

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
ESCUELA DE POSGRADO
Programa de Maestría en Gestión Ambiental



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

**“Huella hídrica del proceso de harina de pescado y su
impacto ambiental de una planta industrial pesquera de
Chimbote - Perú, en el año 2021”**

**Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias en
Gestión Ambiental**

Autor:

Bach. Becerra Barrantes, Juan Carlos

Asesor:

Dr. Domínguez Castañeda, Jorge Marino

DNI: 32975182

Código ORCID: 0000-0003-0488-5726

Nuevo Chimbote - PERÚ
2023



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE LA TESIS

Yo, **Jorge Marino Domínguez Castañeda**, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis de Maestría titulada: **Huella hídrica del proceso de harina de pescado y su impacto ambiental de una planta industrial pesquera de Chimbote – Perú, en el año 2021**, elaborada por el bachiller **Juan Carlos Becerra Barrantes**, para obtener el Grado Académico de Maestro en **Ciencias en Gestión Ambiental** en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, 26 de mayo del 2023

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jorge Marino Domínguez Castañeda', is written over a horizontal dotted line.

Dr. Domínguez Castañeda, Jorge Marino
Asesor

Código ORCID: 0000-0003-0488-5726
DNI N° 32975182



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

“Huella hídrica del proceso de harina de pescado y su impacto ambiental de una planta industrial pesquera de Chimbote – Perú, en el año 2021”

**Tesis para optar el grado de Maestro en
Ciencias en Gestión Ambiental**

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

Dr. Torres Cabrera, Luis Fernando
Presidente

Código ORCID: 0000-0003-4662-5412
DNI N°26690133

MSc. Villarreal Olaya, Juan Hilarión
Secretario

Código ORCID: 0000-0002-8931-6540
DNI N° 18041504

Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda
Vocal

Código ORCID: 0000-0003-0488-5726
DNI N° 32975182



UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

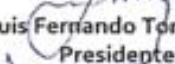
A los diecinueve días del mes de mayo del año 2023, siendo las 9:00 horas, en el aula multimedia N° 01 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, designados mediante Resolución Directoral N° 009-2023-EPG-UNS de fecha 09 de enero de 2023, conformado por los docentes: Dr. Luis Fernando Torres Cabrera (Presidente), M.Sc. Juan Hilarión Villarreal Olaya (Secretario) y Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda (Vocal), con la finalidad de evaluar la tesis titulada: **HUELLA HÍDRICA DEL PROCESO DE HARINA DE PESCADO Y SU IMPACTO AMBIENTAL DE UNA PLANTA INDUSTRIAL PESQUERA DE CHIMBOTE - PERÚ, EN EL AÑO 2021**; presentado por el tesista Juan Carlos Becerra Barrantes, egresado del programa de Maestría en Gestión Ambiental.


Sustentación autorizada mediante Resolución Directoral N° 091-2023-EPG-UNS de fecha 17 de mayo de 2023.


El presidente del jurado autorizó el inicio del acto académico; producido y concluido el acto de sustentación de tesis, los miembros del jurado procedieron a la evaluación respectiva, haciendo una serie de preguntas y recomendaciones a la tesista, quien dio respuestas a las interrogantes y observaciones.

El jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como APROBADO, asignándole la calificación de 19.

Siendo las 10:30 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando la presente acta en señal de conformidad.


Dr. Luis Fernando Torres Cabrera
Presidente


MSc. Juan Hilarión Villarreal Olaya
Secretario


Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda
Vocal

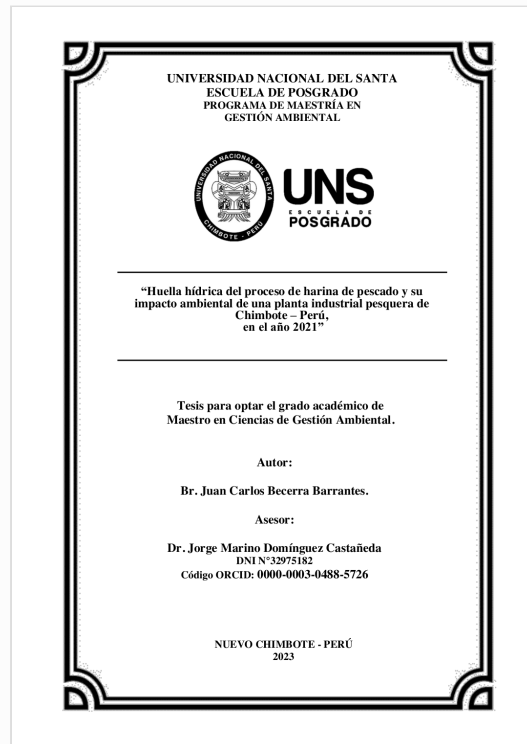


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Juan Carlos Becerra Barrantes
Título del ejercicio: PRIMER ENTREGABLE
Título de la entrega: "Huella hídrica del proceso de harina de pescado y su impac...
Nombre del archivo: Informe_Tesis_Huella_H_drica_Pesquera_vf_5.doc
Tamaño del archivo: 8.9M
Total páginas: 78
Total de palabras: 15,466
Total de caracteres: 81,182
Fecha de entrega: 26-may.-2023 04:42p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2102750068



DEDICATORIA

A mis padres Martín Becerra y Leonor Barrantes por brindarme las herramientas necesarias para poder enfrentar los retos que nos pone la vida.

A mis hijos Diego Zamir y Anahi Yatziri, quienes son los más preciados que tengo en la vida e impulso para seguir adelante siempre.

A mi esposa Soraida, mi compañera con quien seguimos siempre adelante juntos.

AGRADECIMIENTO

A los líderes de TASA-CHIMBOTE por depositar su confianza en mi persona e impulsar mi crecimiento personal y profesional dentro de la organización.

A Jorge Domínguez, por aceptar en emplear parte de su tiempo para asesorarme en este proyecto y brindarme su amistad y confianza requerida durante el desarrollo.

A Fany Carranza, por brindarme su apoyo, confianza y motivación para la culminación del presente proyecto.

INDICE GENERAL

Constancia de asesoramiento de la tesis.....	iii
Conformidad del jurado evaluador.....	iv
Acta de evaluación de sustentación de tesis.....	v
Recibo de turnitin.....	vi
Dedicatoria.....	vii
Agradecimiento.....	viii
Índice general.....	ix
Índice de cuadros.....	xi
Índice de figuras.....	xii
Índice de anexos.....	xiii
Resumen.....	ix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1 Planteamiento y fundamentación del problema de investigación.....	2
1.2 Antecedentes de la investigación	2
1.3 Formulación del problema.....	4
1.4 Delimitación del estudio.....	4
1.5 Justificación e importancia de la investigación	4
1.6 Objetivos de la investigación.....	5
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Fundamentos teóricos de la investigación.....	7
2.1.1 Proceso de elaboración de Harina de pescado	7
2.1.2 Huella hídrica.....	8
2.1.3 Aplicaciones de la huella hídrica	9
2.1.4 Cálculo de huella hídrica según norma ISO 14046.....	9
2.1.5 Balance de agua.....	10
2.1.6 Identificación de componentes ambientales.....	10
2.1.7 Evaluación de Impactos Ambientales.....	11
2.1.8 Método de Sorensen: Diagrama de Causa-Efecto.....	11
2.1.9 Matriz de identificación de aspectos y valoración de impactos ambientales.....	11
2.1.10 Desarrollo normativo referido al manejo de las aguas en el Perú.....	12
2.2 Marco conceptual.....	12
2.2.1 Huella hídrica.....	12
2.2.2 Uso consuntivo del agua.....	12
2.2.3 Uso no consuntivo del agua.....	12
2.2.4 Certificado Azul 19.....	13
2.2.5 Balance de agua.....	13
2.2.6 Impacto hídrico.....	13
2.2.7 Norma ISO 14046.....	13
2.2.8 Evaluación de la huella de agua.....	13
2.2.9 Análisis de ciclo de vida.....	13
2.2.10 Análisis del inventario de la huella de agua.....	13
2.2.11 Límite del sistema.....	13

2.2.12 Escasez de agua.....	13
2.2.13 Volumen de producción.....	14
2.2.14 Generación de vapor.....	14
2.2.15 Cocción.....	14
2.2.16 Secado.....	14
CAPÍTULO III.....	15
MARCO METODOLÓGICO.....	15
3.1 Hipótesis central de la investigación.....	15
3.2 Variables e indicadores de la investigación.....	15
3.3 Diseño o esquema de la investigación.....	15
3.4 Población y muestra.....	15
3.5 Actividades del proceso investigativo.....	16
3.6 Técnicas e instrumentos de la investigación.....	24
3.7 Procedimiento para la recolección de datos.....	24
3.8 Técnicas de procesamiento y análisis de los datos.....	24
CAPÍTULO IV.....	25
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	25
CAPÍTULO V.....	52
CONCLUSIONES.....	52
RECOMENDACIONES.....	52
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXO I:.....	57
ANEXO II:.....	59
ANEXO III:.....	62

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Operacionalización de variables.....	15
Cuadro 2: Formulación de criterios de impactos ambientales.....	22
Cuadro 3: Criterios de valoración de impactos ambientales.....	23
Cuadro 4: Cuadro de calificación de impactos ambientales.....	24
Cuadro 5: Consolidado de materia prima, harina, agua e insumos 2021.....	34
Cuadro 6: Huella hídrica de la operación de cocción.....	36
Cuadro 7: Huella hídrica operación de secado con rotadisk.....	37
Cuadro 8: Huella hídrica de la operación de secado con rotatubo.....	38
Cuadro 9: Huella hídrica de las operaciones que consumen agua en forma de vapor.....	38
Cuadro 10: Huella hídrica de las operaciones que consumen agua.....	40
Cuadro 11: Consolidado de harina producida y agua utilizada.....	41
Cuadro 12: Volumen de agua consumida de manera indirecta.....	45
Cuadro 13: Proceso de Base de Datos (Ecoinvent v3.4)	45
Cuadro 14: Consumo de agua directa e indirecta industria pesquera 2021.....	47
Cuadro 15: Aspectos ambientales generados relacionados con el uso del agua.....	48
Cuadro 16: Check list para evaluación del desempeño ambiental de la industria.....	49
Cuadro 17: Valoración de impactos ambientales por el uso de agua en el proceso de harina de pescado.....	50

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama del proceso de elaboración de harina de pescado.....	8
Figura 2: Diagrama de entradas y salidas para un balance de agua.....	10
Figura 3: Metodología del cálculo de vapor de agua en el proceso de harina de pescado.....	16
Figura 4: Metodología de cálculo de la huella hídrica acorde a la norma ISO 14046.....	20
Figura 5: Descarga de materia prima.....	25
Figura 6: Recepción de materia prima.....	26
Figura 7: Almacenamiento de materia prima.....	26
Figura 8: Diagrama de flujo de proceso de harina de pescado.....	29
Figura 9: Diagrama de distribución de agua.....	30
Figura 10: Calderas pirotubulares.....	31
Figura 11: Cocinas a vapor.....	31
Figura 12: Secadores rotadisk a vapor.....	32
Figura 13: Secadores rotatubo a vapor.....	32
Figura 14: Balance masa proceso de harina de pescado.....	35
Figura 15: Evaluación de huella hídrica pesquera.....	41
Figura 16: Distribución del consumo de agua según fuente de uso.....	43
Figura 17: Indicador de consumo de agua por TM harina.....	43
Figura 18: Consumo de agua y huella hídrica por trimestre 2021.....	44
Figura 19: Balance de agua.....	44
Figura 20: Distribución del consumo de agua indirecta.....	46
Figura 21: Distribución del uso de agua según etapa del ciclo de vida.....	47

INDICE DE ANEXOS

Anexo I:

Memoria de Cálculo para la evaluación de la huella hídrica en la etapa de cocción.....56

Anexo II:

Memoria de Cálculo para la evaluación de la huella hídrica en la etapa de secado con rotadisk.....58

Anexo III:

Memoria de Cálculo para la evaluación de la huella hídrica en la etapa de secado con rotatubo.....61

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la huella hídrica en el proceso de harina pescado en una planta industrial de la ciudad de Chimbote y su impacto ambiental relacionado al recurso hídrico en el año 2021. Se cuantificaron los volúmenes de agua consumidos, volúmenes de harina producida, insumos inmersos en el proceso y los indicadores relacionados al consumo de agua (m^3 de agua/TM harina), mediante cálculo de balances en operaciones que usaron agua y el manual de aplicación de evaluación de huella hídrica acorde a la norma ISO 14046 y el impacto ambiental fue determinado a través del Método Sorensen y la Matriz de identificación y valoración de impactos. De los resultados, se observó que las operaciones en cocina, rotadisk y rotatubo consumieron el 35% del agua de todo el proceso; la huella hídrica directa que presentó el establecimiento industrial pesquero durante el año 2021 fue de 103491m^3 de agua e indirecta de $315,651.33\text{ m}^3$ de agua, de este el 59.18%, correspondió al consumo indirecto para las operaciones que hacen uso de electricidad y combustibles, el 32.79% al consumo directo y el 8.03% a la cadena de suministros. Los indicadores de huella hídrica del proceso de harina de pescado reflejaron $1.51\text{ m}^3\text{agua/TM}$ harina; las operaciones que consumen vapor 532 litros de agua/TM harina, la limpieza de equipos 384 litros de agua/TM harina, la preparación de soluciones químicas 334 litros de agua/TM harina, el despacho de agua a embarcaciones 261 litros de agua/TM harina y el saneamiento básico 45 litros de agua/TM harina. Del proceso se identificaron impactos ambientales positivos como: generación de empleo con un valor de 19.10 y negativos como: alteración de la calidad del agua, agotamiento del recurso hídrico, disminución de la flora del entorno, disminución del recurso hidrobiológico, conflictos sociales, llegando a un valor promedio de 7.69, tipificado como un impacto ambiental negativo no significativo leve.

Palabras clave: Huella hídrica, harina de pescado, impacto ambiental.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the water footprint in the fishmeal process in an industrial plant in the city of Chimbote and its environmental impact related to water resources in the year 2021. The volumes of water consumed, volumes of flour produced, inputs immersed in the process and indicators related to water consumption (m³ of water/MT flour), by calculating balances in operations that used water and the water footprint evaluation application manual according to the ISO 14046 standard and the The environmental impact was determined through the Sorensen Method and the Impact Identification and Assessment Matrix. From the results, it was observed that the operations in the kitchen, rotadisk and rotatubo consumed 35% of the water of the entire process; The direct water footprint presented by the industrial fishing establishment during the year 2021 was 103,491 m³ of water and indirectly 315,651.33 m³ of water, of which 59.18% corresponded to indirect consumption for operations that use electricity and fuels, 32.79 % to direct consumption and 8.03% to the supply chain. The water footprint indicators of the fishmeal process reflected 1.51 m³water/MTmeal; operations that consume steam 532 liters of water/MT flour, cleaning equipment 384 liters of water/MT flour, preparing chemical solutions 334 liters of water/MT flour, dispatching water to boats 261 liters of water/MT flour and basic sanitation 45 liters of water/MT flour. From the process, positive environmental impacts were identified such as: employment generation with a value of 19.10 and negative ones such as: alteration of water quality, depletion of water resources, decrease in surrounding flora, decrease in hydrobiological resources, social conflicts, reaching an average value of 7.69, classified as a slight insignificant negative environmental impact.

Keywords: Water footprint, fishmeal, environmental impact.

INTRODUCCIÓN

El consumo frecuente de agua dulce por actividades humanas conlleva a la pérdida de su disponibilidad, debido a que esta agua ya no retorna hacia la cuenca de donde fue extraída, por otro lado, parte de esta agua es vertida con un grado de contaminación que altera la calidad de los cuerpos naturales receptores.

El indicador de la huella hídrica es una herramienta importante, relaciona al consumo y al impacto ambiental vinculado con la contaminación del agua, su gestión debe conllevar a desarrollar estrategias de mitigación (ISO 14046, 2014).

La pesca es una de las actividades primarias más importantes en el país, hoy en día se observa grandes avances en el sector, debido al creciente desarrollo de innovación tecnológica en sus operaciones, la distribución de la pesca y los volúmenes de desembarques han denominado a Chimbote como primer puerto pesquero del Perú (Jennifer, 2016).

EL proceso de harina de pescado usa una gran cantidad de volúmenes de agua, entre las operaciones de mayor consumo tenemos: El transporte de la materia prima desde la embarcación hasta la planta de proceso, generación de vapor para las operaciones de cocción y secado, preparación de productos químicos, limpieza de equipos, saneamiento en otros, es decir, el uso del agua es antes, durante y después del procesamiento y debido a la importancia del agua para la vida, se hace necesario evaluar la huella hídrica de proceso y su impacto causado por el uso.

Los datos obtenidos sirven como línea base para determinar cómo impacta una planta de harina de pescado, relacionado al uso del recurso hídrico, con el fin de establecer criterios en cuanto a su gestión frente a la escasez.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento y fundamentación del problema de investigación

El término de industria pesquera hace referencia a la industria que extrae la anchoveta (*Engraulis ringens*) para utilizarlo como insumo de la elaboración de harina. En el Perú comúnmente se procesa en dos (02) temporadas: mayo-junio-julio y noviembre-diciembre-enero (Chu, 2016).

