un proceso fisicoquímico que promueve la aglutinación de coloides coagulados y materia suspendida finamente dividida gracias a la mezcla física o a coagulantes. Existen tres tipos diferentes de floculantes: Electrolitos inorgánicos, polímeros orgánicos naturales y poli electrolitos sintéticos. La flotación de aire y la floculación reducen los tiempos de sedimentación de los sólidos suspendidos que tienen una gravedad específica ligeramente mayor que 1.0.

Por otro lado, (Abejon, 2005) afirma que los métodos de tratamiento químico para el tratamiento convencional de aguas residuales pueden usarse en cada etapa del proceso de tratamiento, según convenga. Los métodos utilizados con mayor frecuencia son: Coagulación-Floculación, en muchos casos parte de la materia en suspensión puede estar formada por partículas de muy pequeño tamaño (10^{-6} – 10^{-9} m), lo que conforma una suspensión coloidal. Estas suspensiones coloidales suelen ser muy estables, en muchas ocasiones debido a interacciones eléctricas entre las partículas. Por tanto tienen una velocidad de sedimentación extremadamente lenta, por lo que haría inviable un tratamiento mecánico clásico. Una forma de mejorar la eficacia de todos los sistemas de eliminación de materia en suspensión es la adición de ciertos reactivos químicos que, en primer lugar, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la floculación de las mismas para obtener partículas fácilmente sedimentables. Es una operación que se utiliza a menudo, tanto en el tratamiento de aguas residuales urbanas y potables como en industriales (industria de la alimentación, pasta de papel, textiles, etc.). Los coagulantes suelen ser productos químicos que en solución aportan carga eléctrica contraria a la del coloide. Habitualmente se utilizan sales con cationes de alta relación carga/masa (Fe^{3+} , Al^{3+}) junto con polielectrolitos orgánicos, cuyo objetivo también debe ser favorecer la floculación.

Al igual que el sistema de tratamiento de efluentes industriales, también es importante tener una base teórica sobre el Límite Máximo Permissible (LMP), el cual es la medida de la concentración o del

grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos. (MINAM, 2005).

Del mismo modo, (PRODUCE, 2013) el Límite Máximo Permissible (LMP); es el nivel de concentración máxima de contaminantes en los efluentes, que es recomendable no exceder para evitar riesgo a la salud humana y a la vida acuática.

Como ya se menciona anteriormente la propuesta de implementar un plan de monitoreo y mejora del sistema de tratamiento de efluentes industriales es para lograr el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles que según el ingeniero químico Díaz Delgado consiste en un “conjunto de actividades tecnológicas que se realizan en la empresa con la finalidad de verificar, a través de parámetros cuantificables, el cumplimiento de los compromisos ambientales establecido en el Plan de Manejo Ambiental (PMA), así como también detectar cualquier situación anómala producida durante el proceso de tratamiento.

Es necesario implementar el plan de monitoreo del sistema de tratamiento de efluentes industriales según la Resolución Ministerial 293 – 2013 – PRODUCE, como estrategia fundamental para la gestión de residuos líquidos y cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles (LMP) en Inversiones Estrella de David S.A.C.; ya que le empresa en la actualidad no cuenta con dicho plan y es requisito de su cliente estratégico contar con ello y a la vez estar alineado al Plan Ambiental Complementario Pesquero (PACPE) exigidos por el organismo de evaluación y fiscalización ambiental (OEFA)

La empresa en estudio; Inversiones Estrella de David S.A.C, registra desde el año 2012, en promedio; la obtención de 283 m³/día de efluentes propios del proceso productivo, siendo estos; sanguaza: 73.24 m³/día y caldo de cocción: 17.08 m³/día; los cuales son vertidos hacia el cuerpo marino receptor. Según el laboratorio de ensayo certificado por INDECOPI; COLECBI, señala que el efluente industrial de la empresa Inversiones Estrella de David S.A.C. registra niveles de parámetros de presencia de Aceites y Grasas: 360 mg/L y de Sólidos Suspendidos Totales: 1570 mg/L, encontrándose por encima de los Límites Máximos Permisibles de acuerdo al Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE (Aceites y Grasas: 350 mg/L y Sólidos Suspendidos Totales: 700 mg/L); por lo que en la actualidad, la empresa está sujeta a evaluación por parte de la OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental) y de no realizar con las mejoras correspondientes; tendrá que cumplir con el pago de sanciones estipuladas en el RISPAC (Reglamento de Inspecciones y Sanciones Pesqueras y Acuícolas). Dichos pagos van desde 2 hasta 50 Unidades Impositivas Tributarias.

Es por ello que se elabora el presente estudio, con el objetivo de: “Monitorear y mejorar el Sistema de Tratamiento de Efluentes Industriales para el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles en la empresa de conservas de pescado Inversiones Estrella de David S.A.C.,” conforme a ley.

Materiales y métodos

Se utilizó la metodología pre experimental de pre y post prueba con un solo grupo. El diseño supone tres momentos: Primero una medición previa de la variable dependiente a ser estudiada (Límites Máximos); luego la aplicación de la variable independiente (Plan de monitoreo y mejora del sistema de tratamiento de efluentes industriales) o experimental X a los sujetos Y (efluentes industriales) y por ultimo realizar una nueva medición de la variable dependiente en los sujetos (post test). Siguiendo el siguiente esquema: (G: O1 –X– O2), donde: G: Grupo experimental al cual se les proporciona el modelo y la propuesta sobre el Sistema de Tratamiento de Efluentes Industriales; O1: Pre-Test, datos basados en los resultados de los ensayos de laboratorio químico que realizó la empresa antes de la implementación de la propuesta de implementación; X: Tratamiento y O2: Post- Test, datos basados en los resultados de los ensayos de laboratorio químico una vez implementado el plan de monitoreo y mejora del sistema de tratamiento de efluentes industriales. Teniendo en cuenta que el caudal de efluentes y los niveles de parámetros contaminantes a cuantificar van a variar de acuerdo al tipo de

producción que esté llevando a cabo la empresa. En el presente estudio, se tomaron las especies y el tipo de proceso más comunes en la empresa, los cuales se describirán en la sección de resultados.