Según FAO (2018), el Perú mantiene su liderazgo con más de 950 000 toneladas exportadas de harina de pescado durante los tres primeros trimestres de ese año. Esa cantidad fue similar a las exportaciones de 2017, pero más del 70% del mismo período del 2016.

Rios (2014), estudió el caso de una industria pesquera de elaboración de harina y aceite de pescado precisando que las etapas de cocción, secado y evaporación consumen cerca del 70.5% del vapor generado por los calderos, de estos, además señala que las pérdidas de vapores conllevan a tener un gasto adicional en los costos de producción debido al incremento en el consumo de agua en la reposición y sal para tratamiento.

La evaluación del impacto ambiental relacionado con el recurso hídrico permite observar cual es el impacto en el medio ambiente de manera general por el uso del recurso natural agua, asimismo, la evaluación de impacto ambiental se convierte en una herramienta jurídica que sirve como guía para el cumplimiento en orden medioambiental del recurso natural (EMBI, 1994).

Tolón et al. (2013) mencionan que, a partir de la evaluación ambiental, surgen impactos relacionados a la escasez, contaminación del agua y la evaluación del impacto ambiental de la huella hídrica de un producto, servicio o consumidor, se realiza sumando todas las huellas hídricas de las actividades realizadas, relacionándolas con los recursos disponibles de agua y su capacidad de asimilación.

La compañía internacional francesa Veolia (2011) desarrolló un indicador para medir el índice de impacto hídrico, este indicador evalúa el impacto por el uso del agua agrupando temas de consumo, calidad (extraída y descargada) y grado de escasez.

1.2 Antecedentes de la investigación

Según Aljovín (2020) en su exposición La Gestión del Agua en la Industria Pesquera del primer panel, el agua en las actividades primarias del primer encuentro virtual Aguas Todas,

sostiene que la demanda de uso de agua de mar de la industria pesquera asciende a 96 millones (86% Agua Barométrica y 14% Agua de Bombeo) de m³ al año. Asimismo, señala que el consumo de agua dulce asciende a 1.7 millones de m³ al año (65% Limpieza de plantas, 32% Generación de vapor en calderas y 3% Uso doméstico en comedores, cocina y servicios higiénicos).

Tarazona & Portilla (2016) en el cálculo realizado para el uso de vapor en la etapa de cocción en el proceso de harina de pescado para una capacidad de procesamiento de 60 ton/h, sostiene que existe un consumo de 7 909.9 kg de vapor/h, equivalente a 7.9099 m³ de agua por hora en la caldera.

Tarazona & Portilla (2016) en el cálculo realizado para el uso de vapor en la etapa de secado en el proceso de harina de pescado para una capacidad de procesamiento de 60 ton/h, sostiene que existe un consumo de 14 511 Kg/h, equivalente a 14. 511 m³ de agua por hora en la caldera.

Sotelo (2015) concluye en su estudio Cuestiones de Escala en el Ámbito de la Huella Hídrica, que el país de España presenta una huella hídrica superior a 100 000 Hm³/año, valores menores a los países como Brasil con valores aproximados a 400 000 Hm³/año y México con valores aproximados a 200 000 Hm³/año.

Desde la década del año 1980, se estima que aproximadamente cada año hay un incremento en un 1% en el consumo del agua, esto debido al incremento del consumo de agua en los países en desarrollo y economías emergente, en parte, la agricultura que incluye a la ganadería y acuicultura representan el 69% del consumo de agua de manera global, mientras que la industria y la población representan el 19% y 12% respectivamente (WWAP, 2019).

Por iniciativas de la autoridad del agua, en el 2012, gestionaron la determinación de la huella hídrica para el cultivo de arroz en tres departamentos de mayor producción de este cultivo como es el caso de San Martín, Lambayeque y Piura, los valores resultantes de tal estudio muestran como huella hídrica total promedio de 6496,04 m³ de agua para producir 1.0 TM de arroz (Rendon, 2015).

Reyes et al. (2015) en un estudio de huella hídrica realizado en la fábrica Donofrio, muestran como resultados el uso directo de 4.09 litros de agua para producir un helado (35 g) Donito de lúcuma y vainilla, asimismo, hace mención que la cadena de suministros es la que genera mayor consumo de agua en el proceso.

Flores (2018) concluye en el estudio de la huella hídrica para el proceso productivo de cola industrial, el consumo directo de 152.29m³ de agua para la producción mensual de 1 500kg de láminas de colágeno; de los cuales 2.80m³ son evaporados en la operación unitaria de cocinado, el producto final dada su naturaleza no contiene agua, por ende, son vertidos 149.49m³ de agua como efluente industrial mensualmente al sistema de alcantarillado sin cumplir los límites máximos permisibles.

Cerpa (2018) estudió la huella hídrica para el cultivo de cebolla en el distrito de Mariscal Cáceres, llegando a la conclusión sobre el uso de 108.8 m³ de agua para producir 1.0 TM de cebolla, además muestra valores de la eficiencia en el riego por goteo, el cual representa un consumo de 4752 m³ de agua para 1.0 Ha de cultivo frente al riego convencional que demanda de 12712 m³ de agua para irrigar la misma área.

Rojas (2019) sostiene en su estudio del cálculo de la huella hídrica para la producción de palta realizado en la ciudad de Chepén – Trujillo un uso de 416.84 m³ de agua para la producción de 1.0 TM de palta.

Larios et al. (2015), sostienen que la presencia de arsénico en el agua es uno de los impactos relacionados a mineras en algunos de los ríos con valores superiores a los 10 µg/l valor fijado como máximo por la organización de las Naciones Unidas.

1.3 Formulación del problema

¿Cuál es la huella hídrica del proceso de harina de pescado de una planta industrial pesquera de Chimbote – Perú, en el año 2021 y en qué medida la genera impacto ambiental?

1.4 Delimitación del estudio

El desarrollo del presente trabajo de investigación se realizó en una empresa ubicada en la zona industrial 27 de octubre de la ciudad de Chimbote, durante el periodo productivo del año 2021.

1.5 Justificación e importancia de la investigación

El estudio se desarrolló debido a que en la base de datos del área de operaciones del establecimiento industria pesquero, se observó que en los (02) dos últimos años hubo una disminución del 9.0 % de la fuente principal de abastecimiento de agua (pozo), incrementando el consumo de agua de cisternas, lo que hace inminente el déficit de agua del agua de pozo y por ende el incremento en los costos de procesamiento. Asimismo,

puede ser aplicado como una herramienta de gestión para contar con indicadores relacionados al consumo de agua con el fin de lograr una mejor eficiencia en su uso por parte de la empresa pesquera y así garantizar la sostenibilidad del recurso y de la industria de harina de pescado que se ubiquen en zonas donde se presenta escasez de agua.

Justificación Social: Con el estudio se pretende crear conciencia en toda la población de la empresa pesquera estudiada sobre el uso responsable del agua en todas las etapas del proceso, así como también en las demás empresas pesqueras y la sociedad en general ya que acorde con los reportes obtenidos se ha observado déficit de agua en fuentes que abastecen a población y la industria.

Justificación Ambiental: Se contribuye con el cálculo indicadores relacionados al consumo de agua, para que sirva como una herramienta de gestión ambiental para la organización, esto con el fin de asegurar la sostenibilidad del recurso, lo cual beneficiará a todo el sector pesquero y población en general.

Justificación Económica: El establecimiento industrial pesquero, al contar con indicadores, puede fijarse metas, que llevará a contar con planes de acción para la reducción del consumo de agua consumida por cada tonelada de harina producida, esto logrará mayor eficiencia y por ende aminorar sus costos operativos por el uso del agua.

1.6 Objetivos de la investigación.

1.6.1 Objetivo general

Evaluar la huella hídrica del proceso de elaboración de harina de pescado en una industria pesquera de Chimbote y su impacto ambiental en el año 2021.

1.6.2 Objetivos específicos

- Determinar las operaciones del proceso de elaboración de harina de pescado que tienen mayor relevancia con la huella hídrica a través del consumo de agua.
- Cuantificar mediante balance hídrico, el consumo de agua en el proceso de elaboración de harina de pescado.
- Determinar la huella hídrica directa del proceso de elaboración de harina de pescado, mediante balance hídrico.
- Determinar la huella hídrica directa e indirecta del proceso de elaboración de harina de pescado mediante el manual de aplicación del cálculo de la huella hídrica acorde a la norma ISO 14046.

- Evaluar el impacto ambiental con relación a la huella hídrica del proceso de elaboración de harina de pescado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentos teóricos de la investigación.

2.1.1 Proceso de elaboración de Harina de pescado

La harina de pescado es un producto que se obtiene teniendo como materia prima a la anchoveta (*Engraulis ringens*), única especie autorizada por la normatividad peruana. El proceso consiste en concentrar a la proteína contenida en la anchoveta, retirando gran parte del agua y grasas, luego es secada para estabilizarla, enfriada y molida a una granulometría de harina (SNP, 2018).

1. **Recepción y pesaje:** El pescado luego de ser bombeado desde la embarcación hacia la planta de procesamiento, haciendo uso de agua de mar, es separado por medio de filtros desaguadores y conducido hacia las tolvas de pesaje para su registro respectivo y almacenarlo acorde a los tiempos de captura en pozas para su posterior procesamiento (Honores & Casique, 2016).
2. **Cocción:** Consiste en someter al pescado (anchoveta) a temperaturas de 95-100 °C haciendo uso de vapor indirecto o directo, esto con el fin de deshidratar el pescado, coagular la proteína y liberar los lípidos para facilitar las etapas posteriores (Tarazona & Portilla, 2016).
3. **Prensado:** Consiste en someter al pescado a una operación mecánica a través de una prensa de doble tornillo, esto con el fin de separar la parte líquida (licor de prensa) rica en agua y lípidos de la parte sólida (keke de prensa) con un contenido menor de agua y lípidos (Tarazona & Portilla, 2016).
4. **Separación de sólidos:** Consiste en separar a través de centrifugación los sólidos insolubles de la fase líquida del prensado (keke de separadora), los sólidos se recuperan y son integrados al proceso de harina de pescado (Tarazona & Portilla, 2016).
5. **Evaporación:** Consiste en eliminar el agua proveniente del proceso de centrifugación (agua de cola) y obtener un concentrado (30-40 °brix) para luego ser agregado al proceso de harina de pescado, este proceso se da a bajas temperaturas de (45 – 85 °C) usando como medio calefactor vahos procedentes de la etapa de secado a vapor (Gómez, 2017).

6. **Centrifugación:** Operación que se da en centrifugas verticales a temperaturas de 95 – 98°C los cuales separan el agua con presencia de sólidos solubles (agua de cola) y aceite (Tarazona & Portilla, 2016).
7. **Secador Rotadisk:** Es la primera etapa del secado por medio de vapor y consiste básicamente en homogenizar la torta integral compuesta por el keke de prensa, keke de separadora y concentrado (Gómez, 2017).
8. **Secador Rotatubos:** Es la segunda etapa de secado y su objetivo es reducir la humedad del keke para evitar niveles de agua que permitan el crecimiento microbiano (Honores & Casique, 2016).
9. **Sistema de molienda:** Consiste en obtener una granulometría adecuada como producto final (Honores & Casique, 2016).
10. **Ensaque:** Etapa donde se realiza el pesado de la harina final a través de balanzas automáticas y envasado en sacos blancos de polipropileno para luego ser almacenado como producto final (Tarazona & Portilla, 2016).

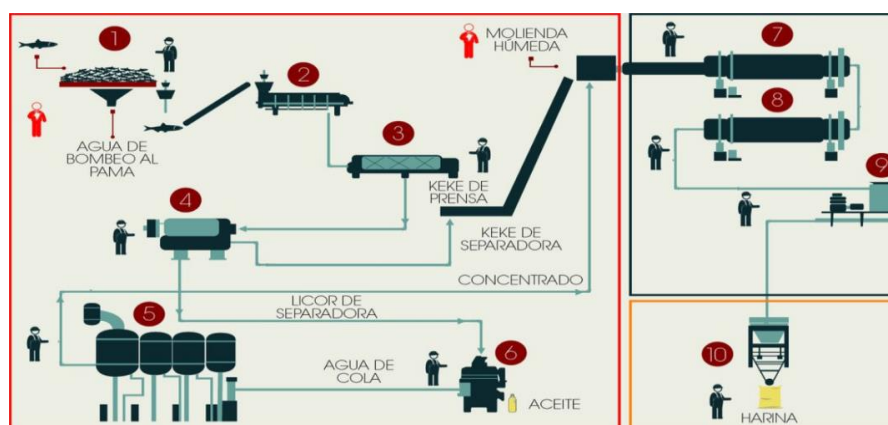


Figura 1

Diagrama del proceso de elaboración de harina de pescado

Fuente: <https://www.snp.org.pe/harina-de-pescado/>

2.1.2 Huella hídrica.

La Huella Hídrica es una herramienta de gestión para la sostenibilidad del recurso hídrico, lo que busca no solo es determinar la cantidad de agua utilizada por un individuo dentro de un contexto organizacional, sino también los volúmenes y manejos de agua virtual presente en los artículos bienes o servicios a través de importaciones u exportaciones. También se encarga de evaluar los impactos asociados en términos de contaminación y los volúmenes que serán necesarios para

diluir la concentración de contaminantes antes de llegar a los cuerpos naturales para no alterar su composición (Tolón, Lastra & Fernández, 2011)

Los primeros estudios sobre huella hídrica se centraron en ilustrar los flujos de agua entre países a través del comercio de productos industriales y agrícolas. Estos estudios fueron útiles para ilustrar los flujos virtuales de agua hacia dentro y fuera de los países con el fin de comprender los requisitos directos y de suministro de agua necesarios para mantener el consumo de un país (Pérez & WWF Perú, 2013).

2.1.3 Aplicaciones de la huella hídrica

Rendón (2015), economista de la universidad nacional agraria la Molina resalta la importancia del estudio de la huella hídrica y que inclusive debe ser considerado dentro de la gestión como un recurso natural, el analizar las fuentes desde las cuencas y los volúmenes consumidos también deben ser considerados dentro del contexto económico del país en términos de ecoeficiencia, también una de las aplicaciones es considerarlo como un indicador de desarrollo sustentable que debe conllevar a los entes estatales, privados y consumidores a la toma de decisiones que permitan un mejor manejo y gestión del recurso hídrico.

El estudio de la huella hídrica ha permitido en la actualidad evaluar la disponibilidad del recurso hídrico por parte de científicos, entes políticos y empresarios, los estudios han permitido también desarrollar estrategias de minimizar el consumo de agua, buscando mejorar la productividad y eficiencia para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico. (Tolón, Bolívar & Fernández, 2011)

La Autoridad Nacional del Agua mediante Resolución Jefatural 104-2018-ANA, promueve la medición y reducción voluntaria de la Huella Hídrica, bajo esta normativa varias empresas han desarrollado el cálculo de la huella hídrica de sus operaciones con el fin de desarrollar un proyecto de reducción, como incentivo reciben el certificado azul que lo certifica como empresa responsable con la gestión del recurso hídrico, por lo que la huella hídrica también es usada como parte de la estrategia de sostenibilidad y responsabilidad ambiental de la empresa.

2.1.4 Cálculo de huella hídrica según norma ISO 14046.

Papi et al. (2017) sostienen que la norma ISO 14046 aprobada en julio de 2014, aplica una metodología para el cálculo de la huella hídrica basado en el análisis de ciclo de vida de un producto, servicio u organización, es decir, considera desde el uso de materia prima, procesamiento, distribución, consumo hasta su disposición

final, en su estudio se considera el uso del agua de manera directa e indirecta. El estudio de la huella hídrica no solo se limita a calcular los volúmenes del uso del agua y agua contaminada, sino que debe existir un análisis de impactos relacionados con el recurso hídrico, por lo que la evaluación debe contener un objetivo y alcance, análisis de inventario y evaluación de impactos además que en cada etapa se debe ir evaluando los resultados de acorde a los objetivos para la continuidad del proceso.

2.1.5 Balance de agua.

El balance del agua es la medición y comparación de los volúmenes de agua que ingresan a un sistema o proceso y los que salen del él, sumando a las salidas lo que se ahorra o acumula en el sistema en un tiempo determinado. En un balance de agua, deben estar bien identificados los ingresos y salidas con el fin de poder identificar de donde provienen los volúmenes totales de agua y en que se ha sido utilizado el volumen total de agua. (Bourguet, 2003).

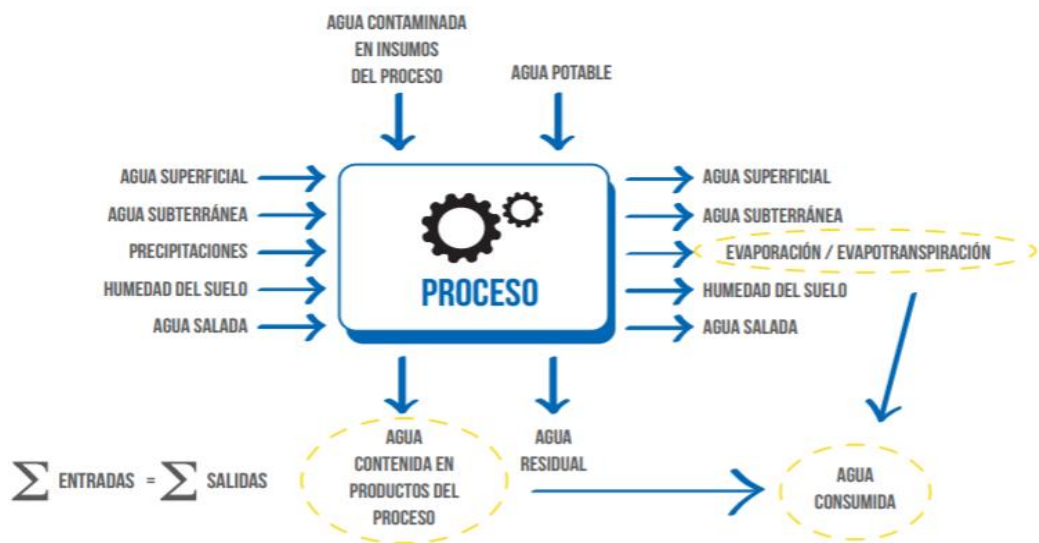


Figura 2.

Diagrama de entradas y salidas para un balance de agua

Fuente: Manual de la norma ISO 14046, 2014

2.1.6 Identificación de componentes ambientales.

Según los lineamientos para la formulación y evaluación de las actualizaciones de estudios de impacto ambiental semidetallado en la actividad de producción industrial pesquera para consumo humano indirecto aprobado mediante Resolución Directoral N° 039-2016-PRODUCE/DGCHI, menciona que la identificación de los

impactos ambientales, se efectúa en base a la interrelación de los aspectos ambientales de la planta, con los componentes descritos en la línea Base, mediante la utilización de una matriz causa efecto y evaluar los impactos al:

- Componente físico (aire, agua, aguas residuales para reúso, suelo)
- Componente biológico (ecosistemas terrestres)
- Componente Socioeconómico y cultural (Componente social, componente económico y componente cultural).

2.1.7 Evaluación de Impactos Ambientales.

Según el anexo I de la Resolución Directoral N° 039-2016-PRODUCE/DGCHI, se describen los lineamientos para la formulación y evaluación de las actualizaciones de estudios de impacto ambiental, semidetallado en la actividad de producción industrial pesquera para consumo humano indirecto, donde se indica, que la evaluación del impacto ambiental debe realizarse en base a una metodología de tipo cuantitativo y cualitativo, el mismo, que debe ser presentado en un cuadro en el que se detalle: aspecto ambiental, componente ambiental y medida de mitigación.

2.1.8 Método de Sorensen: Diagrama de Causa-Efecto.

Esta metodología identifica los impactos de manera ilustrativa y con una secuencia, indicando la relación que existe entre acciones y efectos, también se conoce a través de las redes informativas y fue dada a conocer por Sorensen en 1971; mediante esta metodología podremos ordenar de forma resumida todos los aspectos ambientales que tengan un potencial efecto sobre el ambiente; la forma de calificar los impactos es cualitativamente por colores, de acuerdo al nivel de afectación se le otorga el color que indicando si es positivo o negativo.

2.1.9 Matriz modificada de identificación de aspectos y valoración de impactos ambientales.

La Secretaría Distrital del Ambiente de Colombia, en el año 2013, presenta una “herramienta que permite identificar los elementos de una actividad o producto (bien y/o servicio) que realiza la entidad u organismo distrital en diferentes escenarios, relacionadas a la interacción con el ambiente, permitiendo valorar el daño que potencialmente se deriva de dicha actividad o producto y la identificación apropiada del control operacional”.

2.1.10 Desarrollo normativo referido al manejo de las aguas en el Perú.

- El artículo 90 de la Ley N° 28611 menciona que al estado como promotor para un aprovechamiento sostenible del agua por medio de una gestión integral.
- Existe la Ley de los Recursos Hídricos: Ley N° 29338, regula el uso y gestión de los recursos hídricos.
- Mediante Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM se aprueba Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes residuales de origen doméstico.
- Mediante Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, se aprueba Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.
- R.J. 104-2018-ANA, Promueve la gestión del agua a través de proyectos de reducción del uso del recurso hídrico.
- Mediante Decreto Supremo N° 010-2018-MINAM, Aprueban Límites Máximos Permisibles para Efluentes sector pesquero.

2.2 Marco conceptual.

2.2.1 Huella hídrica.

Es el volumen de agua dulce usado para producir los productos, a lo largo de su cadena productiva en un tiempo y espacio definido. Se distinguen tres tipos de agua. El agua verde es el volumen de agua de lluvia evaporada, el agua azul es el volumen de agua superficial y subterránea evaporada y el agua gris es el volumen de agua contaminada. (Hoekstra, 2009)

2.2.2 Uso consuntivo del agua.

Agua efectiva que se consume durante alguna actividad como agricultura, ganadería, industrial, poblacional, etc (MINAGRI, 2015).

2.2.3 Uso no consuntivo del agua.

Agua que no tiene un consumo efectivo, su consumo se realiza de manera indirecta como por ejemplo en el consumo de energía que es producto del uso del agua por una hidroeléctrica (MINAGRI, 2015).

2.2.4 Certificado Azul 19.

Es el reconocimiento que otorga la Autoridad Nacional del Agua a los usuarios hídricamente responsables que de manera voluntaria participan en el Programa de reducción de la Huella Hídrica (ANA, 2017).

2.2.5 Balance de agua.

Búsqueda del equilibrio del agua ingresada a un sistema con el agua a la salida del sistema sumado a ello la acumulación.

2.2.6 Impacto hídrico.

Indicador que evalúa el impacto por el uso del agua agrupando factores de consumo, contaminación y grado de escasez.

2.2.7 Norma ISO 14046.

Norma Internacional especifica los principios, los requisitos y las directrices relacionados con la evaluación de la huella de agua de productos, procesos y organizaciones basada en el análisis del ciclo de vida (ACV).

2.2.8 Evaluación de la huella de agua.

Cálculo de las entradas y salidas y evaluación de los potenciales impactos ocasionados al agua por un producto, proceso u organización (ISO 14046, 2014).

2.2.9 Análisis de ciclo de vida.

Evaluación de las de las ingresos y salidas de los potenciales impactos ocasionados al agua desde un recurso natural hasta su disposición final (ISO 14044, 2006).

2.2.10 Análisis del inventario de la huella de agua

Recopilación y la cuantificación de entradas y resultados relacionados con el agua para productos, procesos u organizaciones como se indica en la definición del objetivo y el alcance (ISO 14046, 2014).

2.2.11 Límite del sistema

Criterios que indican que operaciones unitarias forman parte de un proceso del producto o de las actividades de una organización (ISO 14044, 2006).

2.2.12 Escasez de agua

Indicador en que la demanda del uso del agua es comparada con el reabastecimiento dentro de un área (ISO 14046, 2014).

2.2.13 Volumen de producción

Consiste en cuantificar la cantidad total obtenida como producto final del procesamiento de harina de pescado en un tiempo determinado.

2.2.14 Generación de vapor

Operación que consiste en el paso del agua líquida consumida al estado vapor, mediante transferencia de calor en un tiempo determinado.

2.2.15 Cocción.

Operación que consiste en someter al pescado a un proceso térmico con vapor (indirecto), a una determinada temperatura en un determinado tiempo.

2.2.16 Secado.

Operación que consiste en reducir el contenido de humedad de la harina de pescado hasta valores estables, haciendo uso de vapor (indirecto) en un tiempo determinado.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO.

3.1 Hipótesis central de la investigación.

La Huella hídrica en la producción de harina de pescado de una planta industrial pesquera de Chimbote – Perú, en el año 2021; es 1.75 m³/TM harina y genera un impacto ambiental negativo moderado hacia su entorno.

3.2 Variables e indicadores de la investigación.

Variable independiente: Huella Hídrica del proceso de harina de pescado

Variable dependiente: Impacto ambiental de la industria pesquera

3.3 Diseño o esquema de la investigación.

Cuadro 1

Operacionalización de variables

Tipo de variable	Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	
			Dimensión	Indicador
Variable independiente	Huella Hídrica	Cantidad de agua necesaria para el proceso de harina de pescado, que puede ser extraída directamente de la fuente natural o de manera indirecta en un periodo determinado.	Volumen Tiempo	m ³ /año-TM harina
Variable dependiente	Impacto ambiental.	Cualquier alteración positiva o negativa en el medio ambiente que nos rodea debido al consumo de agua.	Leve	Importancia < a 24
			Moderado	Importancia 25 a 49
			Alto	Importancia 50 a 74
			Muy alto	Importancia > a 100

3.4 Población y muestra.

3.4.1 Población: La población fue representada por 315813.25 TM de harina de pescado producidas desde el 2016 hasta el 2021, registrada en la base de datos de la empresa.

3.4.2 Muestra: La muestra fue representada por 68514.750 TM de harina de pescado producidas en el año 2021, registrada en la base de datos de la empresa.

3.5 Actividades del proceso investigativo.

Para el presente estudio se verificó las etapas operacionales del proceso de elaboración de harina de pescado guiado por personal del área de operaciones de la empresa, asimismo, se tuvo acceso a los registros de los volúmenes de harina, insumos y agua utilizada para las operaciones.

Para el cálculo de la huella hídrica, se utilizó balances de materia y energía para determinar el consumo del vapor de agua en las principales etapas del proceso del siguiente modo:

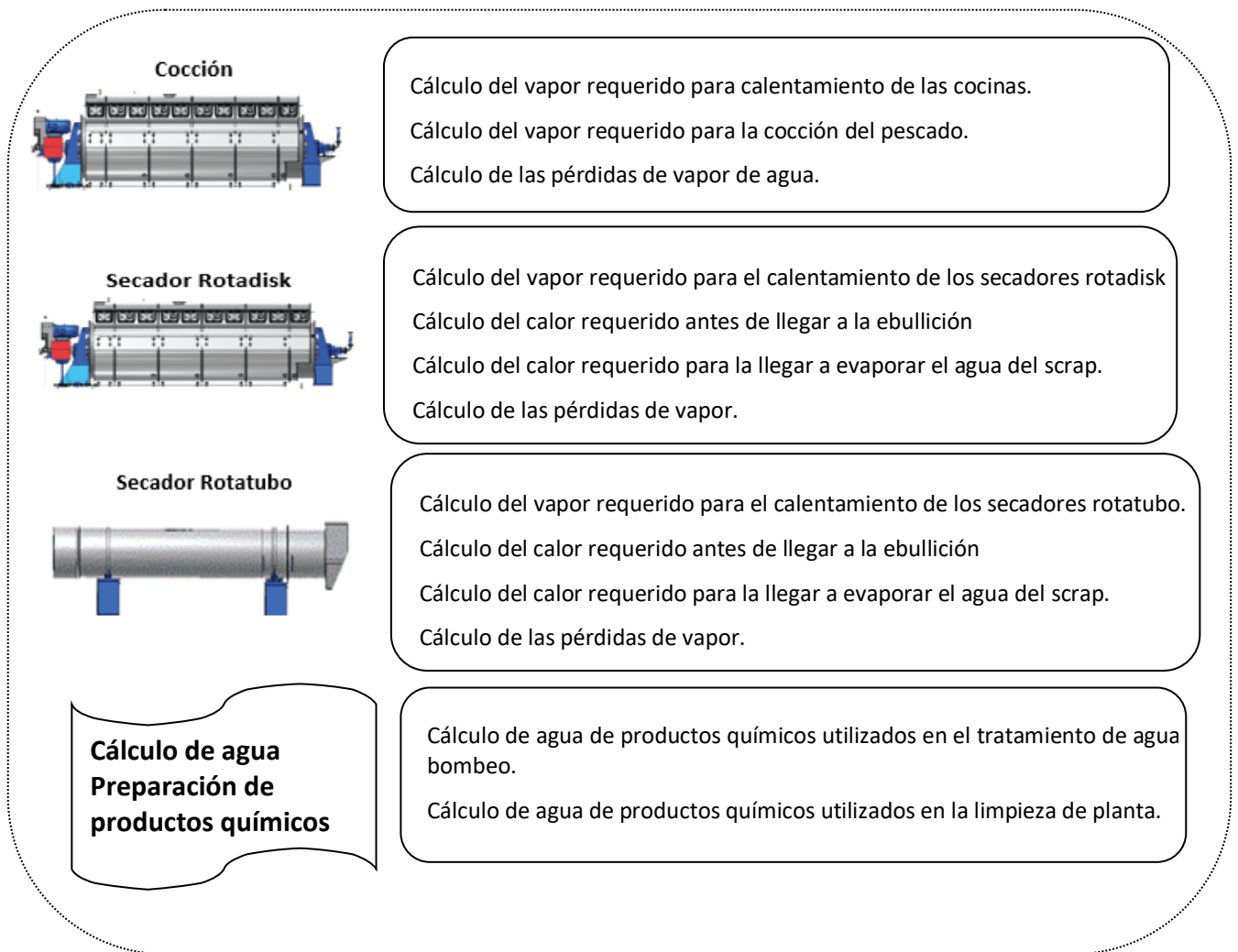


Figura 3

Metodología del cálculo de vapor de agua en el proceso de harina de pescado

Evaluación de la huella hídrica en la etapa de cocción.

La huella hídrica en la etapa de cocción se da por el consumo de vapor de agua para la operación, en este caso, tomamos como referencia los datos consolidados de la Cuadro 5 y el balance de masa descritos en la figura 14, la cantidad de agua es el equivalente a la cantidad de vapor requerido. Para el caso de la cocción se consideró el uso de vapor para calentar los equipos, vapor para la cocción del pescado y pérdidas de vapor por el primer contacto con las tuberías que se encuentran a temperatura ambiente; los cálculos se encuentran en la parte de anexo I del presente documento.

Cálculo del vapor de agua requerido para calentamiento de las cocinas.

$$Q1 = N^{\circ} \text{ días producción} * No \text{ cocinadores} * m \text{ cocinas} * Cp \text{ acero} * (T2-T1)$$

Cálculo del vapor requerido para la cocción del pescado.

$$Q2 = m \text{ pescado} * Cp \text{ pescado} * (Tf-Ti)$$

$$Cp \text{ pescado} = Cp \text{ agua} * \% \text{ agua-pescado} + Cp \text{ sólidos} * \% \text{ sólidos-pescado} + Cp \text{ aceite} * \% \text{ aceite-pescado}$$

Cálculo de las pérdidas de vapor

$$Q3 = U * A * (Tf-Ti)$$

Cálculo del requerimiento total de vapor para la etapa de cocción.

$$Vrt = Vr1 + Vr2 + Vr3$$

Donde:

Q1, Q2 y Q3 = Cantidad de calor requerido

Cp = capacidad calorífica

U = coeficiente global de transferencia de calor

A = Área

Tf= Temperatura final

Ti = Temperatura inicial

Vr = volumen de vapor requerido

3.5.2 Evaluación de la huella hídrica en la etapa de secado con rotadisk.

La huella hídrica en la etapa de secado con rotadisk se da en forma de vapor de agua necesario para la primera fase del secado, en este caso, tomamos como referencia la Cuadro 5 y el balance de masa descritos en la figura 14, aplicando fórmulas detalladas en la parte del anexo II del presente documento

Cálculo del vapor requerido para el calentamiento de los secadores rotadisk.

$$Q1 = N^{\circ} \text{ días producción} * N^{\circ} \text{ secadores} * m \text{ secadores} * Cp \text{ acero} * (Tf-Ti)$$

Cálculo del calor requerido antes de llegar a la ebullición.

$$Q2 = m \text{ t-integral} * Cp \text{ t-integral} * (Tf-Ti)$$

$$Cp \text{ t-integral} = Cp \text{ agua} * \% \text{ agua t-integral} + Cp \text{ sólidos} * \% \text{ sólidos t-integral} + Cp \text{ aceite} * \% \text{ aceite t-integral}.$$

Cálculo del calor requerido para la llegar a evaporar el agua del scrap.

$$Q3 = m \text{ agua-evap} * Cp \text{ agua-evap} * (Tf-Ti) + m \text{ agua-evap} * Cp \text{ evap-agua}$$

Cálculo de las pérdidas de vapor

$$Q4 = U * A * (Tf-Ti)$$

Cálculo del requerimiento total de vapor para la etapa de secado con rotadisk.

$$Vrt = Vr1 + Vr2 + Vr3 + Vr4$$

Donde:

Q1, Q2 y Q3 = Cantidad de calor requerido

Cp = capacidad calorífica

U = coeficiente global de transferencia de calor

A = Área

Tf= Temperatura final

Ti = Temperatura inicial

Vr = volumen de vapor requerido

3.5.3 Evaluación de la huella hídrica en la etapa de secado con rotatubo.

La huella hídrica en la etapa de secado con rotatubos se da en forma de vapor de agua necesario para la segunda fase del secado, en este caso, tomamos como

referencia los datos de la Cuadro 5 y el balance de masa descritos en la figura 14, aplicando fórmulas detalladas en la parte del anexo III del presente documento.