El muestreo que se utilizó fue de tipo no probabilístico por conveniencia para cada muestra por estrato obtenido (Parámetros contaminantes). Se seleccionó Límites Máximos Permisibles correspondientes al muestreo recogido dentro de la empresa Inversiones Estrella de David S.A.C. según el Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE, ya que estos niveles y parámetros seleccionados se vinculan directamente con las exigencias del Estado y de la empresa.

Solo se excluye a los Límites Máximos Permisibles correspondientes al muestreo recogido fuera de la empresa Inversiones Estrella de David S.A.C: Cuerpo hídrico receptor (Mar) y sedimento, según el Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE.

Para la recolección de datos se realizó; con respecto a la variable independiente (Sistema de Tratamiento de Efluentes Industriales), la investigación bibliográfica; con el propósito de tener disponibilidad de información de esta variable: así como la observación directa de los hechos a través de fichas técnicas de cada uno de los equipos presente en el sistema para poder identificar los procesos, actividades de cada etapa con sus respectivos datos técnicos, a fin de realizar la evaluación e implementar las medidas de monitoreo y mejora para el proceso del Sistema de tratamiento de efluentes industriales. Por otro lado, con respecto a la variable dependiente (Límites Máximos Permisibles), se utilizó la técnica de análisis de documentos de los informes de ensayos de laboratorio químico a los que fueron sometidas las muestras de efluente.

Para validar el contenido de las fichas técnicas se sometió al juicio de tres expertos, procediéndose a acomodar los criterios a ser llenados según sus recomendaciones.

Por último, para determinar la validez del contenido se sometió el análisis de las muestras, al ensayo técnico de los laboratorios COLECBI y CERPER, acreditado por el Organismo Peruano de Acreditación INDECOPI – SNA. Corroborando la confiabilidad del instrumento aplicado.

Al aplicar las fichas técnicas y el recojo de muestras ya previamente validadas, se analiza el efluente industrial obtenido a través de ensayos de laboratorio químico. Todo ello con la finalidad de determinar o poder rechazar y/o aceptar la hipótesis. Además se tomó en cuenta los aspectos éticos al guardar confidencialidad de la información obtenida en el campo de estudio al haber aplicado las técnicas de recolección de información.

Resultados

Para realizar la propuesta de plan de monitoreo y mejora del Sistema de Tratamiento de Efluentes Industriales se inició con la elaboración del diagrama de flujo para cada línea productiva de conservas de pescado de la empresa Inversiones Estrella de David S.A.C. y la realización de un diagnóstico situacional de la empresa a través de un balance hídrico a fin de identificar las etapas del proceso productivo en las cuales se detecte un consumo de agua y generación de efluente, para posteriormente registrar y analizar los datos obtenidos a través de un caudalímetro. Según esta información obtenida y luego del análisis utilizando la herramienta en mención se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 01: Tabla resumen de generación de efluentes.

Proceso/etapa	Efluente generado (m ³ /día)	Porcentaje
Operaciones Principales		
Recepción Materia Prima	30.60	11%
Corte y Eviscerado	40.70	15%
Encanastillado	104.00	37%
Pre cocido	17.06	6%
Lavado de latas	7.6	3%
Purga de esterilizado	3.1	1%
Marmitas		0%
Agua enfriamiento – Autoclaves	53.9	19%
Operaciones Auxiliares		
Limpieza de planta (Agua y químicos)	25	9%
TOTAL	282.7	100%

Una vez definido el caudal promedio de efluente industrial (282.7 m³/día) a tratar, se empezó la elaboración del diseño del sistema de tratamiento de efluentes industriales y la herramienta utilizada fue la del software de diseño AutoCAD, en el cual se busca efectividad al momento de interpretar el diseño y compartir información útil de manera eficaz e inmediata.

Por otro lado, es importante mencionar que el área con el que se cuenta para el sistema es de 300 m², es por ello que el criterio tomado para la construcción y por consiguiente la capacidad para cada equipo mostrado en el diseño del sistema de tratamiento de efluentes industriales, fue realizado tratando de respetar la disponibilidad del espacio anteriormente mencionado; es decir, no existen dimensiones estándares para la construcción del sistema ya que cada empresa tiene que tratar de ajustarse y adaptarse a su realidad.

Tabla 02: Tabla resumen de capacidad de equipos

Equipos	Capacidad (m ³)
Poza Pulmón	50
Tamiz Rotativo 01	-
Tamiz Rotativo 02	-
Tanque de Retención	10
Trampa de Grasa	7.5
Tanque de Neutralización	10
DAF Físico-Químico	8
Tanque para espuma	3.2
Tanque de caldo	0.8
Tanque de almacenamiento	80
Separadora de Sólidos	-
Centrífuga	-