Cálculo del calor requerido para el calentamiento secadores rotatubos.

$$Q1 = N^{\circ} \text{ días producción} * \text{No secadores} * m \text{ secadores} * C_p \text{ acero} * (T_f - T_i)$$

Cálculo del calor requerido antes de llegar a la ebullición.

$$Q2 = m \text{ t-integral} * C_p \text{ t-integral} * (T_f - T_i)$$

$$C_p \text{ t-integral} = C_p \text{ agua} * \% \text{ agua t-integral} + C_p \text{ sólidos} * \% \text{ sólidos t-integral} + C_p \text{ aceite} * \% \text{ aceite t-integral}.$$

Cálculo del calor requerido para la llegar a evaporar el agua del scrap.

$$Q3 = m \text{ agua-evap} * C_p \text{ agua-evap} * (T_f - T_i) + m \text{ agua-evap} * C_p \text{ evap-agua}$$

Cálculo de las pérdidas de vapor

$$Q4 = U * A * (T_f - T_i)$$

Cálculo del requerimiento total de vapor etapa de secado con rotatubos.

$$V_{rt} = V_{r1} + V_{r2} + V_{r3} + V_{r4}$$

Donde:

Q1, Q2 y Q3 = Cantidad de calor requerido

Cp = capacidad calorífica

U = coeficiente global de transferencia de calor

A = Área

Tf= Temperatura final

Ti = Temperatura inicial

Vr = volumen de vapor requerido

3.5.4 Consumo de agua en la preparación de soluciones químicas utilizados en la limpieza de planta.

Cálculo del volumen de agua para preparar Soda Cáustica, @ 5%.

$$\text{Vol. agua} = \text{Kg NaOH} * (\text{Kg agua/Kg NaOH}) * (1 \text{ m}^3/1000 \text{ kg})$$

Cálculo del volumen de agua para preparar Ácido nítrico, @ 5%.

$$\text{Vol. agua} = \text{Kg H}_3\text{PO}_4 * (\text{Kg agua/Kg H}_3\text{PO}_4) * (1 \text{ m}^3/1000 \text{ kg})$$

También se utilizó referencias de La metodología del Manual de Aplicación para la Evaluación de la Huella Hídrica acorde a la norma ISO 14046, tal como se detalla en la figura 4.

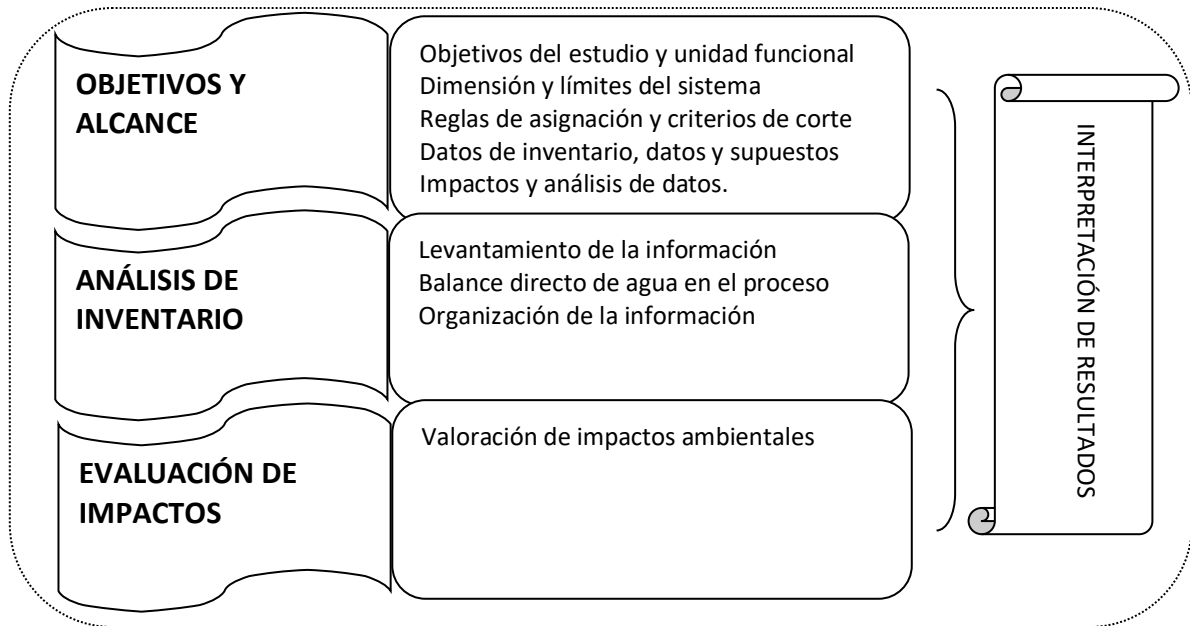


Figura 4

Metodología de cálculo de la huella hídrica acorde a la norma ISO 14046

Fuente: Adaptado de manual de evaluación de la huella hídrica acorde a la norma ISO 14046.

Evaluación de la huella hídrica de acuerdo con la aplicación del manual acorde a la Norma ISO 14046.

Objetivos del estudio.

Para el presente estudio se argumentó como objetivos los descritos en el punto 1.6 del capítulo I del presente documento.

Unidad Funcional.

Se definió como la unidad funcional las toneladas de harina de pescado producidas en el año 2021, descritas en la Cuadro 5.

Dimensión temporal y geográfica.

El periodo temporal del presente estudio comprendió siete (07) meses donde se tuvo producción de harina de pescado en el año 2021, los meses se describen en el Cuadro 5. La empresa pesquera se ubicó en la Zona Industrial 27 de octubre, distrito de Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.

Límites del sistema.

A continuación, se detalla cómo se definió los límites del sistema:

- **Cadena de suministros:** principales insumos que representaron un consumo mayor al 5% del total de insumos utilizados en el proceso de harina de pescado, entre ellos tenemos: Antioxidante, coagulante férix-3, superfloc 130-v, soda cáustica.
- **Electricidad y combustibles:** se consideró el consumo total de energía y combustible durante los meses de producción de harina de pescado, entre ellos tenemos electricidad y petróleo industrial 500.
- **Operación directa de producción de harina de pescado,** operaciones de descarga y recepción de materia prima, almacenamiento, cocción, drenado y prensado, secado, enfriamiento y molienda, ensaque y almacenamiento, además las etapas auxiliares como: operaciones del tratamiento de agua de bombeo, generación de vapor, centrifugación y evaporación y saneamiento básico.

Reglas de asignación.

Debido a que la empresa pesquera solo se dedica a la elaboración de harina de pescado como proceso principal no se ha considerado reglas de asignación para los cálculos directos, sin embargo, para la información indirecta se ha considerado la base de datos Quantis Water Database desarrolladas por desarrollada por Libélula – Gestión del Cambio Climático y Comunicación y A₂G - Sostenibilidad y Cambio Climático.

Evaluación de impactos

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales, se tomó como referencia las metodologías empleadas en el desarrollo de la Modificación del Instrumento de Gestión Ambiental (IGA) de la Planta de Harina y Aceite de Pescado de Alto Contenido Proteínico de 226 t/h, como la evaluación mediante Método Sorensen y la Matriz modificada de identificación de aspectos y valoración de impactos ambientales de la

Secretaría Distrital del Ambiente de Colombia, haciendo uso de las Cuadros 2, 3 y 4 del presente documento.

Cuadro 2

Formulación de criterios de impactos ambientales

Criterios	Formulación
Criterio de Impacto Ambiental (CIA)	$CIA = 3.5 * frecuencia + 3.5 * severidad + 3 * Magnitud$
Criterio Legal (CL)	$CL = Existencia * Cumplimiento$
Criterio de Parte Interesadas (CPI)	$CPI = (Existencia/Acuerdo) * Gestión$
Significancia del impacto (SI)	$SI = 0.5 * CL + 0.35 * CIA + 0.15 * CPI$

Cuadro 3

Criterios de valoración de impactos ambientales

Criterios de Valoración		Significado	Escala de Valor		
Criterios de Impacto Ambiental	Frecuencia	Ocasiones en que se está presentando el impacto en su interacción con el medio ambiente.	Anual / Semestral = 1	Trim / Bim / Mensual = 5	Semanal / Diario = 10
	Severidad	Describe el tipo de cambio sobre el recurso natural, generado por el impacto ambiental.	Cambio leve = 1	Cambio Moderado = 5	Cambio considerable = 10
	Magnitud	Área de influencia que pudiese verse afectada por el impacto ambiental generado.	Puntual = 1: El Impacto queda confinado dentro del área donde se genera.	Local = 5: Trasciende los límites del área de influencia.	Extenso = 10: Tiene consecuencias a nivel regional o trasciende los límites del Distrito.
Criterios legales	Existencia	Hace referencia a la normatividad ambiental aplicable al aspecto y/o el impacto ambiental. Debe mencionar la normativa (Política, Ley, decreto, resolución, directiva entre otros).	Existe legislación = 1		No existe legislación = 10
	Cumplimiento	Debe mencionar si la entidad y organismo distrital cumple con la normatividad ambiental aplicable al aspecto y/o el impacto ambiental.	No se cumple = 10	Se cumple = 5	No aplica = 1
Criterios de partes interesadas	Exigencia / Acuerdo		Si se presenta o existe reclamo o acuerdo formalizado con alguna parte interesada = 10	Se presenta sin implicaciones legales = 5	Si no existe acuerdo o reclamo = 1
	Gestión		No existe gestión al respecto, la gestión no es satisfactoria o no se ha cumplido el acuerdo = 10	Gestión satisfactoria o el acuerdo sigue vigente = 5	No aplica = 1

Fuente: Secretaría Distrital del Ambiente, INSTRUCTIVO, Diligenciamiento de la Matriz de Identificación de aspectos y valoración de impactos ambientales. Bogotá, 2013

Cuadro 4

Cuadro de calificación de impactos ambientales

Calificación	Impactos Negativos	Impactos Positivos
Leve	SI < -25	SI < 25
Moderado	-25 ≤ SI < -50	25 ≤ SI < 50
Alto	-50 ≤ SI < -75	50 ≤ SI < 75
Muy Alto	-75 ≤ SI	75 ≤ SI

Fuente: Método de Sorensen, 1971.

3.6 Técnicas e instrumentos de la investigación

Registros: Documento en la cual se contabiliza el consumo de agua de las distintas fuentes como agua de pozo, agua en cisterna y agua de la red pública.

Facturas: Comprobante de pago emitida hacia los proveedores por el consumo de agua según fuente de captación.

Recibos: Documento donde se registra el consumo de agua proveniente de la red pública.

Cálculos: balances, transferencias de masas relacionadas al volumen de agua consumido.

3.7 Procedimiento para la recolección de datos (Validación y confiabilidad de los instrumentos)

La recolección de datos fue tomada directamente de los reportes de producción de los encargados del área de operaciones, dichos reportes contienen datos de harina producida e insumos utilizados, asimismo los volúmenes de agua utilizados fueron tomados de los registros del área de medio ambiente, área administrativa y de recibos de facturación de la empresa SEDA-CHIMBOTE.

Se han considerado todos los reportes correspondientes al año 2021 para luego ser consolidados en el formato Excel y mediante el uso de Cuadros dinámicas obtener los resultados para el análisis.

3.8 Técnicas de procesamiento y análisis de los datos.

Para el procesamiento de datos se usó herramientas de office como hojas de cálculo Excel, check list de verificación de controles operacional al plan de manejo ambiental, uso de base de datos Data Base de Quantis desarrollados por las consultoras Libélula – Gestión del Cambio Climático y Comunicación y A2G - Sostenibilidad y Cambio Climático.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES.

4.1 Proceso operacional de elaboración de harina de pescado.

El establecimiento industrial pesquero estudiado en la ciudad de Chimbote, cuenta con una capacidad de procesamiento otorgada mediante R.D. N° 284-2010-PRODUCE/DGEPP por el Ministerio de la Producción (PRODUCE) de 226 TM/h y produce harina de pescado (*Engraulis Ringens*) que es un producto industrial hidrobiológico rico en contenido de aminoácidos y ácidos grasos esenciales, estos componentes son los responsables de la obtención de una harina de pescado de alta digestibilidad.

Las etapas del proceso de elaboración de harina de pescado se describen a continuación:

Captura y descarga de la materia prima

La materia prima que se procesó fue anchoveta (*Engraulis ringens*) y la descarga se realizó desde dos (02) estructuras flotantes denominada CHATAS, desde donde se succionó y agregó agua de mar hacia la bodega de la embarcación para mezclarlo con el pescado en la relación de 1.2-1.5 m³ agua/TM pescado y con la ayuda de sistemas absorbentes y de impulsión con bomba se transportó el pescado hacia la planta a través de tuberías submarinas. Cada chata contó con dos (02) líneas de descarga de pescado y cada línea descargó hasta una velocidad de 130 TM pescado/hora.



Figura 5.

Descarga de materia prima

Recepción y pesaje de materia prima

La mezcla del pescado con el agua de cada línea de descarga se recibió en planta en un (01) filtro donde se separó el agua del pescado. El pescado fue transportado a través de fajas de malla hacia la tolva de pesaje para su registro y el agua de bombeo continuó su

tratamiento por medio de filtros, celdas de flotación de grasa, celda de flotación con adición de coagulante y floculante y un sistema de deshidratación. La grasa del agua de bombeo fue recuperada en forma de espuma y tratada en tricanters donde se obtuvo aceite secundario.



Figura 6.

Recepción de materia prima

Almacenamiento de materia prima

El pescado luego de ser pesado fue almacenado en siete (07) pozas de concreto revestidas con pintura grado alimenticio y una (01) poza de acero inoxidable. Cada poza contó con sistemas de drenaje para facilitar el desaguado de la sanguaza del pescado.



Figura 7

Almacenamiento de materia prima

Cocción

La operación de cocción se realizó en cinco (05) cocinas utilizando como medio calefactor vapor de agua, cada cocina tuvo una capacidad de procesamiento de 50 TM/h. La cocción del pescado se realizó a una temperatura de 95 – 100 °C por un tiempo de residencia de 15 minutos, lo cual permitió liberar el aceite presente en el pescado y facilitar su separación en la siguiente etapa del proceso. Asimismo, esta etapa fue el primer punto crítico de control (PCC) dentro del plan HACCP del establecimiento industrial pesquero.

Prensado

El prensado consistió en comprimir mecánicamente el pescado cocido por medio de dos (02) tornillos helicoidales y por medio de malla permitió obtener una fase sólida y una fase líquida conteniendo sólidos (sedimentables y solubles) y aceite. El contenido de sólidos solubles fue recuperado mediante separadoras y agregado al proceso de harina junto con la torta de prensa, el aceite contenido en esta fase fue separado mediante centrifugas. El aceite se almacena en tanques y el agua con sólidos solubles fue evaporada en plantas evaporadoras y agregado al proceso de harina en forma de concentrado.

Secado

El secado se llevó a cabo en tres etapas: La primera etapa de secado fue a través de tres (03) secadores rotadiscos, cada rotadisco utiliza como medio de secado vapor de agua, tiene una capacidad de evaporación de 5000 kg agua/h cada uno, y logró reducir la humedad en un 18%; La segunda etapa de secado fue a través de cinco (05) secadores rotatubos, cada rotatubo utilizó como medio de secado vapor de agua, tiene una capacidad de evaporación de 8000 kg agua/h y logro reducir la humedad en un 58% y la tercera etapa de secado fue a través de un (01) secador con aire caliente como medio de secado aire caliente con una capacidad de evaporación de 6000 kg agua/h, logrando reducir la humedad en un 53%

Enfriado

El producto deshidratado saliente de la etapa del secado con aire caliente fue conducido hacia 02 enfriadores a fin de llevar la harina a temperaturas menores a 35°C para lograr la estabilización primaria del producto.

Molienda

La molienda de la harina se realizó en tres (03) molinos de martillos, teniendo como fin minimizar las partículas de harina para garantizar una granulometría aceptable para satisfacción del cliente. Los molinos internamente contaron con mallas para retener cualquier partícula extraña.

Adición de antioxidante y ensaque

La harina luego de ser molida se almacena en dos (02) tolvas desde donde se aplicó el antioxidante a una dosis de 800 ppm, luego la harina con antioxidante fue conducida hacia la zona de envase a través de balanza electrónica.

En la figura 8, se aprecia el diagrama de flujo del procesamiento de harina de pescado, en este diagrama se ha detallado todas las corrientes que intervienen en el proceso de harina.

Lo que resalta en esta investigación es el alto desarrollo de innovación tecnológica por arte de la empresa en la implementación de sistemas de tratamiento para la recuperación de los sólidos del agua de bombeo y sanguaza, del mismo modo la implementación de ciclones y filtros para la recuperación de las partículas más finas de la harina y poder ser integradas en tu totalidad al proceso. Estas prácticas han permitido a la empresa pesquera tener una mayor eficiencia en su proceso de harina, llegando a utilizar 4.007 TM de pescado para obtener 1.00 TM de harina.

DIAGRAMA DE FLUJO - PLANTA CHIMBOTE

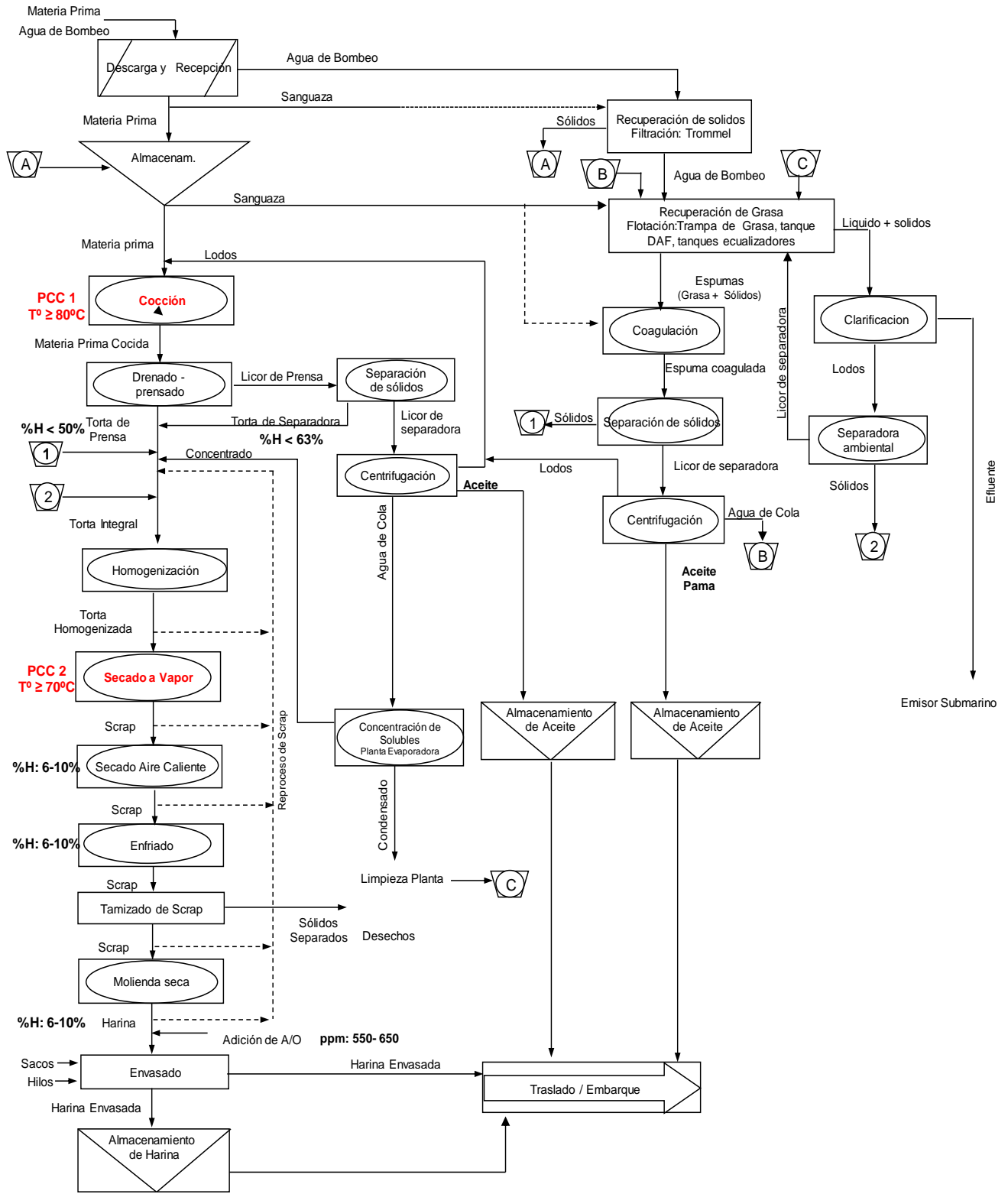


Figura 8

Diagrama de flujo de proceso de harina de pescado

4.2 Operaciones principales del proceso de harina de pescado relacionados con el uso de agua.

En la visita a planta se verificó la existencia de 03 líneas que cuentan con contómetros de agua para poder verificar los volúmenes de agua utilizados, éstos contabilizan el agua hacia la zona de calderos para la generación de vapor, hacia la planta de procesamiento y abastecimiento hacia chatas y embarcaciones pesqueras.

El agua que se condensa en la cocina, rotadisk y rotatubo se recicló hacia la zona de calderos para continuar con la generación de vapor y en planta de procesamiento el agua de utilizó en la preparación de productos químicos, limpieza de materiales y limpieza de equipos.

De los datos de los cotómetros de agua se verificó que el consumo de agua en planta de procesamiento representó el 47.55%, el agua hacia los calderos representó el 35.19% y el agua de despacho a embarcaciones y chatas representó el 17.26%. En la figura 9 se observa el diagrama de la distribución del agua.

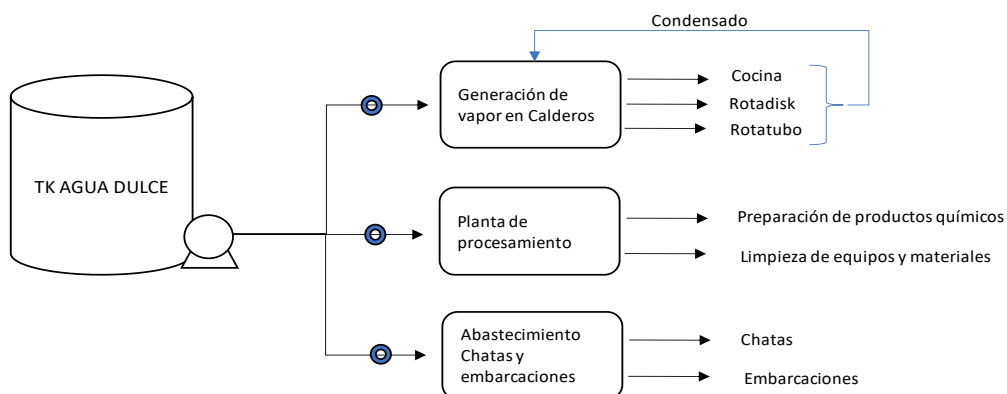


Figura 9

Diagrama de distribución de agua.

Generación de vapor en calderas.

Estos equipos fueron los responsables de abastecer de vapor de agua para la etapa de cocción y secado a vapor, el consumo de agua en esta operación se realizó de acuerdo con el requerimiento de vapor en planta, la operación se desarrolló en 7 calderos pirotubulares contando con una capacidad de 8100 BHP de potencia.



Figura 10

Calderas pirotubulares

Cocción

La operación para el cocinado se realizó en 5 cocinadores, en esta etapa se usó vapor de agua como medio calefactor, el medio de calentamiento para el pescado es de manera indirecta, es decir, el vapor fluye por el interior de un tornillo que transporta al pescado y por la parte lateral del tambor de la cocina. Acorde a la velocidad con la que gira, se determinó la velocidad de proceso de la planta.



Figura 11

Cocinas a vapor

Secado a vapor con secadores Rotadisk

La operación del secado con rotadisk es la primera etapa del secado a vapor, estos equipos cumplen la función de homogenizar la masa de las corrientes sólidas y semisólidas que se unen al proceso y eliminar el agua contenida en estas corrientes. La operación de rotadisk se realizó en tres (03) equipos y cada uno tubo una capacidad de evaporación de 5000 kg/h, internamente dentro del equipo existen discos los cuales permiten el avance de la masa a homogenizar y eliminar el agua contenida en ella.



Figura 12

Secadores rotadisk a vapor

Secado a vapor con secadores Rotatubos

El secado con rotatubos es la segunda etapa de secado a vapor dentro del proceso, estos equipos internamente cuentan con tubos armados en paquetes circulando el vapor por la parte interna de los tubos. Para el secado a vapor con rotatubo contó con cinco (05) equipos y cada uno tubo una capacidad de evaporación de 8000 kg/h.



Figura 13

Secadores rotatubo a vapor

Preparación de coagulante y floculante en el tratamiento de agua de bombeo.

El *coagulante Ferix-3* ($Fe_2(SO_4)_3$) y floculante (superfloc 130V) son productos químicos que se utilizan para desestabilizar y aglutinar los sólidos y grasas presentes en el agua de bombeo producto del transporte de pescado desde las embarcaciones hasta la planta. El coagulante se prepara en solución al 40% y el floculante al 0.2%.

Preparación de productos químicos utilizados en la limpieza de planta.

Los productos químicos más utilizados en la limpieza de planta fueron soda cáustica cuya concentración fue de 5% y ácido nítrico al 5%, ambos productos se utilizaron en la limpieza de cocinas, planta evaporadora y centrifugas.

Abastecimiento de agua a embarcaciones.

Como parte de la actividad el establecimiento industria pesquero abastece de agua y combustible a las embarcaciones pesqueras tanto propias y terceras.

Este volumen de agua fue consolidado del contómetro instalado en la línea de abastecimiento.

Cuadro 5

Consolidado de materia prima, harina, agua e insumos 2021.

Total horas /año		1837								
Total días/año		120								
Mes	Pesca procesadaTM	Harina producidaTM	Agua consumida (m3)	Energía consuida KW-h	Petróleo R-500 (gal)	Antioxidante (kg)	Coagulante *Ferix-3 (kg)	Floculante superfloc-130 V (kg)	Quelante *H₃PO₄ (kg)	Soda Cáustica NaOH (kg)
Ene-21	41444	10463	18290	1067490	396629	8000	148045	8097	5000	18750
Abr-21	15040	3683	5108	382065	133597	11747	47091	2518	1360	2850
May-21	81285	20175	31931	1893411	769894	5433	281528	14642	14920	19625
Jun-21	45882	11411	17022	1220971	451828	10670	161279	7208	11360	15250
Jul-21	19045	4765	7157	293277	195885	3827	59999	2932	3360	11725
Nov-21	46782	11615	14332	1184764	461068	49117	137218	7725	5120	9625
Dic-21	25049	6402	9651	686354	263646	3555	128283	4950	3560	18825
Total anual	274527	68514.750	103491	6728332	2672547	92349	963442	48072	44680	96650

*Ferix-3= Sulfato férrico (Fe₂(SO₄)₃)

*H₃PO₄= Ácido fosfórico

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MATERIA PRIMA

MATERIA PRIMA		
Agua	205621	74.90%
Aceite	13726	5.00%
Sólidos Totales	68906	25.10%
Flujo (TM/año)	274527	100.00%

BALANCE INTEGRAL DEL SECADO DE SECADO

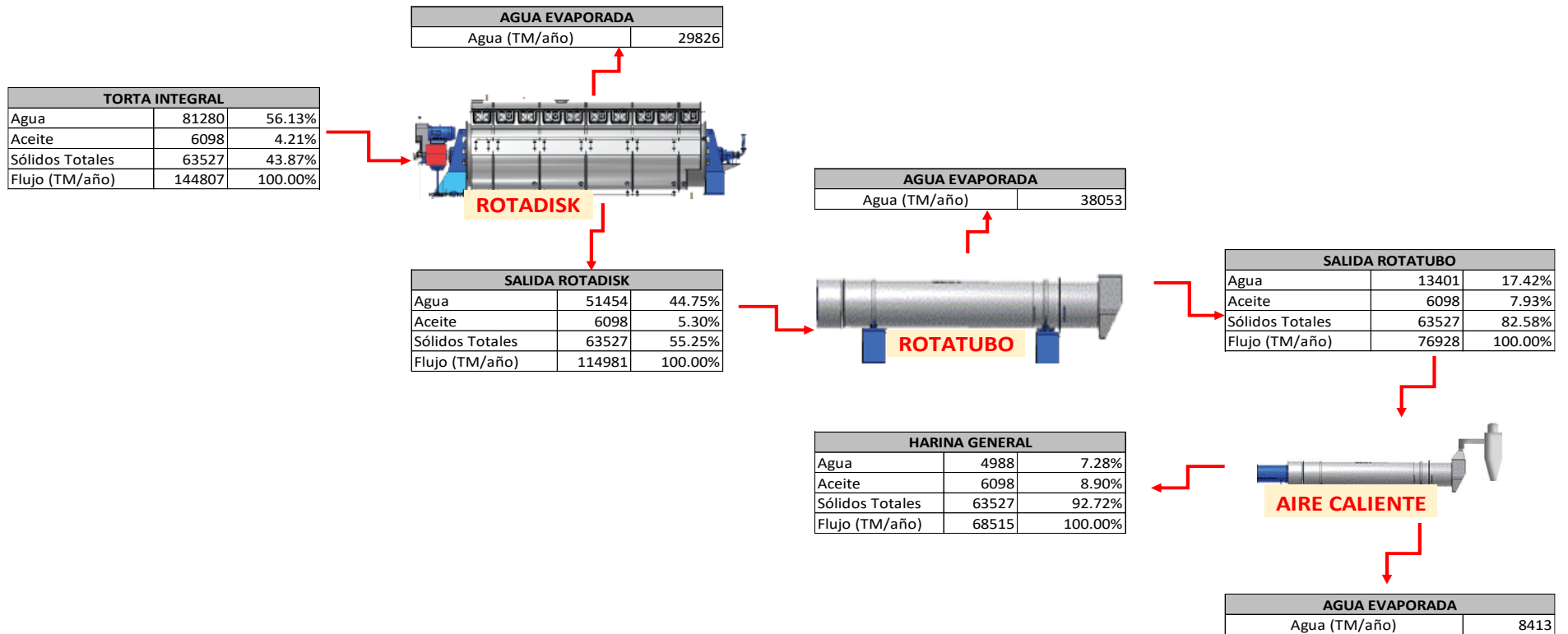


Figura 14

Balance masa proceso de harina de pescado

4.3 Evaluación de la huella hídrica usando balances en las principales etapas del proceso que consume agua.

4.3.1 Evaluación de la huella hídrica en la etapa de cocción.

De la Cuadro 6, podemos ver que la cantidad de vapor requerido para garantizar la operación de cocción de 274527 TM de pescado, destinado para producción de harina durante el año 2021, asciende a 37,857,379.90 kg vapor, esto equivale a 37,857,379.90 litros de agua. De estos valores, podemos deducir que la huella hídrica en la etapa de cocción asciende a 552.54 litros de agua por cada tonelada de harina producida o 137.90 litros de agua por cada tonelada de pescado a procesar.

Los valores para el consumo de agua obtenidos en este estudio para la etapa de cocción del pescado para el procesamiento de harina de pescado exceden en 4.6% a los cálculos teóricos expuesto por Tarazona & Portilla (2016), quien sostuvo que se consume 7 909.9 kg de vapor/h para la cocción de 60 toneladas de pescado por cada hora de procesamiento, los cuales equivale a consumir 131.83 litros de agua por cada tonelada de pescado a procesar.

Cuadro 6

Huella hídrica de la operación de cocción.

Operación de Cocción	Litros agua	Huella Hídrica (litros agua/TM harina)
Calentamiento de equipo	286126.06	4.18
Cocción del pescado	37129039.34	541.91
Pérdidas	442214.50	6.45
Total	37857379.90	552.54

4.3.2 Evaluación de la huella hídrica en la etapa de secado con rotadisk.

De la Cuadro 7, podemos ver que la cantidad de vapor requerido para garantizar la operación de secado con rotadisk, para una masa de alimentación al secador de 144,807.00 TM, destinado para producción de harina durante el año 2021 asciende a 39,676,852.75 kg vapor, esto equivale a 39,676.85 m³ agua.

De estos valores podemos deducir en la etapa de secado a través de rotadisk tiene una huella hídrica de 579.10 litros de agua por cada tonelada de harina producida o 144.53 litros de agua por cada tonelada de pescado a procesar.

En esta operación se observó que la mayor cantidad de consumo de agua se da en la fase de evaporación, representando un 83.74% del consumo total, esto con el fin de lograr reducir el contenido de agua de la masa.

Cuadro 7

Huella hídrica operación de secado con rotadisk

Operación Secado con Rotadisk	Litros agua	Huella Hídrica (litros agua/TM harina)
Calentamiento de equipo	521395.09	7.61
Calentamiento de masa	5699269.63	83.18
Evaporación de agua	33224674.90	484.93
Pérdidas	231513.1293	3.38
Total	39676852.75	579.10

4.3.3 Evaluación de la huella hídrica en la etapa de secado con rotatubo.

De la Cuadro 8, podemos ver que la cantidad de vapor requerido para garantizar la operación de secado con rotatubos, para una masa de *114,981.00* TM en la segunda fase del secado destinado para producción de harina, durante el año 2021 asciende a *45,113,710.54* kg vapor, esto equivale a *45,113.71* m³ de agua. De estos valores podemos deducir que la huella hídrica en la etapa de secado a través de rotatubo para la elaboración de harina de pescado, es de 658.45 litros de agua por cada tonelada de harina producida o 164.33 litros de agua por cada tonelada de pescado a procesar.