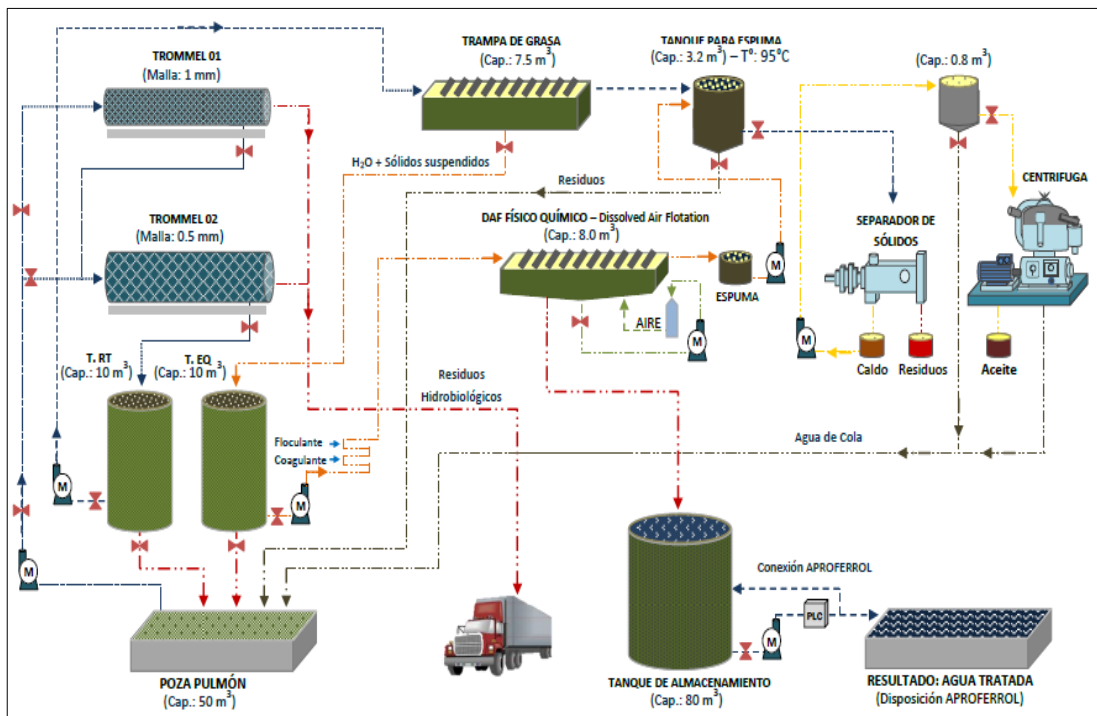


Figura 01: Diseño del sistema de tratamiento de efluentes industriales

Luego de diseñar el sistema de tratamiento de efluentes industriales, es necesario describir las herramientas útiles para simplificar el ahorro de tiempo y esfuerzo de trabajo en cada uno de los equipos utilizados en el sistema.

Para el desarrollo de esta parte se utilizaron fichas técnicas elaboradoras en AutoCAD, en las cuales se encuentran especificaciones importantes por cada equipo. Posterior al análisis de cada ficha técnica, se puede describir lo siguiente:

- a) Poza pulmón: Los efluentes de zona de encanastillado, limpieza, corte y eviscerado, exudado de pescado, sanguaza generada en el proceso de precocción y recepción de materia prima, asimismo los efluentes de limpieza de ingreso vehicular para carga y descarga y los efluentes de la zona de autoclaves son conducidos a través de las canaletas hacia la poza de efluentes. Esta poza de 50 m³ de capacidad, recepcionará dichos efluentes, luego se procederá a impulsar el fluido mediante una bomba centrífuga hacia el primer Trommel (tamiz rotativo) de 1 mm, para luego pasar por el segundo Trommel de malla 0.5 mm, tanque de retención, trampa de grasa, tanque de espuma, tanque de neutralización, DAF químico, y tanque de almacenamiento, del cual se enviará hacia el emisor submarino.
- b) Tamiz rotativo 01 (trommel): El efluente captado realiza un paso por un tamiz rotativo con malla de 1 mm de abertura, donde los sólidos recuperados por un transportador helicoidal (tornillo sinfín) van hacia los volquetes de residuos sólidos y posterior disposición final en una planta de harina de residuos con autorización legal vigente, mientras que los líquidos pasan hacia el segundo tamizado.
- c) Tamiz rotativo 02 (Trommel): Es un segundo paso continuo del efluente proveniente del primer tamiz rotativo, por un tamiz rotativo de 0.5 mm de abertura, donde los sólidos recuperados son conducidos hacia los volquetes de residuos sólidos, mientras que los efluentes líquidos, son trasladados hacia un tanque de retención.
- d) Tanque de retención: Este tanque de 10 m³ de capacidad, almacena todo el efluente líquido proveniente del Trommel 02. Una vez lleno, impulsa dicho efluente a través de una bomba centrífuga hasta la trampa de grasa.
- e) Trampa de grasa: Este equipo cuenta con una capacidad de 7.5 m³ y una vez lleno la trampa de grasa, el efluente permanecerá un tiempo apropiado para su función, separándose la grasa por gravedad con generación de turbulencia, esta separación de sólidos es generada gracias a que las burbujas de aire se adhieren a los sólidos y se produce la flotación de los mismos, lo que se deja ver es una espuma, que es recuperada a través de unas paletas de fibra, la cual es empujada hacia un tanque colector (Tanque de espuma). El líquido desengrasado presente en la parte inferior de la trampa de grasa, es enviado al tanque de neutralización.
- f) Tanque de neutralización: Consiste en recepcionar el líquido desengrasado obtenido de la etapa anterior (trampa de grasa), en un tanque de 10 m³ de capacidad. Con el objetivo de homogenizar al máximo el flujo del líquido almacenado. Otro punto importante, se ubica en la salida de este tanque, ya que cuenta con un sistema de adición de coagulantes y floculantes, a modo de serpentín.
- g) DAF físico - químico (Dissolved Air Flotation): Este depósito tiene forma de un prisma triangular regular ubicado horizontalmente en la superficie y cuenta con una capacidad de 8 m³. Aquí, también se separa la grasa y los sólidos suspendidos por gravedad con inyección de aire. Este principio se basa en la solubilidad del aire en el agua sometida a presión. Consiste fundamentalmente en someter el agua bruta ya coagulada y floculada a aire presión y recirculación (5 bar) durante 5 min, hasta lograr la dilución del aire en el agua y la formación de burbujas de aire, las cuales se adhieren a los flóculos en cantidad suficiente para que su fuerza ascensional supere el reducido peso de los flóculos, elevándolos a la superficie, de donde son retirados continua o periódicamente (dependiendo la habilidad del operador), a través de paletas; tal como se hace en la trampa de grasa, y posteriormente impulsado a través de una bomba hacia el tanque de espuma. Por otro el efluente ya clarificado será conducido al tanque de almacenamiento. Este sistema logra reducir los sólidos suspendidos totales, aceites y grasas en 80 a 90% y los DBO₅ en 70 a 80%.
- h) Tanque para espuma: Este tanque de 3.2 m³ de capacidad, transmite calor a través de un serpentín para alcanzar temperaturas de 90 °C – 120 °C. Con el fin de facilitar la separación y aceites con separador de sólidos, tanque de caldo de 0.8 m³ y centrífuga. La espuma que antes se eliminaba indiscriminadamente al mar, hoy en día la empresa; trata de recuperar al máximo.

- i) Tanque de almacenamiento: Este depósito es un cilindro de 80 m³ de capacidad, en donde se almacena todo el efluente ya tratado, el cual ya debe de cumplir con los Límites Máximos Permisibles de acuerdo a Ley. En la salida de este tanque, se encuentra un sistema de tuberías acompañado de un sistema de automatización; con el único objetivo de tener un adecuado control y monitoreo de algunos parámetros contaminantes, los cuales deben poseer valores dentro de los Límites Máximos Permisibles. Si el efluente ya tratado cumple con los Límites Máximos Permisibles, los sensores permitirán el paso de este y su vertimiento será disposición de APROFERROL. De lo contrario el efluente será devuelto al tanque de almacenamiento para su posterior tratamiento.