Sumando las dos (02) etapas de secado (rotadisk y rotatubo) que utilizan vapor de agua para el secado en el proceso de harina de pescado se utilizó 308.86 litros de agua por cada tonelada de pescado a procesar. Los valores para el consumo de agua obtenidos en este estudio para la etapa de secado para el procesamiento de harina de pescado exceden en 27.71% a los cálculos teóricos expuesto por Tarazona & Portilla (2016), quien sostuvo que se consume 14 511 kg de vapor/h para una capacidad de procesamiento de 60 toneladas de pescado por cada hora de procesamiento, los cuales equivale a consumir 241.85 litros de agua por cada tonelada de pescado a procesar.

Del mismo modo que en la operación de secado con rotadisk, en esta operación se observó que la mayor cantidad de consumo de agua se da en la fase de evaporación, representando un 94.01% del consumo total, esto con el fin de lograr reducir el contenido de agua de la masa.

Cuadro 8

Huella hídrica de la operación de secado con rotatubo.

Operación de Secado con Rotatubos	Litros agua	Huella Hídrica (litros agua/TM harina)
Calentamiento de equipo	1177005.54	17.18
Calentamiento de masa	880797.29	12.86
Evaporación de agua	42413543.62	619.04
Pérdidas	642364.0956	9.38
Total	45113710.54	658.45

De la Cuadro 9, podemos definir que de las operaciones que consumen vapor, la etapa de cocción tiene la menor huella hídrica con 549.48 (L agua/TM harina) representando el 30.75% del consumo, seguido del secado a través de secadores rotadisk con 579.10 (L agua/TM harina) representando el 32.41% y el que representa a mayor huella hídrica corresponde a la operación con secador rotatubo 648.75 (L agua/TM harina) con el 36.84% del consumo.

Cuadro 9

Huella hídrica de las operaciones que consumen agua en forma de vapor.

Operación requerida	Litros agua	Huella Hídrica (litros agua/TM harina)	Consumo %
Cocinas	37647554.12	549.48	30.75%
Rotadisk	39676852.75	579.10	32.41%
Rotatubo	45113710.54	658.45	36.84%
Total	122438117.4	-	-

De los cálculos obtenidos tenemos que de las operaciones que consumen vapor (cocina, Rotadisk y rotatubo), el 70.26% se recicla como condensado volviendo a la etapa de generación de vapor.

4.3.4 Consumo de agua en la preparación de productos químicos para el tratamiento de agua de bombeo.

1) Cálculo del volumen de agua para preparar Coagulante Ferix-3, @ 40%.

$$\text{Vol. agua} = 963,442 \text{ Kg Fe}_2(\text{SO}_4)_3 * (60 \text{ Kg agua}/40 \text{ Kg Fe}_2(\text{SO}_4)_3) * (1 \text{ m}^3/1000 \text{ kg}).$$

$$\text{Volumen agua} = 1445.00 \text{ m}^3$$

2) Cálculo del volumen de agua para preparar Floculante, @ 0.25%.

$$\text{Vol. agua} = 48,072 \text{ Kg S-Floc 130-V} * (99.75 \text{ Kg agua}/0.25 \text{ Kg S-Floc 130-V}) * (1 \text{ m}^3/1000 \text{ kg})$$

$$\text{Volumen agua} = 19181.00 \text{ m}^3$$

3) Cálculo del volumen de agua para preparar Quelante, @ 40%.

$$\text{Vol. agua} = 44,680 \text{ Kg H}_3(\text{PO})_4 * (500 \text{ Kg agua}/680 \text{ Kg H}_3(\text{PO})_4) * (1 \text{ m}^3/1000 \text{ kg})$$

$$\text{Volumen agua} = 33.00 \text{ m}^3$$

La cantidad de agua requerida para garantizar la preparación de quelante, coagulante y floculante para el tratamiento de agua de bombeo producto de la descarga de pescado destinado para producción de harina de pescado durante el año 2021 asciende a 20,659.00 m³ agua.

De esta forma, podemos definir que la preparación de quelante (H₃(PO)₄) tiene la menor huella hídrica con 33.00 m³ agua/año, seguida de la preparación de Coagulante Ferix-3 (Fe₂ (SO₄)₃) con 1,445.00 m³ agua/año, mientras que la preparación floculante (Superfloc 130-V) representa la mayor huella hídrica con un consumo de 19,181.00 m³ agua/año.

4.3.5 Consumo de agua en la preparación de productos químicos utilizados en la limpieza de planta.

1) Cálculo del volumen de agua para preparar Soda Cáustica, @ 5%.

$$\text{Vol. agua} = 96,650 \text{ Kg NaOH} * (95 \text{ Kg agua}/5 \text{ Kg NaOH}) * (1 \text{ m}^3/1000 \text{ kg})$$

$$\text{Volumen agua} = 1836.00 \text{ m}^3$$

2) Cálculo del volumen de agua para preparar Ácido nítrico, @ 5%.

$$\text{Vol. agua} = 21,903 \text{ Kg H}_3\text{PO}_4 * (95 \text{ Kg agua}/5 \text{ Kg H}_3\text{PO}_4) * (1 \text{ m}^3/1000 \text{ kg})$$

$$\text{Volumen agua} = 416.00 \text{ m}^3$$

La cantidad de agua requerida para garantizar la preparación de productos químicos para la limpieza de planta y garantizar la inocuidad de la producción de harina de pescado durante el año 2021 asciende a 2253.00 m³ agua.

De esta forma, podemos definir que la preparación de ácido nítrico (H₃(PO)₄) tiene la menor huella hídrica con 416.00 m³ agua/año, mientras que la preparación de soda cáustica (NaOH) representa la mayor huella hídrica con un consumo de 1,836.00 m³ agua/año.

4.3.6 Consumo de agua en Chatas y embarcaciones.

El consumo de agua distribuida a las Chatas y embarcaciones depende de la cantidad de embarcaciones que desembarcan pescado hacia el establecimiento industrial pesquero y su uso es diverso, para el cálculo se verificó que este representa el 17.26 % del volumen total de agua usado en las operaciones calculando de la siguiente forma.

$$\text{Vol. agua} = 103491 \text{ m}^3/\text{año} * 0.1726 = 17863 \text{ m}^3/\text{año}.$$

En la Cuadro 10, se muestra a manera de resumen los resultados de la huella hídrica utilizando balances para las operaciones que usan vapor, preparación de soluciones químicas, limpieza y despacho de agua hacia las embarcaciones.

Cuadro 10

Huella hídrica de las operaciones que consumen agua

Distribución de agua	Operaciones que consumen el agua	Consumo m ³ agua/año	Consumo litros agua/TM harina
Generación de vapor en calderos	Cocina	11198	163
	Sec. Rotadisk	11802	172
	Sec. Rotatubo	13419	196
Planta de procesamiento	Soluciones químicas	22911	334
	Limpieza	26299	384
Abastecimiento Chatas y embarcaciones		17863	261
Total		103491	1510

La operación que consume vapor (cocina, secador rotadik y secador rotaubo) representa la mayor huella hídrica del proceso de harina de pescado con 532 litros/TM harina, seguido de la operación de limpieza de equipos de plantas con 384 litros de agua/TM harina, luego aparece la preparación de soluciones químicas con 334 litros de agua/TM harina, seguido del despacho de agua a embarcaciones con 261 litros de agua/TM harina y con la menor huella hídrica aparece las operaciones de saneamiento básico con 45 litros/TM harina, tal como se observa en la figura 15.

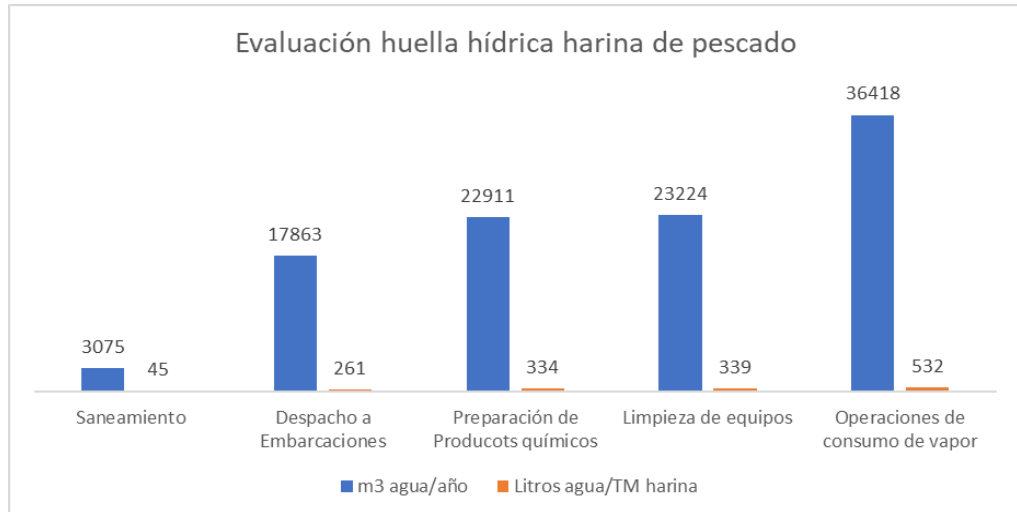


Figura 15

Evaluación de huella hídrica pesquera

4.4 Evaluación de la huella hídrica de acuerdo con la aplicación del manual acorde a la Norma ISO 14046.

4.4.1 Levantamiento de la información.

Usos directos.

Los datos mostrados en la Cuadro 11, corresponde al consumo de agua de manera directa en los meses donde se ha tenido procesamiento de materia prima para la obtención de harina de pescado (ene-abr-may-jun-jul-nov-dic) del año 2021.

Para el caso del consumo de agua de uso directo usando esta metodología viene a ser lo mismo que los valores calculados a través de balances de las operaciones que consumen agua, esto debido que para ambos se tiene en cuenta los registros de los contómetros de agua con los que cuenta la empresa.

Cuadro 11

Consolidado de harina producida y agua utilizada

Periodo		TM Harina producida	(m ³) Agua dulce consumida	(m ³) Agua de mar consumida	m ³ agua dulce/TM harina	m ³ agua mar/TM harina
Trimetre I	Ene-21	10463	18290	397678	1.75	38.01
	Feb-21	-	-	-	-	-
	Mar-21	-	-	-	-	-
Trimetre II	Abr-21	3683	5108	164698	1.39	44.72
	May-21	20175	31931	751336	1.58	37.24
	Jun-21	11411	17022	426143	1.49	37.34
Trimetre III	Jul-21	4765	7157	177085	1.5	37.16
	Ago-21	-	-	-	-	-
	Set-21	-	-	-	-	-
Trimetre IV	Oct-21					
	Nov-21	11615	14332	421572	1.23	36.29
	Dic-21	6402	9651	239162	1.51	37.36
Total		68515	103491	2577674	1.51	37.62

De la Figura 16, podemos observar que el mayor consumo del agua para la elaboración de harina de pescado es el agua de mar no desalinizada representando el 96.14%, este tipo de agua es utilizado para el transporte del pescado desde las embarcaciones a la planta de procesamiento y el agua dulce representa el 3.86%, el estudio se basa en este último tipo de agua debido a que es la que genera mayor impacto debido a la disponibilidad en el planeta tierra.

Si bien es cierto que el agua de mar no forma parte del objeto de estudio, debido a que esta ingresa y sale del sistema, en esta oportunidad se tomó como referencia para contar con este indicador ambiental adicional, asimismo pudimos observar que los valores obtenidos en el presente estudio son congruentes con lo expuesto por Aljovin (2020), quien sostiene que existe un mayor consumo de agua de mar a nivel de sector pesquero, que asciende a 96 millones de m³ al año, mientras que el agua dulce ascendió a 1.7 millones m³ al año.

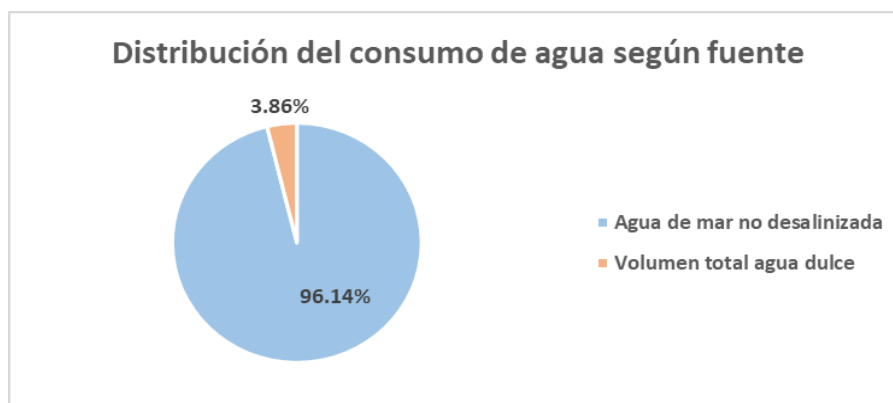


Figura 16

Distribución del consumo de agua según fuente de uso.

Del mismo modo de la Figura 17, concluimos que se necesitó de 1.51 m³ de agua dulce para producir 1.00 TM de harina, mientras que el uso de agua de mar no desalinizada alcanzó 37.62 m³ para producir 1.00 TM de harina.

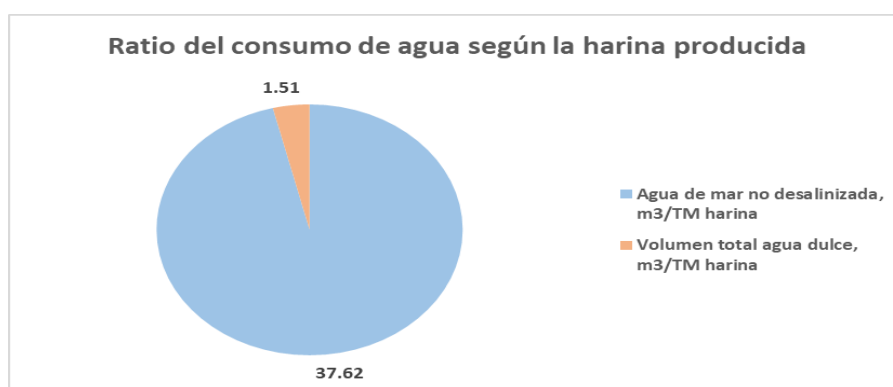


Figura 17

Indicador de consumo de agua por TM harina

De la Figura 18, podemos observar que con el aumento del volumen de producción aumenta proporcionalmente la huella hídrica, para el presente estudio la mayor huella hídrica se dio en segundo trimestre del año con un consumo del agua dulce de 54061 m³ de agua.

Al respecto podemos mencionar que la huella hídrica aumenta con el aumento de harina a producir.

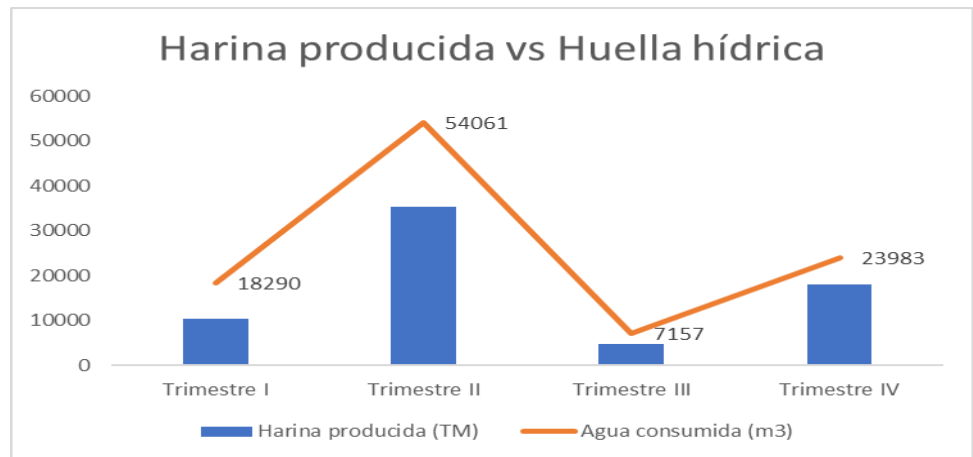


Figura 18

Consumo de agua y huella hídrica por trimestre 2021

4.4.2 Balance de agua en el proceso.

En la figura 19, se muestra el balance de agua realizado al proceso de harina de pescado. El agua de mar solo se realiza para el transporte de pescado, generación de vacío en las plantas evaporadoras y torres lavadoras por lo que no forma parte del estudio y solo se considera como ingreso y salida, debido a que no se consume y en la evaluación de la huella hídrica nos enfocamos al consumo de agua dulce que es la fuente que recibe un mayor impacto debido a la disponibilidad en el planeta tierra.

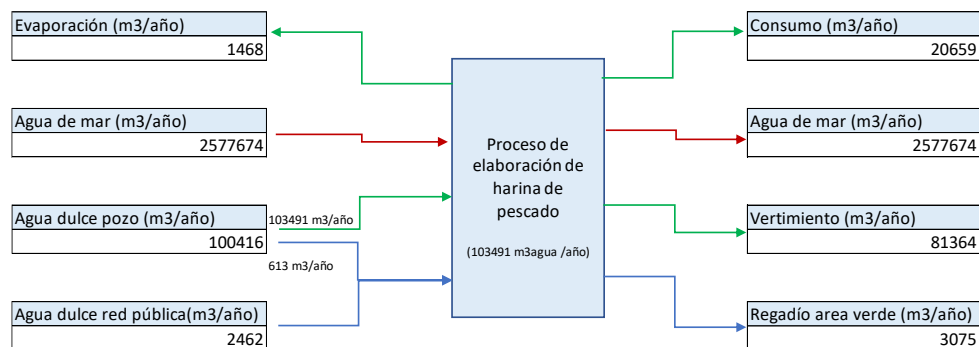


Figura 19

Balance de agua

Usos indirectos.

El consumo de agua de manera indirecta corresponde para las operaciones de electricidad y combustibles y cadena de suministros representado por los principales insumos empleados en el procesamiento para la elaboración de harina de pescado. Los

consumos se expresan como m³ equivalente (m³eq), para este caso utilizamos factores elaborados para su evaluación en Ecoinvent partiendo de los procesos detallados en la Cuadro 13, la cual fue desarrollada por Libélula – Gestión del Cambio Climático.

Cuadro 12

Volumen de agua consumida de manera indirecta

Fuente	Unidad	cantidad	Agua según data base Ecoinvent (m ³ eq/UF)	Agua consumida indirecta (m ³ eq)
Usos indirectos: electricidad y combustibles				
Electricidad	Mw-h/año	6,728.33	17.1842	115,621
Combustible (PI-500)	Gal/año	2,672,547.00	0.0266	71,046
Consumo uso indirecto energía y combustibles, m ³ eq				186,667
Usos indirectos: cadena de suministros				
Antioxidante	Kg/año	239,690.00	0.0049	1,178
Soda Caustica	Kg/año	96,650.00	0.0419	4,053
Coagulante Ferix 3	Kg/año	963,442.00	0.0190	18,339
Superfloc 130-V	Kg/año	48,072.00	0.0377	1,814
Consumo indirecto cadena de suministros, m ³ eq				25,383

Cuadro 13

Proceso de Base de Datos (Ecoinvent v3.4)

Fuente	Base de evaluación - Ecoinvent
Electricidad	Electricity, medium voltage, production PE, at grid/PE
PI-500 - Calderas	Petroleum refinery operation heavy fuel oil APOS, U.
Antioxidante	oxidation of methanol formaldehyde APOS, U / propionic acid production propionic acid APOS, U
Soda Caustica	Chlor-alkali electrolysis, membrane cell sodium hydroxide, without water, in 50% solution state APOS, U
Coagulante Ferix 3	Iron(III) sulfate production, without water, in 12.5% iron solution state iron(III) sulfate, without water, in 12.5% iron solution state APOS, U
Superfloc 130-V	Polyacrylamide production polyacrylamide APOS, U - GLO

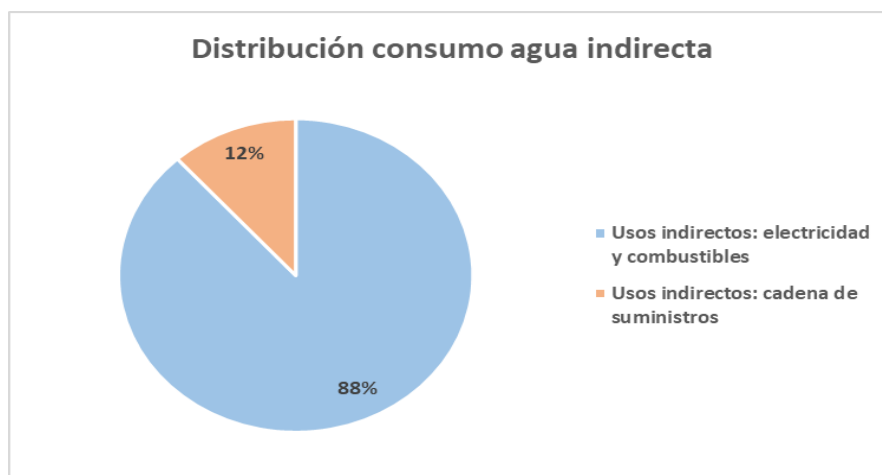


Figura 20

Distribución del consumo de agua indirecta.

De la Cuadro 12, podemos observar que el mayor consumo de agua indirecta se da por el uso de electricidad y combustibles con 186,667.00 m³ y la cadena de suministros representado por los principales insumos representa es de 25,383 m³, representando el 88% y 12%, tal como se muestra en la figura 20.

Agua consumida

El consumo de agua para la elaboración de harina de pescado en el presente estudio fue considerado el agua de consumo directo extraída de distintas fuentes como pozo, cisterna y de la red pública; también se consideró por el uso de manera indirecta por el uso de electricidad y combustibles y también por el equivalente de agua existente en la cadena de suministros representado por los principales insumos utilizados en el proceso.

Del mismo en este estudio podemos concluir refiriéndonos al consumo de agua dulce por cada unidad funcional (m³ agua/TM producto final), que el proceso de elaboración de harina de pescado que consumió 1.51 m³ agua/TM harina producida, valores muy por debajo a otros procesos como: la elaboración de helado donito que utilizó 116.86 m³ agua /TM de helado producido (Reyes et al. (2015)), la elaboración de lámina de colágeno que utilizó 101.53 m³ agua /TM de láminas de colágeno (Flores (2018)) y la mayoría de productos del sector agrícola que superan el consumo de 150 m³ agua /TM de producto (Rojas et al. (2019)).

En la Cuadro 14, se detallan a manera de resumen los consumos del agua utilizados de manera directa e indirecta y por la cadena de suministros, donde se observó que la

huella hídrica para el procesamiento de harina de pescado por parte de la empresa pesquera localizada en Chimbote asciende a 315,651.33 m³, de este volumen el 59.18% corresponde al consumo indirecto para las operaciones de electricidad y combustibles, el 32.79% corresponde al consumo directo y el 8.03% pertenece a la cadena de suministros.

Cuadro 14

Consumo de agua directa e indirecta industria pesquera 2021.

Etapa del ciclo de vida	Detalle del proceso	Consumo de agua, m3	%
Uso directo	Agua dulce de pozo	103,491.00	32.79%
	Agua dulce de cisterna		
	Agua dulce de red pública		
Uso indirecto	Electricidad	115,727	36.66%
	Combustibles	71,090	22.52%
Cadena de suministros	Insumos	25,343	8.03%
Consumo total		315,651.33	100.00%

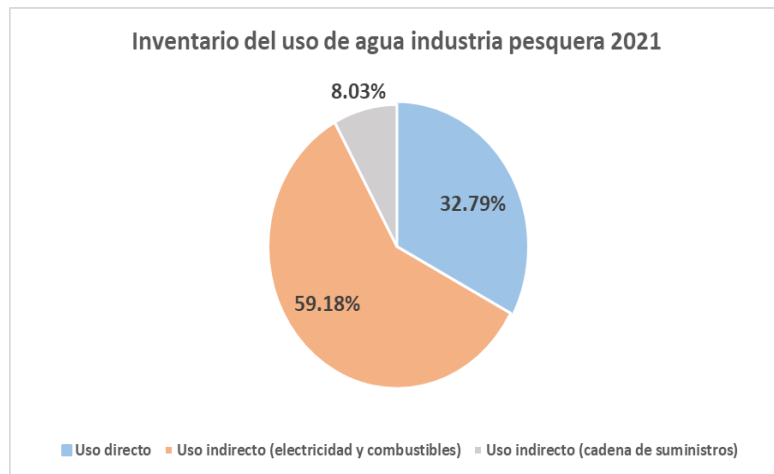


Figura 21

Distribución del uso de agua según etapa del ciclo de vida.

4.4.3 Evaluación de impactos.

Evaluación del impacto ambiental con relación a la huella hídrica del proceso de elaboración de harina de pescado.

Para la evaluación del impacto ambiental relacionado con el consumo de agua en el proceso de harina de pescado primeramente se identificó los aspectos ambientales que presentaron cada actividad del proceso que tiene que ver con el uso del agua tal como se muestra en la Cuadro 15.

Asimismo, se verificó la existencia de controles operacionales dentro del plan de manejo ambiental de la empresa pesquera tal como se muestra en la Cuadro 16, esto con el fin de facilitar la evaluación de los criterios establecidos en la Cuadro 3.

Cuadro 15

Aspectos ambientales generados relacionados con el uso del agua.

Proceso	Actividad	Aspecto Ambiental
Proceso de harina de pescado	Cocción	Consumo de vapor de agua
	Secado	Generación de condensado Generación de efluentes de limpieza
Actividades complementarias	Abastecimiento de coagulantes	Consumo de agua Generación de efluente de limpieza
	Abastecimiento para preparación de producto químico usado en limpieza.	Consumo de agua Generación de efluente de limpieza
	Abastecimiento de agua para uso doméstico	Consumo de agua Generación de efluente de limpieza
Mantenimiento y limpieza de equipos	Infraestructura	Consumo de agua Generación de efluente de limpieza
	Equipos y maquinarias	Consumo de agua Generación de efluente de limpieza
	Tratamiento de efluentes de limpieza	Consumo de agua Generación de efluente tratado

Cuadro 16

Check list para evaluación del desempeño ambiental de la industria.

Acción	Si	No	*NA	Medio probatorio
Cuenta con autorización de uso de agua	x			RA N°204-2013-ANA-AAA.HCH-ALA.SLN RD. N°0017-2015-ANA-AAA IV HCH
Cuenta con autorización de uso de área acuática	x			RD N° 180-2020 MGP/DGCG
Cuenta con autorización de vertimientos industriales			x	R.D.098-2020-ANA-DCERH (APROFERROL)
Cuenta con autorización de reuso			x	CARTA N° 179-2014-ANA-AAAHCH
Realiza monitoreo acreditado de efluentes	x			Programa de vigilancia ambiental
Cumple los LMP decretados por el MINAM	x			MA2100082, MA2100083, MA2111907, MA2111918, MA2114049, MA2114054, MA2117184, MA2117186, MA2119788, MA2119787, MA2138537, MA2138537, MA2140895, MA2140900
Cumple los LMP para aguas domesticas	x			MA2100381, MA2105314, MA2108676, MA2110917, MA2114043, MA2116648, MA2120671, MA2125566, MA2129661, MA2133780
Cumple los ECAs para agua.			x	APROFERROL

***NA= No aplica**

El establecimiento industrial pesquero localizado en Chimbote cumple con un programa ambiental el cual le ha servido para mitigar los impactos relacionados al recurso hídrico, cuenta con las autorizaciones para el uso de agua de mar y agua dulce, los volúmenes consumidos no superan a lo autorizado por la Autoridad Nacional del Agua y reutilizan parte del agua de condensado generada de la etapa del secado. Se pudo verificar que cuenta con equipamiento moderno para el tratamiento de efluentes industriales generados en la instalación, luego del tratamiento estos efluentes son vertidos a través del emisor submarino de APROFERROL cumpliendo los límites máximos permisibles con lo cual garantiza minimizar el impacto ambiental, asimismo cuenta con un sistema de tratamiento para efluentes domésticos para luego del tratamiento el total del agua es reusada en riego de áreas verdes pertenecientes a la instalación.

Cuadro 17

Valoración de impactos ambientales por el uso de agua en el proceso de harina de pescado.

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES			VALORACIÓN DE SIGNIFICANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL											
SISTEMAS AMBIENTALES	COMPONENTE AMBIENTAL	IMPACTOS AMBIENTALES	Frecuencia	Severidad	Magnitud	Existencia	Cumplimiento	Existencia Acuerdo	Gestión	Total Criterio Impacto Ambiental	Total Criterio Legal	Total Criterio Partes Interesadas	Significancia total del impacto	
Físico	Agua	Alteración de la calidad del agua	1	1	1	1	5	1	1	10	5	1	6.15	Leve
		Agotamiento del recurso hídrico	1	1	1	1	5	1	1	10	5	1	6.15	Leve
Biológico	Flora	Disminución de la flora del entorno	1	1	1	10	1	1	1	10	10	10	10.00	Leve
	Fauna	Disminución del recurso hidrobiológico	1	1	1	1	5	1	1	10	5	1	6.15	Leve
Socioeconómico cultural	Socio cultural	Conflictos sociales	1	1	1	10	1	1	1	10	10	10	10.00	Leve
	Económico	Generación de empleo	5	1	5	10	1	1	1	36	10	10	19.10	Leve

La implementación y cumplimiento de un programa ambiental en la instalación pesquera ha permitido mitigar los impactos ambientales generados dentro de ellos los impactos generados relacionados con el recurso hídrico, generando de este modo un impacto ambiental leve no significativo tal como se observa en la Cuadro de evaluación N° 17, asimismo los valores de las Cuadros en mención son congruentes con la evaluación realizada y aprobada mediante RD-141-2019-PRODUCE donde se probación la modificación de su Instrumento de Gestión Ambiental del establecimiento industrial pesquero.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES.

- De las operaciones descritas del proceso de elaboración de harina de pescado, las que tienen mayor relevancia con la huella hídrica fueron: la cocción, secado a vapor, preparación de productos químicos, limpieza de planta, despacho de agua hacia embarcaciones y saneamiento.
- De la cuantificación del consumo de agua mediante balance hídrico en el proceso de elaboración de harina de pescado fue de 532 litros de agua/TM harina en las operaciones que consumen vapor (cocina, secador rotadisk y secador rotatubo), seguido con 384; 334; 261 y 45 litros de agua/TM harina, la limpieza de equipos de plantas, la preparación de productos químicos, despacho de agua a embarcaciones y el saneamiento básico respectivamente.
- Se determinó la huella hídrica del proceso de harina mediante balances; 532 litros de agua/TM harina en las operaciones que consumen vapor (cocina, secador rotadisk y secador rotatubo), seguido con 384; 334; 261 y 45 litros de agua/TM harina, la limpieza de equipos de plantas, la preparación de productos químicos, despacho de agua a embarcaciones y el saneamiento básico respectivamente.
- Se determinó la huella hídrica directa de 103491m³ e indirecta de 315651.33 m³ del establecimiento industrial pesquero durante el año 2021, mediante la aplicación del manual de aplicación de la norma ISO 14046.
- Se evaluaron los impactos ambientales positivos y negativos relacionados con la huella hídrica en el proceso de harina de pescado del establecimiento industrial pesquero con un valor de 7.69, tipificado como no significativo leve.

RECOMENDACIONES

- El establecimiento industrial pesquero debe evaluar la implementación un sistema de tratamiento para desalinizar el agua de mar y así reemplazar parcial o totalmente el uso de agua dulce en la etapa de generación de vapor y/o preparación de coagulantes – floculantes, de esta forma reducir su huella hídrica y así obtener el certificado azul que otorga la Autoridad Nacional del Agua como empresa responsable con el recurso hídrico.
- El establecimiento industrial pesquero debe llevar un control de la reposición de agua a la caldera para verificar que no haya pérdidas de condensado en las etapas de cocción y secado y así minimizar el consumo de agua en esta operación.

- El establecimiento industrial pesquero debe evaluar implementar hidro lavadoras a alta presión para minimizar el consumo de agua en la limpieza y/o adoptar procedimientos de minimización de agua dulce en la limpieza de equipos.
- El establecimiento industrial pesquero debe continuar cumpliendo con normativa ambiental para el vertimiento de efluentes para continuar minimizando los impactos ambientales negativos hacia su entorno producto de su operación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aljovín, C. (2020). La Gestión del Agua en la Industria Pesquera. Primer encuentro Aguas Todas. <https://www.gob.pe/institucion/otass/informes-publicaciones/798922-aguas-todas-primer-panel-el-agua-en-las-actividades-primarias>.
- Autoridad Nacional del Agua (2018). 8° Foro Mundial del Agua Brasilia 2018: Compartiendo Agua, Informe Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/935>
- Bustíos, C., Martina, M. & Arroyo, R. (2013). Deterioro de la calidad ambiental y la salud en el Perú actual. *Revista Peruana de Epidemiología*. 17(1), 1-9. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=203128542001>.
- Cerpa, G. (2018). Determinación de la huella hídrica del cultivo de cebolla, de la comisión de usuarios Pucchun del distrito de mariscal CÁCERES-2018. [Tesis pregrado, Universidad Nacional de San Agustín]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7552>.
- Chu, J. (2016). *Pesca industrial: harina y aceite de pescado en el Perú*. [Trabajo de investigación de Máster de dirección de empresas, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3145>.
- Embid, A. (1994). Usos del agua e impacto ambiental: Evaluación de impacto ambiental y caudal ecológico. *Revista de Administración Pública*. (134), 109-154. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/17227.pdf>.
- Flores, Y. (2018). *Determinación de la huella hídrica para la producción de cola industrial en Arequipa*. [Tesis, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6576>.
- Hoekstra A., Hung P. (2002). *Virtual Water Trade A Quantificación of Virtual Water Flows between nations in relación to International Crop Trade*. Value of Water Research Report Series N° 11. <https://www.waterfootprint.org/media/downloads/Report11.pdf>
- Honores, o. & Casique, H. (2016). *Evaluación exergética y termoeconómico de la planta evaporadora agua de cola y secadores rotatubos de la empresa pesquera Tecnología de Alimentos S.A – Chimbote*. [Tesis, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio Institucional]. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2639>.
- Iso 14046 (2014). Gestión ambiental — Huella de agua — Principios, requisitos y directrices. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14046:ed-1:v1:es>
- Iso 14044 (2016). Gestión ambiental — Análisis del ciclo de vida — Requisitos y directrices. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14044:ed-1:v1:es>

Larios, J., Gonzales, C. & Morales, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL*. 2(2), 9-25. Universidad San Ignacio de Loyola. <https://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>.