Después de haber reconocido la secuencia del tratamiento de efluentes a través del diseño del sistema y ser descritas cada una de las etapas del proceso, lo siguiente fue comprobar que tan eficiente se estaba desempeñando dicho sistema y para ello se tuvo que medir el grado de concentración de contaminantes de los parámetros cuantificables, los cuales no deben exceder los Límites Máximos Permisibles exigidos de acuerdo a ley.

Los parámetros a considerar son los siguientes: Nivel de pH, temperatura, caudal de efluentes, aceites y grasas, sólidos suspendidos totales y demanda bioquímica de oxígeno (al quinto día). Siendo los tres primeros parámetros, evaluados in situ, debido a que no requieren de algún ensayo de laboratorio para determinar en qué grado de concentración se encuentran, ya que solo se necesitan de algunos instrumentos para llevar a cabo esta actividad, tales como; pHmetro, termómetro y caudalímetro. Por otro lado, para lograr la determinación de los tres parámetros restantes, se tuvo que someter a ensayos de laboratorio debido a su complejidad para hallar el grado de concentración de contaminantes. Previo a ello, el recojo de la muestra a evaluar, fue obtenida respetando el protocolo de muestreo estipulado en la Resolución Ministerial 293 – 2013 – PRODUCE, el cual indica que cada hora se debe de recoger 1 o 2 litros de efluente (la empresa tiene un día laboral de 10 horas, por ello se obtuvo 20 litros de muestra de efluente) y almacenarlos en un galón para posteriormente ser sometidos a ensayos químicos. El número de muestras a evaluar es tomado a criterio de la empresa.

Es conveniente detallar que tipo de método se utilizó en cada parámetro al momento de someter a ensayo la muestra de efluente, por consiguiente tenemos:

- Aceites y grasas: La muestra compuesta, colectada se recepcionará en frascos de vidrio de 1000 ml, agregándole inmediatamente 2,5 ml mL de ácido clorhídrico (HCl, 1:1) o también ácido sulfúrico (H₂SO₄, 1:1) por 0,5 L de muestra colectada. Se homogenizará bien la muestra y se mantendrá en refrigeración hasta su análisis. El método utilizado fue: *Extracción Soxhlet* y se calcula por la siguiente fórmula:

Formula 01: Aceites y grasas

$$AG (mg.L^{-1}) = [(P_2 - P_1) - B] \times 1000/V$$

- Sólidos Suspendidos Totales: La muestra compuesta, colectada del efluente, se recepcionará en frascos de plástico de 500ml y se preservará según lo indicado en la Tabla 3 hasta su análisis. El método utilizado fue de tipo *Gavimétrico* y se calcula por la siguiente fórmula:

Formula 02: Sólidos suspendidos totales

$$SST = (A-B) \times 10^6 / V$$

- Demanda Bioquímica de oxígeno al quinto día: Por razones técnicas la primera submuestra obtenida, de cada muestra compuesta será para el análisis de DBO₅, para lo cual se utilizará un frasco de plástico o de vidrio esterilizado. El volumen de la muestra estará en función de la concentración del efluente, el cual puede variar de 250 a 500 mL según sea el caso. La muestra será refrigerada (4°C) hasta su análisis. El método utilizado fue Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) en efluentes pesqueros por dilución. y se calcula por la siguiente fórmula:

Formula 03: Demanda Bioquímica de Oxígeno

$$DBO_5 (mg.L^{-1}) = \frac{(OD_1 - OD_F)}{fd_1 \cdot fd_2}$$

De los datos obtenidos en cada uno de los parámetros, se resume lo siguiente:

Tabla 03: Tabla resumen de caracterización de efluentes

Parámetro	Promedio resultante de muestra analizada	LMP
Aceites y grasas	360 mg/L	< 350 mg/L
Sólidos suspendidos totales	1569.2 mg/L	< 700 mg/L
Demanda bioquímica de oxígeno	2213.5 mg/L	< 900 mg/L
Ph	6.9	5 – 9
Caudal	28 m ³ /h	-
Temperatura	18.2	< 22 °C

En la Tabla 03 se observa la caracterización del efluente industrial de la empresa Inversiones Estrella de David, la cual excede los Límites Máximos Permisibles en tres parámetros contaminantes, siendo estos: Aceites y grasas con 360 mg/L (debiendo estar por debajo de los 350 mg/L), sólidos suspendidos totales con 1569.2 mg/L (debiendo estar por debajo de los 700 mg/L) y por último la demanda bioquímica de oxígeno que registra 2213.5 mg/L (debiendo estar por debajo de los 900 mg/L).

Conforme a lo mostrado en la Tabla 03 de caracterización de efluentes, se deduce que tres de los seis parámetros a evaluar, vienen excediendo los Límites Máximos Permisibles establecidos. La causa principal se debe a que el sistema de tratamiento de efluentes no posee un adecuado monitoreo y mucho menos se ha optimizado alguno de los equipos que lo conforman, por lo que se propone como primer paso para solucionar el problema, ir en busca de la dosis óptima de soda cáustica (NaOH) a fin de controlar los niveles de pH, es decir, evitar que el efluente tome la propiedad ácida, ya que según teoría un efluente con bajos niveles de pH incrementa la fuerza de repulsión que existe entre coloides, por lo tanto, impide que estos puedan coagular y flocular adecuadamente, haciendo inútil y costosa la dosificación de reactivos químicos utilizados para llevar a cabo este proceso.

Luego de haber hallado la dosis óptima de soda cáustica a adicionar al efluente por medio de tanteo, lo siguiente es hallar también la dosis óptima de reactivos químicos: Coagulantes y floculantes, los cuales serán inyectados al sistema a través de una tubería serpentín ubicada a la salida del tanque de neutralización, con el objeto de desestabilizar y aglomerar coloides (partículas pequeñas), haciendo que estos ganen masa y por consiguiente, se haga fácil su sedimentación.

Con estos resultados se establecerán correlativos que serán importantes en el monitoreo de efluentes y en la creación del formato de monitoreo de efluentes. Cabe recordar que el muestro se hizo respetando el protocolo de muestreo estipulado en la Resolución Ministerial 293 – 2013 – PRODUCE y el número de muestras y días fue tomado a criterio de la empresa, ya que se quiso analizar durante 30 días como se comportaba el efluente por tipo de producción y en cuanto variaba su dosificación, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 04: Tabla resumen de dosificación de soda cáustica

Tipo de producción		Rango en nivel de ph	Dosis óptima de soda cáustica al 1% (ml)	Número de gotas
Materia prima	Líquido de gobierno			
Caballa	Salsa de tomate	6.00 - 6.20	0.5	10
Anchoveta	Salsa de tomate	6.30 - 6.50	0.4	8
Caballa	Aceite	6.60 - 6.80	0.3	6
Barrilete	Aceite	6.80 - 6.90	0.3	6
Anchoveta	Aceite	6.90 - 7.10	0.2	4

Tabla 05: Tabla resumen de dosificación de reactivos químicos

Tipo de producción		Rango de sst (mg/l)	Dosis óptima de coagulante (ml)	Dosis óptima de floculante (ml)	Sólidos suspendidos totales - resultante (mg/l)
Materia prima	Líquido de gobierno				
Caballa	Salsa de tomate	1000 – 1030	4	8	115 – 140
Anchoveta	Salsa de tomate	990 – 1000	4	8	100 – 115
Barrilete	Aceite	980 – 990	4	8	90 – 110
Caballa	Aceite	970 – 990	4	8	90 – 110
Anchoveta	Aceite	960 – 970	4	8	70 – 90

Se observa claramente en la Tabla 05: Tabla resumen de dosificación óptima de reactivos químicos, que se logró establecer una constante en cuanto a la cantidad de dosis ideal de reactivos químicos a inyectar al sistema de tratamiento, utilizando solo 4 mL/L de coagulante y 8 mL/L de floculante. Comprobándose la efectividad de esta dosis a través de la medición en uno de los parámetros contaminantes (Sólidos Suspendidos Totales), ya que en la empresa se cuenta con un turbidímetro portátil, el cual nos proporciona resultados inmediatos e in situ. Por otro lado, los niveles de rango de Sólidos Suspendidos Totales mostrados en la Tabla N° 06, es el resultado de la mejora de la trampa de grasa que será explicada a continuación:

Durante el primer periodo de implementación (Enero – Julio), y de acuerdo a la Tabla N° 07: Caracterización del efluente, el sistema de tratamiento de efluentes aún no estaba siendo totalmente efectivo con el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles, es así que se optó por analizar el sistema en conjunto con el diseño y fichas técnicas presentadas en los anexos, definiendo que la etapa más importante es la neutralización e inyección de reactivos químicos, ya que ambos generan costos elevados en su compra si la dosis es alta, es decir el efluente debe llegar a esta etapa; libre de grasa y con bajo nivel de Sólidos Suspendidos Totales, por lo tanto, al culminar el análisis se llegó a la conclusión de que la única etapa en donde se puede mitigar los dos puntos anteriormente mencionados es en la trampa de grasa. De inmediato se modificó el diseño de este equipo e implementando una mejora, elevando la tubería de purga del efluente a 20 centímetros de la base del equipo e incorporando otra tubería de purga para sólidos con el único fin de reducir los niveles de Sólidos Suspendidos Totales, de los cuales se obtuvo un resultado significativo:

Tabla 06: Tabla resumen – Mejora de trampa de grasa

Tipo de producción		Sólidos suspendidos totales – promedio resultante (mg/l) sin mejora	Sólidos suspendidos totales – promedio resultante (mg/l) de la mejora a trampa de grasa	Porcentaje de reducción de SST
Materia prima	Líquido de gobierno			
Caballa	Salsa de tomate	1750	1015	42%
Anchoveta	Salsa de tomate	1620	995	39%
Barrilete	Aceite	1580	985	38%
Caballa	Aceite	1530	980	36%
Anchoveta	Aceite	1475	965	35%
Promedio de reducción de SST				38%

Para la determinación de los Límites Máximos Permisibles con implementación de plan de monitoreo y mejora se utilizó la misma técnica expuesta anteriormente, en la segunda parte de la descripción de los resultados, destacando que los parámetros a considerar son los siguientes: Nivel de ph, temperatura, caudal de efluentes, aceites y grasas, sólidos suspendidos totales y demanda bioquímica de oxígeno (al quinto día). Siendo los tres primeros parámetros evaluados in situ debido a que no requieren de algún ensayo de laboratorio para determinar en qué grado de concentración se encuentran, ya que solo se necesitan de algunos instrumentos para llevar a cabo esta actividad, tales como: phmetro, termómetro y caudalímetro. Por otro lado, para lograr la determinación de los tres parámetros restantes, se tuvo que someter a ensayos de laboratorio debido a su complejidad para hallar el grado de concentración de contaminantes. Previo a ello, el recojo de la muestra a evaluar,

fue obtenida respetando el protocolo de muestreo estipulado en la Resolución Ministerial 293 – 2013 – PRODUCE, el cual indica que cada hora se debe de recoger 1 o 2 litros de efluente (la empresa tiene un día laboral de 10 horas, por ello se obtuvo 20 litros de muestra de efluente) y almacenarlos en un galón para posteriormente ser sometidos a ensayos químicos. El número de muestras a evaluar es tomado a criterio de la empresa. Es conveniente detallar que tipo de método se utilizó en cada parámetro al momento de someter a ensayo la muestra de efluente. De los resultados encontrados se presenta lo siguiente:

Tabla 07: Tabla resumen de caracterización de efluentes con plan de monitoreo y mejora

Parámetro	Promedio resultante de muestra analizada	LMP
Aceites y grasas	37 mg/l	< 350 mg/l
Sólidos suspendidos totales	86.8 mg/l	< 700 mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno	182.13 mg/l	< 900 mg/l
Ph	8.24	5 – 9
Caudal	28 m ³ /h	-
Temperatura	19	< 22 °c

Luego de haber obtenido resultados de los parámetros cuantificables en ambos periodos (pre y post implementación del plan de monitoreo y mejora del sistema de tratamiento de efluentes industriales), se elabora una tabla comparativa para brindar un panorama amplio y demostrar la reducción significativa que experimentó la caracterización del efluente con el plan de monitoreo y mejora.

Tabla 08: Evaluación de parámetros

Parámetro	Promedio resultante de muestra analizada Sin plan	LMP	Promedio resultante de muestra analizada con plan
Aceites y grasas	360 mg/l	< 350 mg/l	37 mg/l
Sólidos suspendidos totales	1569.2 mg/l	< 700 mg/l	86.8 mg/l
Demanda bioquímica de oxígeno	2213.5 mg/l	< 900 mg/l	182.13 mg/l
Ph	6.94	5 – 9	8.24
Caudal	28 m ³ /h	-	28
Temperatura	18.2	< 22 °c	19

Para finalizar, uno de los puntos más resaltantes y sobre todo de generar rentabilidad, en el presente informe de tesis, es el tema de recuperación de grasas a través de la técnica de flotación, el cual es un método de tratamiento en el que predominan los fenómenos físicos, que se emplea para la separación de partículas de una fase líquida. La separación se consigue introduciendo finas burbujas de aire, en la fase líquida. Las burbujas se adhieren a las partículas, y la fuerza ascensional que experimenta el conjunto partícula-burbuja de aire hace que suban hasta la superficie del líquido. De esta forma, es posible hacer ascender a la superficie partículas cuya densidad es mayor que la del líquido, además de favorecer la ascensión de las partículas cuya densidad es inferior, como el caso del aceite en el agua para luego pasar por la separadora de sólidos y la centrífuga, obteniendo aceite.

En la trampa de grasa del sistema de tratamiento de Efluentes Industriales se colocó un motor en posición vertical, en el cual; el eje va acoplado a una paleta, con el fin de generar turbulencia y a su vez crear burbujas que favorezcan al proceso anteriormente mencionado. Durante 4 días se puso en marcha esta técnica, pero el efluente comenzaba a presentar niveles de parámetros (Aceites y Grasas y Sólidos Suspendidos Totales) no esperados. El problema radicaba en que al momento de generar turbulencia, no se obtenía un comportamiento laminar del efluente en la trampa, suficiente para que los sólidos suspendidos sedimenten fácilmente y que la grasa se forme en la superficie. Es por ello que se incorporó unas planchas metálicas, con el fin de ir amortiguando la turbulencia generada por el motor. Paralelamente se fueron tanteando los tiempos a utilizar de turbulencia y de reposo del efluente, obteniendo:

Tabla 09: Recuperación de grasas

Efluente	Criterios				
	Volumen (l)	Tiempo de turbulencia	Tiempo de reposo	Volumen promedio grasa recuperada (l)	Tipo de materia prima
7 500	3 min	2 min	72	Caballa	Salsa de Tomate
7 500	3 min	2 min	45	Anchoveta	Salsa de Tomate
7 500	3 min	2 min	65	Barrilete	Aceite
7 500	3 min	2 min	70	Caballa	Aceite
7 500	3 min	2 min	40	Anchoveta	Aceite

Discusión

El primer punto a contrastar tiene que ver con el diagnóstico situacional de la empresa. El español Marcelo Juan Ambrosio (2005) en su investigación “Procesamiento pesquero, disposición de efluentes e impacto ambiental”, en efecto corrobora que se debe analizar el estado situacional de la empresa con respecto a la generación de efluentes industriales a través de un balance hídrico, para poder identificar el caudal diario al que se le tiene que dar tratamiento, así como la etapa productiva en donde se genera mayor volumen de residuo líquido y al cual se le debe de dar mayor atención en un estudio diferente.

Por otra parte, Antonio Rodríguez Fernández (2010), en su investigación “Tratamiento avanzado de efluentes industriales”, indica que al realizar un diagnóstico situacional de la industria de consumo humano directo, encontró que el caudal diario promedio de efluente industrial en una planta de conservas de pescado con sus dos líneas (crudo y cocido) operativas en simultaneo era de 300 m³, la cual no difiere en un margen alto, debido a que en el presente estudio se halló que el caudal promedio diario de efluente industrial en la empresa Inversiones Estrella de David S.A.C es de 282.7 m³.

Una vez realizado el balance hídrico para obtener el consumo de agua y generación de efluente industrial en la empresa, fue pertinente la realización del diseño del sistema de tratamiento de efluentes, que de acuerdo con Marcos Solana Pita (2000), el diseño del sistema de tratamiento se refiere al establecimiento de dimensiones que deben poseer los equipos presentes en tal sistema, así como la secuencia que deben de seguir cada uno de estos, con el objeto de garantizar un adecuado tratamiento físico y tratamiento químico; a su vez el autor manifiesta que para realizar un correcto diseño se debe tener en cuenta la disponibilidad de espacio que se tiene, tratando de ajustar las dimensiones de los equipos en función a este factor. Además, también se debe tener presente la peligrosidad del aspecto ambiental cuando genera un impacto, la reversibilidad o posibilidad de que se pueda recuperar grasas del efluente.

La herramienta de las fichas técnicas utilizadas en la presente investigación, para describir la tecnología del sistema de tratamiento de efluentes de la empresa objeto de estudio, en concordancia con la normativa peruana, se fundamenta además en el postulado que si bien es cierto un Plan Ambiental Complementario Pesquero (PACPE) es obligatorio, referido en el Decreto Supremo N° 020 – 2007- PRODUCE, no obstante permite sistematizar información referida a cada uno de los equipos del sistema y por consiguiente poder someter estos datos a cálculos referenciales utilizados para respaldar requerimientos de información exigidos por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, esto en concordancia con la investigación realizada por Ernesto Paz Rubio (2010).

Los resultados identificados en ensayos químicos de laboratorio y pruebas realizadas in situ, permitieron evidenciar que la empresa en materia de residuos líquidos, genera efluentes industriales que no están dentro de los Límites Máximos Permisibles según la normatividad peruana, siendo que el parámetro: Aceites y grasa fue de 360 mg/L, sólidos suspendidos totales de 1569.2 mg/L, demanda bioquímica de oxígeno fue de 2213.5 mg/L y 6.9 de nivel de pH. Lo cual, los tres primeros parámetros sobrepasan los LMP establecidos en el Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE, tales como: 350 mg/L para aceites y grasas, 700 mg/L para sólidos suspendidos totales y 900 mg/L para demanda

bioquímica de oxígeno, a diferencia del nivel de pH, el cual se mantiene dentro del intervalo de 5 – 9 pH.

Luego de obtener la determinación de los Límites Máximos Permisibles en el primer periodo de implementación del sistema de tratamiento de efluentes industriales, es necesario según Alejandro Vásquez Tafur (2013), mantener un adecuado control de parámetros del proceso de tratamiento, tales como: Temperatura, presión, calidad de coagulantes y floculantes a utilizar, etc. Debido a que la mejora de un sistema de tratamiento, parte por el monitoreo adecuado de cada una de sus etapas es a partir de dicha conclusión que en el presente estudio realizó seguimiento al comportamiento de las variaciones de los parámetros a evaluar, logrando establecer correlativos en función al tipo de producción que realiza la empresa, y a su vez hallar las dosis óptimas de reactivos químicos y soda cáustica que se tendrán que adicionar en el efluente industrial. Dándole especial énfasis al nivel de pH y a la presencia de grasa en el efluente industrial, tal como indica Cesar Díaz Delgado (2003) en su libro “Tratamientos avanzados de aguas residuales Industriales”, debido a que el potencial Z es una medida de esta fuerza de repulsión. Para coloides en fuentes de agua natural, con un pH entre 5 y 8, oscila entre -15 y -30 mV. Cuanto mayor es, en valor absoluto, mayor es la carga de la partícula e imposible el actuar de los reactivos químicos para llevar a cabo la coagulación y floculación, y cuanto mayor es la presencia de grasa; mayor es la probabilidad que los reactivos químicos se saponifiquen en pleno proceso.

Una vez elaborado el plan de monitoreo y mejora, los resultados identificados en ensayos químicos de laboratorio y pruebas realizadas in situ, permitieron evidenciar que la empresa ha obtenido una significativa mejora en cuanto al cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles según la normatividad peruana, siendo que el parámetro: Aceites y grasa fue de 37 mg/L, sólidos suspendidos totales de 86.8 mg/L, demanda bioquímica de oxígeno fue de 182.13 mg/L y 8.24 de nivel de pH. De los cuales, todos los parámetros están dentro de los LMP establecidos en el Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE, tales como: 350 mg/L para aceites y grasas, 700 mg/L para sólidos suspendidos totales y 900 mg/L para demanda bioquímica de oxígeno, a diferencia del nivel de pH, el cual se mantiene dentro del intervalo de 5 – 9 pH. El recojo de muestras se realizó conforme al protocolo de monitoreo establecido la Resolución Ministerial 293 – 2013 – PRODUCE.

De la técnica de recuperación se comprobó que el volumen de recuperación de grasa varía en función al tipo de materia prima que se esté procesando y al tiempo de estadía y de reposo del efluente por tanteo, debido a que algunas especies poseen más grasa que otras, tal como afirma Rosa Alcayhuamán (1997) en su tesis “Impacto Ambiental y Reaprovechamiento de Efluentes en la Industria Pesquera”. Y para respaldar dicha teoría, en el presente estudio se obtuvieron resultados como: En la caballa en salsa de tomate se recupera 72 litros grasa de 7 500 litros de efluente, seguido por la caballa en aceite de la cual se obtiene 70 litros grasa de 7 500 litros de efluente. En cuanto al barrilete en aceite se recupera 65 litros grasa de 7 500 litros efluente, de la anchoveta en salsa de tomate se obtiene 45 Litros de 7 500 litros de efluente y por último la anchoveta en aceite solo se recupera 40 litros de 7 500 Litros de efluente.

Conclusiones.

El balance hídrico como primera etapa al desarrollo de identificación de generación de efluentes industriales, permite hallar; el caudal diario de efluente industrial a tratar, así como identificar las etapas del proceso productivo en donde se obtiene un mayor volumen de consumo de agua y de efluente generado. En la empresa Inversiones Estrella de David S.A.C. se obtuvo que el efluente industrial a tratar era en promedio 282.7 m³/día (dato útil que servirá para hallar la cantidad de reactivos químicos a adicionar por día), del cual el 38 % representa a la etapa del encanastillado con 104 m³/día, lo que significa que este volumen se debe en su totalidad al consumo de agua que se requiere en esta fase de la producción.

El diseño del sistema de tratamiento de efluentes se realizó en base a la disponibilidad de espacio con el que contaba el área que había designado la empresa para este proyecto, es así que los equipos pertenecientes a este sistema poseen la siguiente capacidad según la secuencia: Poza de efluentes con 50 m³, Trommel 01 (equipo de paso para tamizado de 1 mm), Trommel 02 (equipo de paso para

tamizado 0.5 mm), tanque de retención con 10 m³, trampa de grasa de 7.5 m³, tanque de neutralización con 10 m³, DAF físico químico de 8 m³ y un tanque de almacenamiento de 80 m³, así como la incorporación de equipos para la recuperación de grasas y obtención de aceite; tanque para espuma de 3.2 m³, tanque de caldo de 0.8 m³, separador de sólidos y centrífuga (equipos de paso). De lo mencionado anteriormente, se concluye que la poza que recepciona todo el efluente industrial en su defecto debe de superar en capacidad a los demás equipo, con el objeto de amortiguar y garantizar un flujo de efluente estable al sistema.

El uso de fichas técnicas para cada equipo del Sistema de Tratamiento de Efluentes Industriales, permitió describir de manera concisa la función que cada uno de ellos desempeña, concluyendo que el efluente industrial debe de someterse como primera etapa a un tratamiento físico para de esta manera poder asegurar la eliminación de sustancias y partículas que puedan perjudicar la etapa del tratamiento químico, de lo contrario el uso de los reactivos químicos sería excesivo y en ocasiones inútil.

Los ensayos químicos de laboratorio y las pruebas realizadas in situ permitieron determinar el grado de concentración de contaminantes de los parámetros cuantificables que presenta el efluente industrial, de los cuales se obtuvieron resultados como: Nivel de 6.9 pH, 28 m³/h de caudal, 22 °C de temperatura, 360 mg/L de aceites y grasas, 1569.2 mg/L de sólidos suspendidos totales, 2213.5 mg/L de demanda bioquímica de oxígeno. Esto significa que la característica del efluente en la empresa Inversiones Estrella de David S.A.C. está por encima de los Límites Máximos Permisibles en los últimos tres parámetros descritos en este párrafo, debido a que el tratamiento físico no está dando los resultados esperados, y por consiguiente se tienen que implementar mejoras para solucionar este aspecto.

La identificación, análisis y eliminación de factores que limiten el funcionamiento del tratamiento físico al efluente industrial es punto primordial para desarrollar mejoras al sistema de tratamiento de efluentes y en consecuencia poder llegar a conseguir correlativos estables de parámetros contaminantes que no se puedan verificar in situ con respecto al tipo de producción que se lleve a cabo en Inversiones Estrella de David S.A.C. De esta manera se encontró que el punto crítico del sistema era la trampa a la cual se le dio una mejora mecánica lográndose un porcentaje promedio de reducción del 38%. Por otro lado la mejora permitió establecer correlativos en función a parámetros contaminantes fáciles de hallar (pH y Sólidos Suspendidos Totales) de acuerdo al tipo de producción, así como la de lograr una dosis uniforme de soda cáustica (depende de la materia prima), coagulante (4 mL) y floculante (8mL).

La determinación de los Límites Máximos Permisibles, luego de aplicar el plan de monitoreo y mejora al sistema de tratamiento de efluentes industriales, se realizó a través de ensayos químicos de laboratorio y pruebas hechas in situ, obteniendo resultados como; nivel de 8.24 pH, 28 m³/h de caudal, 19 °C de temperatura, 37 mg/L de aceites y grasas, 86.8 mg/L de sólidos suspendidos totales, 182.13 mg/L de demanda bioquímica de oxígeno; llegando a la conclusión que la nueva caracterización (parámetros contaminantes) del efluente industrial está dentro de los límites máximos permisibles exigidos de acuerdo a Ley.

El plan de monitoreo y mejora al Sistema de Tratamiento de Efluentes Industriales permitió obtener reducciones del grado de concentración de contaminantes de los parámetros cuantificables de: 90% en el caso de aceites y grasas, 94.5% para sólidos suspendidos totales y 92% para la demanda bioquímica de oxígeno; además de obtener variaciones como en el caso del nivel de pH de 6.94 a 8.24 (pasó de ser un efluente ácido a uno alcalino).

La técnica de recuperación de grasas es una operación netamente física, a la cual se le dio un enfoque mecánico para mejorar la eficiencia de la trampa de grasa, lográndose; en la caballa en salsa de tomate una recuperación de 0.96% de grasa, seguido por la caballa en aceite el cual representa el 0.88% de grasa recuperada, en cuanto al barrilete en aceite se recupera el 0.93% de grasa, de la anchoveta en salsa de tomate se obtiene el 0.56% de grasa y por último la anchoveta en aceite solo se recupera 0.5% de grasa del total de la capacidad del efluente presente en la trampa de grasa (7500 litros). Como se observa, el volumen de recuperación varía de acuerdo al tipo de materia prima, ya que algunas especies poseen más grasa que otras.

Referencias bibliográficas

- Abejón, P. (2005). *Sistema de evacuación, filtrado, transporte y depuración de efluentes*. Coruña.
- ANA, Autoridad Nacional del Agua. (2009). *Ley 29338 - Ley de Recursos Hídricos*. Lima, Perú.
- ANA, Autoridad Nacional del Agua. (2010). *Decreto Supremo N° 001 - 2010 - AG - Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos*. Lima, Perú.
- Del Campo, F. (2005). *Microsistemas biológicos en aguas industriales*. Cataluña : s.n., 2005.
- Díaz, C. (2003). *tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*. Morelia. México : edit. Alfaomega.
- MINAM, Ministerio del Ambiente (2008). *Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua*. Lima, Perú.
- MINAM, Ministerio del Ambiente. (2009). *Ley N° 27446 - Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto*. Lima, Perú..
- MINAM, Ministerio del Ambiente. (2009). *Decreto Supremo N° 019-2009-MINAM - Reglamento de la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental*. Lima, Perú.
- MINAM, Ministerio del Ambiente. (2005). *Ley 28611 - Ley General del Ambiente*. Lima, Perú : s.n., 2005.
- OEFA. (2011). Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. 2011. *Tratamiento de efluentes*. Lima, Perú.
- Paz, E. (2010). *Planta de tratamiento de efluentes en San Juan de Miraflores*. Lima : Grupo Editorial PEISA.
- PRODUCE, R.M N° 293-2013 (2013). *Proyecto de Protocolo de Monitoreo de efluentes y Cuerpo Hídrico Receptor*. Lima, Peru.
- PRODUCE, Ministerio de la Producción (2013). *Resolución Ministerial 293 - 2013 - PRODUCE - Protocolo de Monitoreo de Efluentes y Cuerpo Hídrico Receptor*. Lima, Perú.
- PRODUCE, Ministerio de la Producción (2008). *Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE, aprueba los Límites Máximos Permisibles (LMP) para la Industria de Harina y Aceite de Pescado y Normas Complementarias*. Lima, Perú.
- PRODUCE, Ministerio de la Producción (1992). *Ley N° 25977 - Ley General de Pesca*. Lima, Perú.
- Ramírez, F. (2005). *Tratamiento de Desinfección del Agua Potable*. Canaleduca.
- Rodríguez, A. (2010). *Tratamiento avanzados de efluentes industriales*. Madrid, España.
- Soto, M. (1990). *Efluentes residuales en la industria de procesado de productos marinos*. Málaga, España : Editorial Vertice.
- Soto, M. (2005). *Tratamiento combinado de aguas residuales en digestores anaerobios y humedales de alta carga*. Galicia.
- Solana, M. (2000). *Diseño de un sistema de tratamiento de efluentes en una industria de conservas de pescado*. Madrid, España : PR Ediciones.
- SUNASS, Superintendencia Nacional de Saneamiento (2013). http://www.sunass.gob.pe/doc/supervision/diagnostico/diagnostico_situacional_aguas_eps.pdf
- Tezén, P. (1998). *Sistema de tratamiento del agua de bombeo de la descarga de pescado y sanguaza en la empresa pesquera Conservera Garrido S.A. Piura*.
- PRODUCE, Ministerio de la Producción. (2001) *Decreto Supremo N° 012-2001-PE. Reglamento de la Ley General de Pesca*. Lima, Perú.