Navarro, D., Palomares, A., De La Torre, C., Carrillo, L., Zenteno, E., Quiñonez, J., Huapaya, V., Aguilar, G., Mariñas, J., Godoy, V., Guerrero, H., Paco, A., Torres, L., Oyola, J., Aliaga, E., Luque, C., Huaranca, A., Ramos, S., Nidia, L., ..., Céspedes J. (2019). Compendio Nacional de Estadísticas de Recursos Hídricos. *Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos (SNIRH)*. 1, 1-268. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/4231>.

Papi, S., María, A., Galleguillos, C., Broschek, U., Dourojeanni, A., Jofré, S., Candia, J., Conza, A., Laura, R., Castro, M., Toranzo, C., Gabriel, J., Gmünder, S. & Solís C. (2017). Manual de aplicación de evaluación de huella hídrica acorde a la norma iso 14046. Fundación Chile. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). <https://hdl.handle.net/20.500.12543/3829>

Rendón, E. (2015). La huella hídrica como un indicador de sustentabilidad y su aplicación en el Perú. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL*. 2, 34-47. <https://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/40>.

Reyes, J., Castro, M., Conza, A. & Alfaro, B. (2015). Informe de evaluación de huella hídrica del helado donito de lúcuma y vainilla en la fábrica Donofrio. <https://www.elaguanosune.org/gestion-del-conocimiento/estudios-de-caso/empresarial/nestle-primer-empresa-de-alimentos-en-peru-en-verificar-huella-hidrica-iso-14046/>

Rojas, C. (2019). Huella Hídrica en la obtención de palta (persea americana) variedad Hass para exportación. Tesis. Universidad Nacional de Trujillo.

SNP (2018). Harina de pescado. Perú lidera su producción mundial. <https://www.snp.org.pe/harina-de-pescado/>

Sotelo, M. (2015). Cuestiones de escala en el ámbito de la "Huella Hídrica".

Observatorio Medioambiental. 18, 9-37. http://dx.doi.org/10.5209/rev_OBMD.2015.v18.51284.

Tarazona, E. & Portilla, J. (2016). Estudio energético de equipos consumidores de energía térmica para la implementación óptima de una planta de harina de pescado en el consorcio pesquero el ferrol sac chimbote. Informe de tesis para optar por el título profesional de ingeniero en energía. Nuevo Chimbote – Perú.

Tolón, A., Lastra, X. & Fernández, V. (2013). Huella hídrica y sostenibilidad del uso de los

recursos hídricos. *Revista Electrónica de Medio Ambiente*. 14(1), 56-86.

https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Huella+h%C3%ADdrica+y+sostenibilidad+del+uso+de+los+recursos+h%C3%ADdricos&btnG=\

WWAP (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás. París, UNESCO. <http://www.unwater.org>.

ANEXO I:

Memoria de Cálculo para la evaluación de la huella hídrica en la etapa de cocción.

1) Cálculo del vapor de agua requerido para calentamiento de las cocinas.

$$Q1 = N^{\circ} \text{ días producción} * \text{No cocinadores} * m \text{ cocinas} * C_p \text{ acero} * (T2-T1)$$

Reemplazando datos tenemos:

$$Q1 = 120 * 5 * 28,000 \text{ kg} * 0.110 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C} * (100 - 20) ^{\circ}\text{C}$$

$$Q1 = 147,840,000.00 \text{ Kcal}$$

Calculando el vapor requerido para el calentamiento tenemos:

$$Vr1 = (147,840,000.00 \text{ Kcal}) / (516.70 \text{ Kcal} / \text{Kg})$$

$$Vr1 = 286,126.06 \text{ Kg de vapor}$$

$$Vr1 = 286,126.06 \text{ L agua} = 286.126 \text{ m}^3 \text{ agua.}$$

La cantidad de vapor utilizado para el calentamiento de las cinco (05) cocinas fue de 286,126.06 kg, esto equivale a 286.13 m³ agua.

2) Cálculo del vapor requerido para la cocción del pescado.

$$Q2 = m \text{ pescado} * C_p \text{ pescado} * (Tf-Ti)$$

Calculando Cp pescado:

$$C_p \text{ pescado} = C_p \text{ agua} * \% \text{ agua-pescado} + C_p \text{ sólidos} * \% \text{ sólidos-pescado} + C_p \text{ aceite} * \% \text{ aceite-pescado.}$$

Reemplazando datos tenemos:

$$Q2 = 274,527.00 \text{ TM} * 1000 \text{ kg/TM} * 0.869 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C} * (100 - 20) ^{\circ}\text{C}$$

$$Q2 = 19,184,401,167.51 \text{ Kcal}$$

Calculando el vapor requerido para la cocción del pescado tenemos:

$$Vr2 = (19,184,401,167.51 \text{ Kcal}) / (516.70 \text{ Kcal} / \text{Kg})$$

$$Vr2 = 37,129,039.34 \text{ Kg de vapor}$$

La cantidad de vapor utilizado para la cocción de 274,527.00 TM de pescado fue de 37,129,039.34 Kg, esto equivale a 37,129.04 m³ agua.

3) Cálculo de las pérdidas de vapor

$$Q3 = U * A * (Tf-Ti)$$

$$U = 8.4 + 0.06 * (40-20) = 9.6 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$$

Calculando el área.

$$A = \text{No cocinadores} * 2 * \pi * r * L + (2 * \pi * D^2)/4$$

$$A = 5 * 2 * 3.1416 * 0.75 * 13.6 + (2 * 3.1416 * 1.5^2)/4$$

$$A = 323.98 \text{ m}^2$$

Reemplazando datos tenemos.

$$Q_3 = 9.6 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C} * 323.98 \text{ m}^2 * (40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) * 1837 \text{ h}$$

$$Q_3 = 228,490,165.19 \text{ Kcal}$$

Calculando el vapor perdido tenemos:

$$Vr_3 = (228,490,165.19 \text{ Kcal}) / (516.70 \text{ Kcal / Kg})$$

$$Vr_3 = 442,214.50 \text{ Kg de vapor}$$

La cantidad de vapor perdido en la cocción fue de 442,214.50 Kg de vapor, esto equivale 442.21 m³ agua.

4) Cálculo del requerimiento total de vapor para la etapa de cocción.

$$Vrt = Vr_1 + Vr_2 + Vr_3$$

$$Vrt = (286,126.06 + 37,129,039.34 + 442,214.50) \text{ kg vapor}$$

$$Vrt = 37,857,379.90 \text{ kg vapor}$$

$$Vrt = 37,857,379.90 \text{ L agua}$$

$$Vrt = 37,857.38 \text{ m}^3 \text{ agua.}$$

ANEXO II:

Memoria de Cálculo para la evaluación de la huella hídrica en la etapa de secado con rotadisk.

1) Cálculo del vapor requerido para el calentamiento de los secadores rotadisk.

$$Q1 = N^{\circ} \text{ días producción} * No \text{ secadores} * m \text{ secadores} * Cp \text{ acero} * (Tf-Ti)$$

Reemplazando datos tenemos:

$$Q1 = 120 * 3 * 82,000 \text{ kg} * 0.110 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C} * (100 - 20) ^{\circ}\text{C}$$

$$Q1 = 25,9776,000.00 \text{ Kcal}$$

Calculando el vapor requerido para el calentamiento tenemos:

$$Vr1 = (25,9776,000.00 \text{ Kcal}) / (498.23 \text{ Kcal} / \text{Kg})$$

$$Vr1 = 521395.09 \text{ Kg de vapor}$$

$$Vr1 = 521,395.09 \text{ L agua} = 521.40 \text{ m}^3 \text{ agua.}$$

2) Cálculo del calor requerido antes de llegar a la ebullición.

$$Q2 = m \text{ t-integral} * Cp \text{ t-integral} * (Tf-Ti)$$

Calculando Cp t-integral:

$$Cp \text{ t-integral} = Cp \text{ agua} * \% \text{ agua t-integral} + Cp \text{ sólidos} * \% \text{ sólidos t-integral} + Cp \text{ aceite} * \% \text{ aceite t-integral.}$$

Reemplazando datos tenemos:

$$Q2 = 144,807.00 \text{ TM} * 1000 \text{ kg/TM} * 0.784 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C} * (85 - 60) ^{\circ}\text{C}$$

$$Q2 = 2,839,561,585.74 \text{ Kcal}$$

Calculando el vapor requerido para llevar al scrap del pescado al punto de ebullición tenemos:

$$Vr2 = (2,839,561,585.74 \text{ Kcal}) / (498.23 \text{ Kcal} / \text{Kg})$$

$$Vr2 = 5,699,269.63 \text{ Kg de vapor}$$

$$Vr2 = 5,699,269.63 \text{ L agua} = 5,699.27 \text{ m}^3 \text{ agua.}$$

3) Cálculo del calor requerido para la llegar a evaporar el agua del scrap.

$$Q3 = m \text{ agua-evap} * Cp \text{ agua-evap} * (Tf-Ti) + m \text{ agua-evap} * Cp \text{ evap-agua}$$

Datos:

$$C_p \text{ agua} = 1 \text{ Kcal /Kg } ^\circ\text{C}.$$

$$C_p \text{ evap-agua} = 540 \text{ Kcal/Kg}$$

Reemplazando datos tenemos:

$$Q_3 = (29,826.00 \text{ TM} * 1,000.00 \text{ kg/TM} * 1.00 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} * (100 - 85) ^\circ\text{C}) + \\ (29,826.00 \text{ TM} * 1,000.00 \text{ kg/TM} * 540 \text{ Kcal/kg})$$

$$Q_3 = 16,553,614,180.59 \text{ Kcal}$$

Calculando el vapor requerido para la evaporación del scrap tenemos:

$$Vr_3 = (16,553,614,180.59 \text{ Kcal}) / (498.23 \text{ Kcal / Kg})$$

$$Vr_3 = 33,224,674.90 \text{ Kg de vapor}$$

$$Vr_3 = 33,224.67 \text{ L agua} = 33,224.67 \text{ m}^3 \text{ agua}$$

4) Cálculo de las pérdidas de vapor

$$Q_4 = U * A * (T_f - T_i)$$

$$U = 8.4 + 0.06 * (40 - 20) = 9.6 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$$

Calculando el área.

$$A = \text{No secadores} * 2 * \pi * r * L + (2 * \pi * D^2) / 4$$

$$A = 3 * 2 * 3.1416 * 1.9 * 8.5 + (2 * 3.1416 * 3.8^2) / 4$$

$$A = 327.10 \text{ m}^2$$

Reemplazando datos tenemos.

$$Q_4 = 9.6 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C} * 327.10 \text{ m}^2 * (40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) * 1837 \text{ h}$$

$$Q_4 = 115,347,374.54 \text{ Kcal}$$

Calculando el vapor perdido tenemos:

$$Vr_4 = (115,347,374.54 \text{ Kcal}) / (498.23 \text{ Kcal / Kg})$$

$$Vr_4 = 231,513.13 \text{ Kg de vapor}$$

$$Vr_4 = 231,513.13 \text{ Lagua} = 231.51 \text{ m}^3 \text{ agua.}$$

5) Cálculo del requerimiento total de vapor para la etapa de secado con rotadisk.

$$Vrt = Vr_1 + Vr_2 + Vr_3 + Vr_4$$

$$V_{rt} = (521395.09 + 5,699,269.63 + 33,224,674.90 + 231,513.13) \text{ kg vapor}$$

$$V_{rt} = 39,676,852.75 \text{ kg vapor}$$

$$V_{rt} = 39,676,852.75 \text{ L agua}$$

$$V_{rt} = 39,676.85 \text{ m}^3 \text{ agua.}$$

ANEXO III:

Memoria de Cálculo para la evaluación de la huella hídrica en la etapa de secado con rotatubo.

1) Cálculo del calor requerido para el calentamiento de los secadores rotatubos.

$$Q1 = N^{\circ} \text{ días producción} * N^{\circ} \text{ secadores} * m \text{ secadores} * C_p \text{ acero} * (T_f - T_i)$$

Reemplazando datos tenemos:

$$Q1 = 120 * 5 * 110,000.00 \text{ kg} * 0.110 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C} * (100 - 20) ^{\circ}\text{C}$$

$$Q1 = 580800000.00 \text{ Kcal}$$

Calculando el vapor requerido para el calentamiento tenemos:

$$Vr1 = (580,800,000.00 \text{ Kcal}) / (493.46 \text{ Kcal} / \text{Kg})$$

$$Vr1 = 1,177,005.54 \text{ Kg de vapor}$$

$$Vr1 = 1,177,005.54 \text{ L agua} = 1,177.01 \text{ m}^3 \text{ agua.}$$

2) Cálculo del calor requerido antes de llegar a la ebullición.

$$Q2 = m \text{ t-integral} * C_p \text{ t-integral} * (T_f - T_i)$$

Calculando Cp t-integral:

$$C_p \text{ t-integral} = C_p \text{ agua} * \% \text{ agua t-integral} + C_p \text{ sólidos} * \% \text{ sólidos t-integral} + C_p \text{ aceite} * \% \text{ aceite t-integral.}$$

Reemplazando datos tenemos:

$$Q2 = 114,981.00 \text{ TM} * 1000 \text{ kg/TM} * 0.756 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C} * (90 - 85) ^{\circ}\text{C}$$

$$Q2 = 434,634,375.72 \text{ Kcal}$$

Calculando el vapor requerido para llevar el scrap del pescado al punto de ebullición tenemos:

$$Vr2 = (434,634,375.72 \text{ Kcal}) / (493.46 \text{ Kcal} / \text{Kg})$$

$$Vr2 = 880,797.29 \text{ Kg de vapor}$$

$$Vr2 = 880,797.29 \text{ L agua} = 880.80 \text{ m}^3 \text{ agua.}$$

3) Cálculo del calor requerido para la llegar a evaporar el agua del scrap.

$$Q3 = m \text{ agua-evap} * C_p \text{ agua-evap} * (T_f - T_i) + m \text{ agua-evap} * C_p \text{ evap-agua}$$

Datos:

$$C_p \text{ agua} = 1 \text{ Kcal /Kg } ^\circ\text{C}.$$

$$C_p \text{ evap-agua} = 540 \text{ Kcal/Kg}$$

Reemplazando datos tenemos:

$$Q_3 = (38,053.00 \text{ TM} * 1,000.00 \text{ kg/TM} * 1.00 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} * (100 - 90) ^\circ\text{C}) + \\ (38,053.00 \text{ TM} * 1,000.00 \text{ kg/TM} * 540 \text{ Kcal/kg})$$

$$Q_3 = 20,929,201,566.24 \text{ Kcal}$$

Calculando el vapor requerido para la evaporación del scrap del pescado tenemos:

$$Vr_3 = (20,929,201,566.24 \text{ Kcal}) / (493.46 \text{ Kcal / Kg})$$

$$Vr_3 = 42,413,543.62 \text{ Kg de vapor}$$

$$Vr_3 = 42,413,543.62 \text{ L agua} = 42,413.54 \text{ m}^3 \text{ agua}$$

4) Cálculo de las pérdidas de vapor

$$Q_4 = U * A * (T_f - T_i)$$

$$U = 8.4 + 0.06 * (40 - 20) = 9.6 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$$

Calculando el área.

$$A = N_{\text{secadores}} * 2 * \pi * r * L + (2 * \pi * D^2) / 4$$

$$A = 5 * 2 * 3.1416 * 1.75 * 16 + (2 * 3.1416 * 3.5^2) / 4$$

$$A = 898.89 \text{ m}^2$$

Reemplazando datos tenemos.

$$Q_4 = 9.6 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C} * 899.00 \text{ m}^2 * (40^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) * 1837 \text{ h}$$

$$Q_4 = 316,978,174.62 \text{ Kcal}$$

Calculando el vapor perdido tenemos:

$$Vr_4 = (316,978,174.62 \text{ Kcal}) / (493.46 \text{ Kcal / Kg})$$

$$Vr_4 = 642,364.10 \text{ Kg de vapor}$$

$$Vr_4 = 642,364.10 \text{ L agua} = 642.36 \text{ m}^3 \text{ agua.}$$

5) Cálculo del requerimiento total de vapor para la etapa de secado con rotatubos.

$$Vr_t = Vr_1 + Vr_2 + Vr_3 + Vr_4$$

$$V_{rt} = (1,177,005.54 + 880,797.29 + 42,413,543.62 + 642,364.10) \text{ kg vapor}$$

$$V_{rt} = 45,113,710.54 \text{ kg vapor}$$

$$V_{rt} = 45,113,710.54 \text{ L agua}$$

$$V_{rt} = 45,113.71 \text{ m}^3 \text{ agua.}$$

Porcentaje de similitud del TURNITIN

“Huella hídrica del proceso de harina de pescado y su impacto ambiental de una planta industrial pesquera de Chimbote – Perú, en el año 2021”

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

14%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE
