

**FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA LA MINIMIZACIÓN Y USO EFICIENTE
DEL AGUA EN EL PROCESO DE LAVADO EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE
COMPLEMENTOS ALIMENTARIOS Y SUPLEMENTOS DIETARIOS**

**DIANA CAROLINA BARCO CUADROS
ANDRES FELIPE DOSMAN**



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
SANTIAGO DE CALI
2023**

FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA LA MINIMIZACIÓN Y USO EFICIENTE
DEL AGUA EN EL PROCESO DE LAVADO EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE
COMPLEMENTOS ALIMENTARIOS Y SUPLEMENTOS DIETARIOS

Trabajo de grado presentado para cumplir con los requisitos finales para la obtención
del título en Ingeniería Sanitaria y Ambiental

DIANA CAROLINA BARCO CUADROS
ANDRES FELIPE DOSMAN

Director:

JUAN PABLO SILVA VINASCO
Profesor Titular-Facultad de Ingeniería Universidad del Valle
Ing. Químico MSc. Ing. Sanitaria y Ambiental PhD
Universidad del Valle



UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE
INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
SANTIAGO DE CALI
2023

Dedicado a mi hija y a mis padres, motor y luz de mi vida
Diana Carolina Barco

Agradecimientos

A Dios por guiarme en todo momento. A mi amada Universidad del Valle, la cual me ha brindado maravillosos momentos, conocimiento y grandes amigos. Al profesor Juan Pablo Silva por sus valiosos aportes y conocimiento durante el desarrollo de esta investigación. A los colaboradores de la empresa objeto de estudio quienes siempre estuvieron dispuestos para sacar esta investigación adelante, de los cuales aprendí mucho y a quienes tengo mucho aprecio.

A mi madre por ser mi apoyo incondicional. A mi padre. A mi hija por ser mi motivación, por su paciencia y haberme acompañado en este proceso incluso desde antes de nacer. A mis compañeros con quienes atravesamos este camino y quienes fueron mi apoyo siempre. A mis amigos y familiares los cuales creyeron en mí en todo momento y siempre tuvieron las palabras precisas en el momento indicado y todos quienes de una u otra manera aportaron a este logro. ¡Simplemente gracias!

Diana Carolina Barco

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	8
2.	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y ANTECEDENTES	9
3.	JUSTIFICACIÓN	12
4.	OBJETIVOS	13
4.1.	OBJETIVOS GENERAL	13
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
5.	MARCO TEÓRICO.....	14
5.1.	Producción más limpia P+L	14
5.2.	Demanda hídrica	15
5.3.	Agua residual	15
5.4.	Impacto ambiental	16
5.5.	Gestión integral de recurso hídrico GIRH	16
5.6.	Balance hídrico.....	16
5.7.	Industria alimentaria	17
5.8.	Gestión del agua en la industria	17
6.	METODOLOGÍA.....	18
6.1.	Localización.....	18
6.2.	Diagnóstico del uso del agua.....	19
6.3.	Información Lavados	20
6.4.	Levantamiento de información para el Balance de Agua	21
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
8.	CONCLUSIONES.....	59
9.	RECOMENDACIONES.....	60
10.	BIBLIOGRAFIA	61

Listado de Tablas

Tabla 1: Criterios para mejoramiento en lavados	23
Tabla 2: Asignación de porcentaje a los criterios de evaluación de alternativas	23
Tabla 3: Sub-Matriz	24
Tabla 4: Clasificación de Áreas de la empresa	27
Tabla 5: Resumen de puntos y equipos hidráulicos	29
Tabla 6: Puntos de lavado de equipos y pocetas de lavado general por área de Clasificación	30
Tabla 7: Datos de consumo mensual de agua	34
Tabla 8: Consumo de agua en enjuague de los contenedores en junio	40
Tabla 9: Consumo de agua en enjuague de los contenedores en julio	40
Tabla 10: Datos consumo de agua por unidad de materia prima en toneladas	42
Tabla 11: Consumo de agua por unidad producida para los meses de junio y julio	43
Tabla 12: Caracterización vertimientos	50
Tabla 13: Biodegradabilidad del agua residual no doméstica generada en la empresa	51
Tabla 14: Costos propuestas intervención infraestructura.....	54
Tabla 15: Costos de inversión inicial y operativo por equipo	55
Tabla 16: Costos equipos para riego	55
Tabla 17: Características sugeridas del Programa de Educación Ambiental	56
Tabla 18: Matriz de soluciones propuestas	56

Listado de figuras.

Figura 1: Distribución de agua en el mundo.....	18
Figura 2: Ubicación de la empresa caso de estudio.....	19
Figura 3: Mezclador mecánico	26
Figura 4: Área de empaque producto terminado.....	27
Figura 5: Diagrama de flujos de agua	28
Figura 6: Red Hidráulica de agua potable.....	29
Figura 7: Esquema planta de tratamiento Agua Potable	31
Figura 8: Sistema de presión de agua tratada.	31
Figura 9: Compuertas de Tanques de Almacenamiento.	32
Figura 10: Micro medidores y punto de conexión de Mangueras.	32
Figura 11: Esquema Planta de Tratamiento de Agua no Doméstica	32
Figura 12: Residuo del lavado de Máquinas.	33
Figura 13: Contenedor Gallay.....	33
Figura 14: Esquema general del proceso de lavado de contenedores.....	34
Figura 15: Aforo volumétrico en el CIP	39
Figura 16: Equipo Mespac (durante lavado).....	41
Figura 17: Diagrama de flujo para el Balance de Agua	44
Figura 18: Actividades de consumo dentro de la empresa.....	45
Figura 19: Consumo de agua para lavado de áreas y Limpieza.....	46
Figura 20: Consumo por línea de producción	46
Figura 21: Lavado Línea Mespac.....	47

Figura 22: Fugas en puntos hidráulicos	48
Figura 23: Dificultades en el drenaje (desniveles inadecuados).....	48
Figura 24: Dosificación de agua durante lavados por parte del personal	49
Figura 25: Criterios de interés en la empresa (matriz)	52
Figura 26: Grupos de interés para mejoramiento por parte de los empleados	53

RESUMEN

El desarrollo de la siguiente investigación se llevó a cabo durante el año 2022 en una empresa manufacturera de productos alimenticios y suplementos dietarios en polvo (producción seca), localizada en municipio de Guachené en el departamento de Cauca, Colombia desde la cual se produce y distribuye para la zona Andina y Mercosur. Para el alcance de los objetivos planteados en el proyecto, se realizaron revisiones bibliográficas, visitas de reconocimiento, levantamiento de información primaria y secundaria (bases de datos científicas, normatividad vigente, guías nacionales e internacionales de Producción Más Limpia - PML), aforos volumétricos, cálculos de consumos a partir de dotaciones con valores de referencia para Colombia, micromedición y por ultimo determinación del balance de agua. Así mismo se realizaron encuestas de información, percepción y experiencia al personal involucrado. Por último, se adaptaron algunos criterios de una evaluación multicriterio para definir y recomendar algunas alternativas para el uso eficiente y ahorro de agua en el marco de una estrategia hacia PML.

Para la empresa objeto de estudio, se encontró que el volumen de agua usado se encuentra principalmente asociado a las actividades de lavado de áreas y superficies (49%), seguido por el consumo de empleados durante el desarrollo de sus actividades laborales (27%), posteriormente se encontró al lavado de equipos (18%), mientras que las actividades del casino y las de riego de zonas verdes representaron un 4% y un 2% respectivamente.

Del consumo asociado al lavado de áreas y superficies, se identificó que la de mayor demanda correspondió al lavado de cambio en las líneas de producción en el área blanca, principalmente por la línea de producción Mespac con un 36% del volumen total, determinando así para el estudio la línea crítica y foco en la cual se centraron los análisis de causas y oportunidades de mejora, las cuales se podrán replicar al resto de las líneas y áreas en la empresa. Estos resultados obtenidos fueron complementados con la encuesta a los actores involucrados, lo cual sirvió de base para la construcción de la evaluación multicriterio como apoyo para la selección de las actividades de mejora asociadas a una estrategia de PML, la cual incluye los componentes ambientales, social, económico y eficiencia. Obteniendo finalmente alternativas y oportunidades de mejora enfocadas en tres grupos principales: 1) Uso de equipos más eficientes para las actividades de lavado, limpieza y desinfección, 2) Adecuaciones o reformas en la infraestructura y reubicación de algunas áreas de producción y 3) Refuerzos y mejoramiento de los procesos de capacitación y entrenamiento del personal enfocados en PML. Estas se jerarquizaron de acuerdo a cuatro criterios fundamentales mencionados anteriormente; permitiendo así identificar cuáles son las soluciones con mayor viabilidad y más idóneas para la empresa dentro de las cuales se identificaron acciones de cambio y posibles soluciones en la gestión del uso del agua de manera participativa con los colaboradores de la empresa, enfocada hacia una producción más limpia.

Palabras clave: Producción más limpia, ahorro y uso eficiente del agua, industria de alimentos, sostenibilidad.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el uso del agua es uno de los problemas más importantes a nivel mundial, principalmente por el manejo inadecuado que la sociedad humana ha llevado a cabo sobre el recurso hídrico, particularmente desde la era industrial desde décadas atrás hasta nuestros días. Patrones de altos consumo de agua para riego, manutención ganadera y similares, además de vertimientos líquidos que contienen toneladas de sustancias químicas y biológicas han conducido a un deterioro progresivo y sistemático de las fuentes hídricas y los ecosistemas. Dado lo anterior, los Gobiernos y los usuarios del recurso tales como las personas naturales y conglomerados industriales, son conscientes de la necesidad de generar planes de normatividad política y acciones concretas en donde se busque una equidad y una distribución sostenible del recurso que permita dejarle un legado a las generaciones futuras.

Teniendo en cuenta que el sector manufacturero emplea agua durante la mayoría de sus procesos productivos, bien sea para fabricación de los productos, lavados, dilución, enfriamiento y/o transporte de los productos o servicios (Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, 2016), este sector es crucial en el uso del recurso hídrico. para el año 2010 (FAO, 2021) el sector industrial en el mundo presentaba un consumo de agua cercano al 20% del total y de este consumo se presentan vertimientos no tratados cercanos al 30% en países desarrollados, un 62% en países de ingreso medios y 72% en países de ingresos bajos (WWWAP, 2017).

Acorde al Ministerio de Ambiente la Demanda Orgánica Biodegradable (DBO_5) vertida a los sistemas hídricos en Colombia durante el año 2012 alcanzó 756.945T/año, de este total, la industria aporta el 28% y la carga total Nacional vertida a los cuerpos de agua correspondiente a la Demanda Química de Agua (DQO), es de 1.675.616T/año, de los cuales la industria aporta el 37% y en Sólidos Suspendidos Totales- SST se vierten 1.135.726 T/año del cual la industria aporta el 7% (SIAC, 2021)

Entonces, es claro que un mayor crecimiento industrial trae consigo un incremento en la demanda del recurso hídrico. Por lo tanto, se hace evidente la necesidad de una intervención en los sistemas industriales, donde se haga efectiva una responsabilidad empresarial que ocupe y ponga en uso una gestión y manejo adecuado del recurso hídrico, como una re-estructuración para la disminución de los impactos ambientales, de la mejora de la calidad de los procesos y un generador de mercados emergentes (WBCSD, 2005). Una estrategia que ha sido sugerida para mejorar la gestión del agua en el sector manufacturero es la Producción más Limpia ya que esta se basa en la minimización y uso eficiente de los recursos.

Basado en esta última tendencia, la presente propuesta de Trabajo de Grado buscó evaluar la gestión del agua en la empresa, en especial en el proceso de lavado dentro de una de las líneas de producción. La empresa caso de estudio, al interior de sus procesos productivos y actividades cotidianas de los empleados no tiene ejecutando un programa de ahorro y uso eficiente de agua ni aplica estrategias de producción más limpia para el óptimo aprovechamiento

del recurso hídrico, no obstante, hay un interés empresarial de promover una mejora continua en este sentido, además de los beneficios que esta implica al disminuir el caudal de vertimientos al sistema de tratamiento, permitiendo una mejor eficiencia de las unidades y un mayor tiempo en su vida útil, así como disminuir la carga contaminante que se emiten a las fuentes hídricas.

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y ANTECEDENTES

Alrededor del 97% del agua en el planeta se encuentra en los océanos, del 3% restante el 2,3% está solidificada en los casquetes polares, el 0,3% se encuentra tan profundamente confinada y su extracción resulta antieconómica y el resto se distribuye en ríos, lagos, riachuelos y subsuelo (ONU-Agua & UNESCO, 2020). Considerando que sólo hay dos fuentes de agua utilizables por el ser humano, a saber: las superficiales y las subterráneas y que éstas sólo constituyen el 0,4% del total disponible, es fácil deducir que es un recurso escaso. Pero más escaso resulta si se piensa en términos cualitativos, ya que los procesos de contaminación de las mismas reducen aún más su disponibilidad (Rojas, 2014) ocasionando que esta disponibilidad de agua dulce, no garantiza que se pueda usar para consumo humano o en las diferentes actividades antrópicas. Adicionalmente, el crecimiento constante de la población, el cambio climático y la contaminación del agua hace que cada vez la disponibilidad de este recurso sea menor.

Para el 2010 la extracción mundial de agua fue de 4000 Km³/año (FAO, 2021) y los sectores de principal demanda estaban representados por el Agropecuario con el 70%, el industrial con el 19% y el Municipal con el 11%. En el año 2012 la demanda hídrica nacional alcanzó 35.987,1 millones de m³, el sector que más demanda agua es el agrícola con 16.760,3 millones de m³ (46.6% del total), seguido por el sector energía con 7.738,6 millones de m³ (21,5% del total), el sector pecuario con 3.049,4 (8,5%) y el sector doméstico con 2.963,4 (8,2%) (SIAC, 2021)

En promedio, los países de ingresos altos tratan cerca del 70% de las aguas residuales municipales e industriales, este promedio cae a un 38% en los países de ingresos medios-altos y a un 28% en los países de ingresos medios-bajos, en los países de ingresos bajos solo el 8% recibe algún tratamiento. Estas estimaciones sustentan la aproximación que se cita comúnmente que, en el mundo, más del 80% de las aguas residuales son vertidas sin tratamiento alguno (WWWAP, 2017).

En América Latina y el Caribe, sólo alrededor del 60 por ciento de la población está conectada a un sistema de alcantarillado y sólo un 30 a 40 por ciento de las aguas residuales de la región que se captan se tratan (Rodríguez, Hector, Delgado, Nolasco, & Saltiel, 2020). Acorde al último informe de Superservicios, en Colombia para el 2019, se obtuvo que el porcentaje de aguas residuales tratada es del 48,56% (49,60m³/s), lo cual representó un incremento de 5,71% respecto al dato de la vigencia 2018 que correspondió al 42,85% (SUPERSERVICIOS, 2020) lo cual indica que se debe seguir implementando acciones para el manejo adecuado de los vertimientos y la protección de las fuentes hídricas.

A final de los años 80's y 90's, la difusión y el reconocimiento de la contaminación consecuente al consumo y producción masiva de bienes y servicios domésticos e industriales enmarca la

constitución del fenómeno de la contaminación como un problema de carácter sumamente relevante y como consecuencia, se desarrollaron análisis sistemáticos alrededor de toda la estructura productiva que concluyeron en la idea principal de que es más viable para las empresas y la sociedad en general, invertir en tecnologías “encima del tubo” en vez de insistir en intervenciones de “final del tubo”, las cuales significaban esfuerzos enfocados en reparar los daños por la contaminación en vez de evitarlos o reducirlos (Bernal, 2016).

A partir de las evaluaciones desarrolladas desde las naciones industrializadas de occidente, se acuñaron las tecnologías “encima del tubo” como estrategias a implementar de forma prioritaria, dando el primer paso a la constitución del paradigma de la PML como un nuevo sistema económico, político y ecológico en la tecnificación y la estructuración industrial, el cual se comienza a formalizar y da un paso importante en su nacimiento desde las entidades de gobierno Estadounidense impulsadas desde la Agencia de Protección Ambiental - EPA, la cual fue apoyada desde el Senado de dicho país y se gestó en su programa de “Prevención a la Contaminación” (United States. Pollution Prevention Act, 1990).

En 1993 el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente –PNUMA empleó por primera vez el concepto de Producción más Limpia – PML el cual pretende implementar de forma sistemática, procesos de producción, donde se aborde el ahorro de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción en cantidades y toxicidad de desechos y emisiones (UNEP, 1993).

En Colombia, la introducción de la PML se lleva a cabo a través de la Política Nacional de Producción más Limpia en 1997 (Van & Herrera, 2007), la cual se ubica en el contexto de la nueva Constitución Política de 1991, involucrando varios pliegos al fomento de la protección del medioambiente, la protección de la fauna y la conservación de las aguas y se encuentra acorde con la Ley 373 de 1997, conocida como Ley de Uso Eficiente y Ahorro del Agua, y la Resolución 0631 del 2015 a través de la cual se establecen parámetros y criterios en el manejo que se le dan a los vertimientos así como se obliga a los municipios a construir plantas de tratamiento de aguas residuales para su reúso, aprovechando y poniendo en circulación aguas que puedan reincorporarse a las fuentes hídricas.

A pesar de la instauración de una Política Nacional en donde la PML se instala como un brazo de la normatividad ambiental y que se constituye dentro de los planes territoriales de gobierno como un requisito y una función de los aparatos del Estado y que se deben consolidar en el quehacer institucional (Van hoof & Herrera, 2007) Colombia aún está muy lejos de prevenir la contaminación del recurso hídrico. Según datos de la CEPAL para el año 2020 se habían certificado 2.926 empresas en ISO 14001 (CEPAL, 2020). Sin embargo, esta cifra estadística no es alentadora si se considera que para el año 2021, de acuerdo datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, se reportaron 767.673 empresas activas en Colombia (DANE, 2021), aunque es cierto que no todas las empresas requieren de agua para sus procesos productivos, un alto porcentaje de este recurso es usado por la industria en Colombia.

El agua puede ser usada para la satisfacción directa de las necesidades humanas, como parte de un proceso productivo o demandada por los ecosistemas para su sostenimiento (IDEAM,

2015), Según estudios realizados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 391 municipios ya están expuestos al riesgo de escasez de agua, y la tendencia a largo plazo indica que muchos más correrán la misma suerte (Banco Mundial, 2020). Con lo anteriormente mencionado se hace evidente la necesidad de una intervención y un cambio sistemático en la gestión y uso adecuado de los recursos hídricos en aras de disminuir la huella hídrica, mejorar la calidad y eficiencia de los procesos industriales y garantizar un saneamiento que cumpla la norma constitucional y los derechos fundamentales del ciudadano en Colombia.

Los objetivos 6 y 9 del desarrollo sostenible ODS propuestos por las Naciones Unidas se enfocan en garantizar el agua limpia y saneamiento básico para la población, así como la innovación en la industria e infraestructura (UN, 2015) y teniendo en cuenta que otros ODS están íntimamente relacionados con la gestión de recursos hídricos, es necesario implementar acciones para evitar la contaminación del agua por parte de las industrias (UNESCO, 2020). Esto sugiere mejoras en la gestión del agua donde se reconozca la importancia biológica que tienen las fuentes hídricas en los diversos ecosistemas, así como una invitación a todas las economías a que se intervenga sus procesos con un enfoque de Producción más limpia P+L.

Este proyecto, además, buscó promover el uso eficiente y ahorro de agua en la empresa de estudio (una industria manufacturera de complementos alimentarios y suplementos dietarios), específicamente en el área de lavado en las líneas de producción.

Recientemente en el año 2019 se desarrolló un programa de uso eficiente y ahorro de agua para el área administrativa, cafetería y lavandería de la empresa “Laboratorios Synthesis” afiliada a laboratorios ABBOTT (Guatavia, 2019). ABBOTT elabora productos farmacéuticos y nutricionales destinados a personas de todas las edades (ABBOTT, s.f). En este estudio dentro del programa de uso eficiente y ahorro de agua se establecieron recomendaciones de carácter tecnológico, operacional y mantenimientos correctivos y prevenidos encaminados en la disminución del consumo de agua.

Los usos del agua en la industria alimentaria son muy variados y específicos, estos van desde los procesos de limpieza diaria y lavado de manos, hasta su uso como ingrediente principal de algunos productos (Muñoz & Sánchez, 2016). Esto hace la necesidad de evaluar los procesos y metodologías implementadas en todas actividades de una industria para conocer y regular el uso del agua, con el fin de disminuir el uso del recurso, así como el volumen de las descargas y finalmente disminuir los costos asociados de la empresa.

La revisión de literatura señala varias experiencias exitosas en la aplicación de P+L en diferentes industrias; un ejemplo de esto, es el caso de una empresa del sector productivo de aceites y grasas vegetales, donde se implementó una estrategia para el Ahorro y uso eficiente de agua, en este caso, al proponer estrategias de ahorro se tuvo en cuenta la producción de vapor, el uso del agua de calderas, la recirculación de condensados, estado de las tuberías de transporte de agua y vapor (recubrimientos térmicos), lavados, instalación de dispositivos ahorradores y por consiguiente la disminución en la generación y tratamiento de las aguas residuales, con esto se optimizó el funcionamiento de la planta de tratamiento y disminuyó los costos de operación (Hernández Matiz, 2007).

La planta de Bavaria S.A en Bucaramanga, implementó una estrategia de P+L, en la cual se evidenciaron mejoras en diferentes sectores, procesos y recursos, entre las recomendaciones está adecuar el suelo del área de almacenamiento ya que se encuentra una parte en arena y esto aumenta el polvo y material particulado en el ambiente, también se evidenció un desperdicio por mal llenado equivalente al 7.6% del agua total que llega a la PTAR entre otras evidencias (Vargas, 2006).

En Guayaquil (Ecuador) en una industria embotelladora de gaseosas, se implementó un programa de producción más limpia, donde se identificó que los mayores problemas ambientales detectados en la planta embotelladora están asociados al manejo y gestión de los efluentes líquidos (aguas de lavado de equipos e instalaciones), al manejo de los desechos peligrosos y a los riesgos asociados con el manejo de los productos químicos peligrosos. De acuerdo a los impactos hallados, se elaboró un Plan de Manejo Ambiental que incluye medidas de mitigación, preventivas, correctivas, de contingencia y de seguimiento (Mera & Cedeño, 2012).

En un artículo sobre P+L (Gallego, 2006) recopiló algunos casos de la implementación de P+L en algunas industrias alimentarias nacionales, uno de estos es la Industria Licorera de Antioquia, donde se propuso un mejor aprovechamiento del agua mediante una técnica de ultrafiltración, la cual permite el ahorro del 50% de las aguas empleadas en los procesos de lavado de envases de vidrio a través de una tecnología de membrana. Por otra parte, en la empresa Vikingos, localizada en Cartagena, se logró a través de estrategias de P+L reducir el consumo de agua en un 80% y el aprovechamiento orgánico de los vertimientos sólidos de carne y partes de pescado como alimento en animales.

3. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación realizó un diagnóstico de los diferentes usos del agua, en una empresa manufacturera de productos alimentarios y suplementos dietarios, principalmente en las líneas de producción y durante el proceso de lavado de cambio de producto. Al tener una mejor gestión del agua en la industria conlleva a mantener la construcción de mecanismos de sostenibilidad tal como enuncia el Objetivo de Desarrollo Sostenible - ODS; Industria Sostenible, el cual busca “Construir infraestructura resiliente, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación” (UN, 2015). El cual se ve reflejado en la protección del recurso agua y en la responsabilidad social y ambiental de la compañía.

Implementar estrategias enfocadas al ahorro y gestión de recursos no sólo acarrea beneficios al planeta, como la minimización de impactos negativos asociados a los vertimientos, estrés hídrico, deterioro de ecosistemas, sino también genera un valor agregado en el mercado, asociado al factor competitivo, situación de mercado, la imagen de la organización y su marca.

Adicionalmente, la formulación de estrategias de PML enfocada al ahorro del agua promueve el desempeño ambiental de la empresa de una forma integral, desde el interior de los procesos productivos a corto, mediano y largo plazo, permitiendo así contribuir con la transformación del parque industrial a un complejo Eco Industrial lo cual es un acuerdo al que se acogió en el año

2019 el Parque Industrial cuando firmó el (“convenio” PGPEI) Por ende la empresa al pertenecer al parque también firmó el Memorando de entendimiento y compromiso de participación en el *Programa Global de Parque Eco-Industriales Intervención a Nivel País Colombia*, a cargo de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial - ONUDI, el cual es financiado por el Programa de Cooperación Económica y Desarrollo de la Embajada de Suiza - SECO y busca que el Parque Industrial implemente estrategias de producción más limpia y realice sinergias entre las empresas ubicadas dentro del complejo industrial. De esta manera la industria en estudio por su compromiso ambiental y al pertenecer a dicho complejo, se acoge a este programa.

De esta manera lo que se busca es la prevención de la contaminación en su origen, en lugar de tratarla una vez generada, con miras a la construcción de mecanismos de sostenibilidad y competitividad sectorial, considerando a la gestión ambiental como una fuente de oportunidades y no un obstáculo (Estevan Bolea, 1994). Así mismo aumentar la eficiencia durante los procesos en el correspondiente uso de recursos, reduciendo así los riesgos para los seres humanos y el ambiente.

Una de las estrategias que las empresas deben de considerar en la mejora de la gestión del agua, es la Producción más Limpia P+L. Contar con un plan de mejoramiento de gestión del agua basado en la minimización en el uso del recurso, prevención de la contaminación, recuperación de recursos importantes presentes en los vertimientos, lo cual redundará en el cumplimiento de la legislación, en la protección del recurso y en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo.

Los beneficios también son de tipo económico, ya que, al disminuir el gasto de recursos naturales como agua, y recursos materiales como las sustancias de limpieza y desinfección se ve reflejado en la reducción de inversión para la generación de los productos de la compañía. Por otro lado, se ahorra en costos de tratamiento y disposición de agua residual. Sumado a esto se estaría evitando posibles sanciones por parte de la autoridad ambiental en materia de vertimientos, lo cual se puede ver influenciado por los volúmenes de ARnD y los parámetros presentados por el efluente final.

En cuanto al ámbito social y ambiental, al tener efluentes de mejor calidad, se brinda una menor contaminación a las fuentes receptoras de la zona de influencia del vertimiento, mitigando drásticamente las externalidades y los costos ambientales que la sociedad en general debe asumir directa o indirectamente (Vázquez, 2014). Lo cual se ve reflejado en mejores fuentes superficiales para uso y disfrute de las personas, ya que no sólo se emplea el agua como elemento de consumo directo, riego y demás, sino también para la recreación y mejora del paisaje, además, se estaría disminuyendo la extracción por demanda del recurso, mitigando en cierta medida el estrés hídrico de la zona.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVOS GENERAL

Formular estrategias basadas en el concepto de producción más limpia para la minimización y el uso eficiente del agua en el proceso de lavado en una empresa manufacturera de productos alimentarios y suplementos dietarios

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Realizar el diagnóstico del uso de agua en el proceso de lavado para cambio de producto en la empresa en estudio.
- ❖ Identificar acciones de cambio en la gestión del agua de manera participativa con enfoque hacia la producción más limpia.
- ❖ Formular estrategias para mejorar la gestión del agua en la empresa, en el marco de la producción más limpia.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Producción más limpia P+L

Según el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), se entiende por Producción Más Limpia (PML): La aplicación continua de una estrategia integrada de prevención ambiental en los procesos, los productos y los servicios, con el objetivo de reducir riesgos para los seres humanos y para el medio ambiente, incrementar la competitividad de la empresa y garantizar la viabilidad económica. (UNEP, 1993)

En ese sentido, la Producción Más Limpia es una herramienta estratégica de política empresarial, que integra el medio ambiente en la gestión global de la empresa y que le permite mantener o mejorar la competitividad en un marco de sostenibilidad del medio. Así, su aplicación requiere una gestión medioambiental responsable, un cambio de actitudes y la evaluación y aplicación de los conocimientos y opciones tecnológicas (SCP/RAC, 2021).

5.2. Demanda hídrica

La demanda hídrica, según el IDEAM en el marco del Estudio Nacional del Agua (2010), se define como la extracción hídrica del sistema natural destinada a suplir las necesidades o requerimientos del consumo humano, la producción sectorial y las demandas esenciales de los ecosistemas no antrópicos.

La extracción y, por ende, la utilización del recurso implica la sustracción, alteración, desviación o retención temporal del recurso hídrico, incluidos en este los sistemas de almacenamiento que limitan el aprovechamiento para usos compartidos u otros usos excluyentes.

La demanda hídrica es igual al volumen total de agua extraída, este volumen de agua extraída es igual a los consumos más el agua extraída no consumida (González, Saldarriaga, Jaramillo & IDEAM, 2010).

5.3. Agua residual

La mayoría de las actividades humanas que utilizan agua generan aguas residuales. A medida que crece la demanda global de agua, el volumen de aguas residuales generadas y su nivel de contaminación se encuentran en constante aumento en todo el mundo (WWAP, 2017).

La resolución 0631 del 2015 emitida por (MINAMBIENTE, 2015) define el agua residual en dos tipos:

Aguas Residuales Domésticas ARD: son las procedentes de los hogares, así como la de las instalaciones en las cuales se desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicios y que correspondan a:

- a) Descarga de los retretes y servicios sanitarios.
- b) Descarga del sistema de aseo personal (duchas, lavamanos), de las áreas de cocina, de las pocetas de lavado de elementos de aseo y lavado de paredes y pisos y del lavado de ropa (No se incluyen las del servicio de lavandería industrial).

Aguas Residuales no Domésticas ARnD: son las procedentes de las actividades industriales, comerciales o de servicios distintas a las que constituyen aguas residuales domésticas –ARD.

5.4. Impacto ambiental

Un impacto ambiental es la alteración de la calidad del medio ambiente producida por una actividad humana. Hay que tener en cuenta que no todas las variaciones medibles de un factor ambiental pueden ser consideradas como impactos ambientales, ante el riesgo de convertir la definición de impacto en un concepto totalmente inoperante para la evaluación del impacto ambiental, ya que habría que incluir las propias variaciones naturales, producidas por las estaciones del año o por algunas perturbaciones cíclicas (incendios, terremotos, etc.) (Garmendia, Salvador, Crespo & Garmendia, 2005).

5.5. Gestión integral de recurso hídrico GIRH

En muchas regiones, la disponibilidad de agua, tanto en cantidad como en calidad, se está viendo gravemente afectada por la variabilidad y el cambio climático, con más o menos precipitaciones según las diferentes regiones y una mayor frecuencia de fenómenos atmosféricos extremos. También, en numerosas regiones, la demanda se ve incrementada como resultado del crecimiento de la población y otros cambios demográficos (en particular, la urbanización) y la expansión agrícola e industrial que resultan de la modificación de los patrones de consumo y de producción. Como consecuencia, algunas regiones se encuentran ahora mismo en un permanente estado de niveles de demanda superados y muchas otras regiones lo padecen en momentos críticos del año o en años de escasez de agua (Organización de las Naciones Unidas -ONU, 2014).

La gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH), constituye el paradigma actual de la gestión del agua a nivel mundial, haciéndose explícito en políticas nacionales para la gestión del agua a nivel global. La gestión integral del recurso hídrico busca orientar el desarrollo de políticas públicas en materia de recursos hídricos, a través de una conciliación entre el desarrollo económico y social y la protección de los ecosistemas. Este concepto ha evolucionado pasando por diversas etapas de desarrollo; sin embargo, sigue pendiente la elaboración de una propuesta universalmente consensuada de definición y conceptualización (Martínez & Villalejo, 2018).

Este concepto ha sido aceptado internacionalmente, como el camino hacia un desarrollo y gestión eficiente, equitativa y sostenible, de unos recursos hídricos cada vez más limitados, que permita abordar unas demandas en competición (Water, 2008). En ese sentido, la GIRH es importante como referente para el diseño de modelos de gestión pública del agua. Una de las formas de mejorar el uso y manejo del recurso hídrico es la educación ambiental, es decir que por medio de capacitaciones y estrategias se motiven a las personas a lograr una mejora en el uso del recurso hídrico (Pulido, 2017).

5.6. Balance hídrico

El balance de aguas, es la cuantificación y comparación del volumen de los ingresos con el volumen que resulta de sumar los egresos y la variación en el ahorro (o lo almacenado), que ocurren en un periodo determinado. Ambas cantidades deben ser, teóricamente, idénticas. En un balance, tanto las entradas (ingresos), como las salidas (egresos), deben estar bien identificadas; esto quiere decir que se debe saber con precisión de dónde proviene cada cantidad del total, así como el uso que se le dio a cada una de las cantidades que conforman el egreso total, respectivamente; de tal manera que el ingreso total debe ser igual al egreso total más la variación en el almacenamiento (esta variación puede ser positiva o negativa) (Rojas, 2014).

5.7. Industria alimentaria

El término industrias alimentarias abarca un conjunto de actividades industriales dirigidas al tratamiento, la transformación, la preparación, la conservación y el envasado de productos alimenticios. En general, las materias primas utilizadas son de origen vegetal o animal y se producen en explotaciones agrarias, ganaderas y pesqueras (Berkowitz, 2012).

La industria alimentaria es uno de los sectores productivos que mayor impacto tiene sobre el medio ambiente, bien sea por sus procesos productivos o por los diferentes productos que salen al mercado. Cada sector en particular genera residuos en diferentes porcentajes de acuerdo con los tipos de productos que fabrican (Restrepo Gallego, 2006).

5.8. Gestión del agua en la industria

La industria es uno de los sectores más contaminantes a nivel del agua, sus cargas orgánicas generan consecuencias como la contaminación y eutrofización del medio acuático, afectando así los ecosistemas. Dentro de los usos el sector industrial extrae o emplea cerca del 19% del agua a nivel mundial (Agua, 2021), (figura 1). Debido a ello, las industrias han adoptado planes para el uso eficiente del agua, conceptos de economía circular y estrategias de producción limpia, que han ayudado a disminuir la huella hídrica de dicho sector (Galeano, 2020).

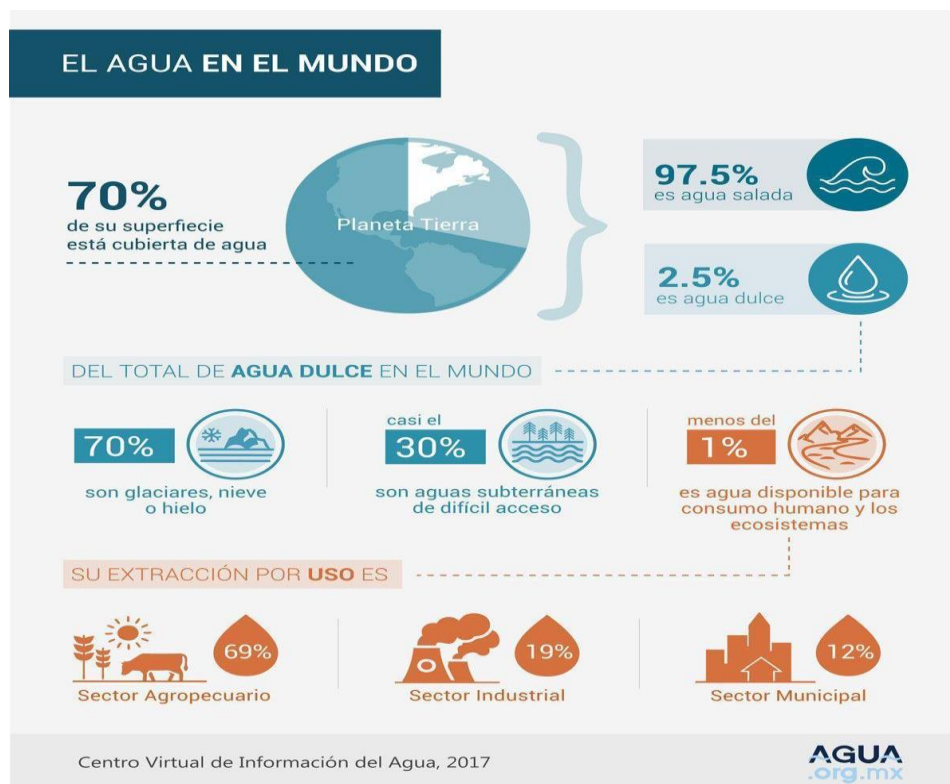


Figura 1: Distribución de agua en el mundo

Fuente: (AGUA, 2021)

Aunque el sector agrícola es el de mayor consumo, según datos de la ONU el sector industrial es el de mayor contaminación en el mundo, encabezado por la industria textil por encima de la manufacturera, la de energía, la de transporte e incluso la de alimentos (Carranza, 2019).

Debido al impacto generado en el agua, el sector industrial se ha visto en la necesidad de gestionar el recurso hídrico de una manera más eficaz, llevando a cabo como estrategias el uso eficiente y ahorro del agua, la aplicación de prácticas de producción más limpia y conceptos de economía circular, con el fin de disminuir la huella hídrica generada y como estrategia empresarial en sostenibilidad (Galeano, 2020).

6. METODOLOGÍA

6.1. Localización

La planta de estudio se encuentra ubicada en el Norte del departamento del Cauca, Municipio de Guachené, vereda La Sofía, entre los municipios de Puerto Tejada, Caloto y Villa Rica (figura 2). Realiza sus operaciones dentro un parque industrial en el departamento del Cauca, con una elevación de 975 msnm. Su temperatura varía entre los 25 °C y los 28°C (Concejo Municipal de Guachené, 2020).

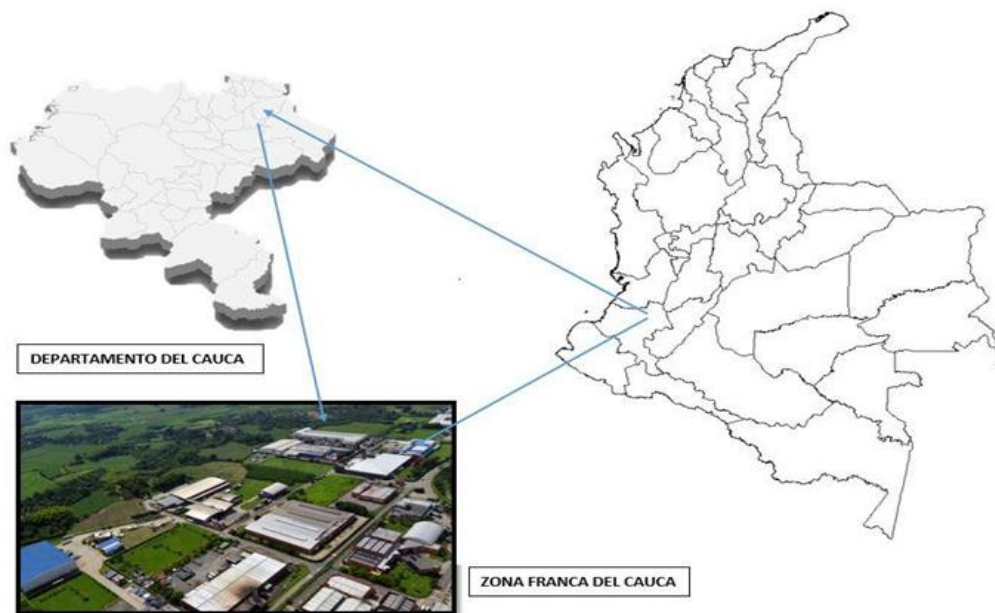


Figura 2: Ubicación de la empresa caso de estudio
Fuente: Elaborado por el Autor

La industria caso de estudio tiene como objetivo económico el mejoramiento, importación, exportación, fabricación, manufactura, procesamiento, envasado, empaquetado, enlatado, distribución y representación de productos alimenticios para consumo humano, o cualquier otro consumo y el cuidado personal, así como de cosméticos, vitaminas y complementos alimenticios y suplementos dietarios y/o alimenticios, mediante el procesamiento de materias primas o de productos semielaborados, incluyendo la venta al mayoreo y el almacenamiento de cualquier tipo de bienes, productos artículos y sus accesorios. Los cuales se exportan a los países de la zona Andina y Mercosur. Este proyecto contempla el análisis y la gestión del recurso hídrico, el cual es el elemento fundamental para las actividades de limpieza en la empresa y el balance de agua.

6.2. Diagnóstico del uso del agua

Se realizaron tres (3) visitas de reconocimiento general en la planta de producción, durante las cuales se recorrió cada una de las áreas del proceso productivo de la industria. Con el fin de identificar y conocer tanto el proceso productivo como la infraestructura de la planta (existencia de macromedición, micromedición, puntos hidráulicos, plantas de tratamiento de agua potable y residual, entre otros). Inicialmente se elaboró el diagrama de flujo del proceso de producción, teniendo en cuenta las entradas de agua, salidas, consumos, y usos identificados. Seguido por el análisis de planos hidráulicos existentes brindados por la empresa. Durante el análisis de estos últimos se identificaron puntos de interés y durante las visitas se determinó la existencia y correlación con los planos. Con esto, se procedió a seleccionar los puntos hidráulicos y medidores de los cuales se tomarían datos para la determinación de consumos.

Una vez identificados los procesos llevados a cabo, se valoraron los usos del agua, por medio de acercamientos con los colaboradores y las visitas realizadas, con lo cual, se identificaron los consumos de agua asociados a la actividad de la empresa y su producción entre ellos los turnos, cantidad de trabajadores y tiempos de operación de la planta. Para el levantamiento de la información se realizó el análisis de documentos, protocolos matrices existentes de acuerdo a los sistemas de gestión de la compañía. Con la información obtenida se identificaron la existencia de diferentes procesos de limpieza y desinfección establecidos por el sistema de gestión de calidad. Dentro de los cuales se identificaron que para actividades de lavado sigue lo establecido en:

- Instructivo de limpieza y desinfección de áreas locativas, utensilios, superficies de equipos
- Limpieza y desinfección Vaciado y Mezclado
- Desarme, lavado y arme de línea Volpack 165
- Desarme, lavado y arme Bossar 1600
- Desarme, lavado y arme de líneas Nutecam y Mespac
- Limpieza y desinfección línea Fustec
- Desarme, lavado y arme línea Fustec
- Matriz de limpieza para cambios de producto

La *Matriz para Cambio de Producto*, determina el proceso de limpieza a llevarse a cabo de acuerdo al producto preparado anteriormente y el próximo a empacar. Por medio de esta matriz se identificó el tipo de lavado de interés para el estudio, ya que es el que involucra agua en su ejecución. Con esta información y apoyados con él con el área de producción, higiene y calidad se identificó la línea de mayor frecuencia de lavados con el fin de determinar la línea crítica o foco de estudio.

Con la línea de interés seleccionada se procedió a determinar los datos a recolectar y las variables establecidas para los mismos. Por lo cual se tomaron los datos del micro medidor existente en la línea foco durante dos meses (junio y julio del 2022). Los datos tomados fueron: Fecha y hora del Lavado, dato en el Micromedidor al iniciar y al finalizar el lavado, adicionalmente el producto que se encontraba antes y el que se iba a producir, a continuación, con esta información se reportó en el formato DA001(anexo 1).

6.3. Información Lavados

Además de la información recolectada por los colaboradores se realizó acompañamiento en campo durante algunos lavados, se obtuvo apoyo en la recolección de información del proceso de Lavado por medio de los videos de seguridad tomados por el Circuito Cerrado de Televisión - CCTV el cual, permitió visualizar los lavados realizados anteriormente. Así mismo se solicitó historial de Lavados realizados, el cual es registrado por el personal y va ligado al plan de producción. Con esta información se verificó el cumplimiento del cronograma previsto.

Para la toma de datos del macromedidor en la línea foco, se contó con la colaboración de los trabajadores de la compañía, los cuales diligenciaron el formato DA001 (ver anexo 1). Esta toma

de datos se realizó por un periodo de dos meses, comprendido entre 01 de junio y el 31 de julio del año 2022.

6.4. Levantamiento de información para el Balance de Agua

Para tener una mayor claridad sobre el consumo de agua en la empresa se realizó una actividad general de estudio y análisis sobre la demanda del recurso en todas las áreas y su distribución acorde a las posibilidades, y para aquellos consumos que no se pudieron cuantificar, se asignó valores de demanda y dotación acorde a los estudios y normas de diseño. Para el levantamiento de dicha información se realizaron las siguientes actividades:

- **Identificación de los componentes hidráulicos**

Como punto de partida para el análisis del consumo de agua se tomaron en cuenta los puntos de interés identificados previamente en los planos hidráulicos (ver anexo 2) de la empresa junto con los recorridos se corroboraron los puntos hidráulicos indicados e identificar posibles cambios existentes como nuevos puntos o puntos clausurados. Y en conjunto identificar los componentes del sistema hidráulico de la empresa.

Durante esta actividad se evidenció el recorrido de la red principal y algunas de las derivaciones, así como nuevas instalaciones construidas como los lavamanos acordes al protocolo de bioseguridad implementados por la pandemia del Covid-19.

- **Consumo de empleados**

Para determinar el consumo por parte de los empleados se procedió a tomar como referencia la NTC 1500 V2, 2004, de la cual se toma la dotación para trabajadores por día, con la cantidad de empleados que laboran en la empresa, dentro de lo cual se tuvo en cuenta tanto los turnos como los días de operación de la planta al mes.

- **Consumo del casino**

Con la demanda de agua registrada en la NTC 1500 V2 de 2004, y a estudios relacionados se calculó la demanda de agua por plato en el casino, teniendo en cuenta la cantidad de trabajadores, los turnos. En este caso cabe resaltar que la dotación aportada por la NTC es para preparación y limpieza de alimentos. Sin embargo, como en este caso sólo hay limpieza de utensilios se ajustó el valor de la dotación.

- **Lavado de pisos/áreas**

Se estimó el consumo para el lavado de los tres niveles de la empresa, para realizar los cálculos se utilizó la dotación de la NTC 1500 V2 de 2004, y el área total construida de la empresa acorde con los planos.

- **Lavado de estibas**

Para el cálculo del volumen de agua en esta actividad se aforó la manguera con la cual lavan las estibas y se determinó el tiempo promedio de esta actividad acorde a las entrevistas con el personal de aseo. Con los datos obtenidos se calculó un volumen mensual.

- **Lavado de la Unidad de Almacenamiento de Residuos - UAR**

De la misma forma que se hizo para las estibas, se realizó un aforo volumétrico en el punto hidráulico para el lavado de la UAR. El tiempo promedio empleado y la frecuencia de esta actividad para el cálculo de este volumen se obtuvo conforme a lo expresado durante las entrevistas por el personal de higiene. Posteriormente se ponderó el volumen a lo consumido durante un mes.

- **Riego de zonas verdes**

De acuerdo a la NTC 1500 del 2004 se empleó la dotación promedio para esta actividad y junto con los planos se procedió a estimar el área correspondiente a la zona verde o jardines.

- **Cleaning in Place CIP - Lavado de contenedores GALLAY.**

Para el cálculo del volumen de agua empleado en el CIP durante la actividad de lavado de contenedores Gallay se realizó un aforo volumétrico en una de las salidas de agua existentes, y se empleó como tiempo total empleado por el CIP para lavar y enjuagar los contenedores. Como el lavado de contenedores va ligado a la producción se solicitó al área encargada la producción para los meses de junio y julio y así determinar el número de contenedores lavados en ese periodo.

- **Lavado de equipo de empaque**

Para el cálculo del volumen se empleó el formato DA001, el cual fue diligenciado por parte del personal encargado de la actividad de limpieza y desinfección. De esta manera, cada vez que se realizaba un lavado, los colaboradores diligenciaron el formato. Posteriormente con los datos obtenidos se estimó el consumo de junio y julio por lavado y el consumo por mes.

6.5. Balance de agua

Con los datos obtenidos anteriormente se realizó un esquema general para presentar los flujos de agua hacia todas las actividades más importantes de la empresa realizadas el mes de junio de 2022. Para la representación matemática del balance general de agua se usó una expresión matemática en la cual se tuvo en cuenta las entradas de agua al sistema y las salidas representados en consumos.

6.6. Percepción uso del agua de los colaboradores

Con el fin de involucrar los actores más cercanos a las actividades de lavado y conocer su perspectiva y opinión respecto a la actividad de lavado y su posible mejora se realizó una encuesta a 5 diferentes actores, la cual consistió en dos preguntas. La primera solicitaba al encuestado organizar en orden de relevancia cuatro criterios seleccionados como importantes durante la realización de la actividad de lavado y sus oportunidades de mejora, dentro de esta se tenía el criterio ambiental, social, económico y de tiempo (ver tabla 1)

Tabla 1: Criterios para mejoramiento en lavados

Ambiental	<i>Tiene un impacto positivo al medio ambiente y su entorno, influyendo en el cumplimiento de objetivos de desarrollo y normatividad ambiental.</i>
Económico	<i>Disminuye el costo de producción de sus productos.</i>
Social	<i>Mejora las condiciones de trabajo para los empleados ayudando así a disminuir tiempos en una labor o la demanda de esfuerzo en la misma.</i>
Tiempo	<i>Ejecución a corto, mediano o largo plazo</i>

La siguiente pregunta era abierta en la cual se le solicitaba al encuestado dar su opinión de manera libre sobre las posibles mejoras, en caso de haberlas, durante la realización de la actividad de lavado. Para lo cual las respuestas se agruparon en los siguientes ítems:

- Mejora al medio ambiente
- Disminución de costos
- Disminución de tiempos de realización de actividad
- Mejora condiciones del operario

Esta encuesta fue la base fundamental para la construcción de la matriz de evaluación de alternativas como apoyo para la selección de las oportunidades de mejora asociadas a la estrategia de PML en la actividad de lavados. En esta matriz se tuvieron en cuenta los mismos criterios asignándoles valores y porcentajes según la relevancia encontrada en conjunto con los colaboradores de la empresa y los objetivos del proyecto durante la realización de la encuesta. La matriz se basa en los cuatro criterios mencionados anteriormente, y cada uno de ellos con el porcentaje correspondiente (Tabla 2).

Tabla 2: Asignación de porcentaje a los criterios de evaluación de alternativas

CRITERIO	ASIGNACIÓN DE PORCENTAJE
<i>Ambiental</i>	<i>Se le asigna 35% debido a que se está buscando con el proyecto disminuir el impacto negativo al medio ambiente, cumplir con los objetivos de desarrollo y cumplir con la normatividad ambiental enfocado a una producción más limpia</i>

Económico *Se le asigna 30% ya que el tema económico es fundamental para la viabilidad de los proyectos*

Social *Se le asigna el 30% ya que es de vital importancia el papel del empleado en la ejecución de la alternativa, tanto en el desarrollo de la actividad como en el beneficio para su labor.*

Tiempo *Se asigna a este ítem 5% debido a que algunas alternativas no pueden llevarse a cabo inmediatamente, lo cual retrasaría la implementación de la solución, reduciendo los demás beneficios mencionados*

A esta matriz se le realizó una sub matriz por criterio. Es decir que tanto para el criterio ambiental, social, económico y de tiempo se realizó una asignación de porcentajes para variables específicas del criterio (tabla 3).

Tabla 3: Sub-Matriz

SUB- MATRIZ	VARIABLES	%	% TOTAL
	AMBIENTAL		
	<i>Reducción de Vertimientos</i>	5	
	<i>Cumplimiento ODS</i>	2	
	<i>Acercamiento P+L</i>	2	35
	<i>Disminución Carga a la PTAR</i>	6	
	<i>Reducción Consumo de Agua</i>	20	
	ECONÓMICO		
	<i>Costo de inversión inicial</i>	10	
	<i>Costo operativo</i>	15	30
	<i>Recuperación inversión a través del tiempo</i>	5	
	SOCIAL		

<i>Mejoramiento en los tiempos de ejecución de una actividad</i>	15	
<i>Disminución de esfuerzos</i>	10	30
<i>Facilidad para realizar la actividad</i>	5	
TIEMPO		
<i>Corto Plazo</i>	3	5
<i>Mediano Plazo</i>	1	
<i>Largo Plazo</i>	1	

Formulación de estrategias basadas en P+L

Con la información obtenida en el diagnóstico, identificación de oportunidades encontradas con los colaboradores de la compañía, revisión de literatura, normatividad y análisis de los datos obtenidos mediante el balance hídrico y datos de consumos recolectados, se plantean las posibles estrategias basadas en el concepto de Producción Más Limpia con el fin de ser implementadas en la empresa, buscando hacer una mejor gestión del recurso hídrico al interior de la compañía.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el levantamiento de información los aspectos más relevantes encontrados se tienen que la Empresa opera 24 horas al día, los siete días de la semana, con tres turnos rotativos para personal operativo y un solo turno para el personal administrativo. Cuenta con aproximadamente 140 colaboradores, de los cuales 100 pertenecen a personal directo de la compañía y 40 son temporales. Existen cuatro (4) líneas de producción, las cuales son: Nutecam, Mespac, Volpack-Bossar y Fustec.

En cuanto a la empresa, se identificaron las diferentes áreas, estas se encuentran zonificadas según el nivel de inocuidad, lo cual depende de la aplicación o no de mecanismos de filtración del aire. Dentro de estas áreas se encuentran, el área blanca, gris y negra. De igual manera se especifica qué áreas son húmedas o secas dentro de la clasificación anterior:

Áreas blancas: Las áreas de dispensado y pesaje, vaciado, mezclado, dosificación, pasillos, escaleras que comunican estas áreas de fabricación, mezanine, CIP (Cleaning in place), cuartos de muestreo de materiales, vestidores, esclusas de materiales, y el área de siembra del laboratorio de control de calidad (con un suministro y ductos de aire independientes a los del aire de fabricación), por la actividad que se realiza al interior requieren un proceso de filtración al 35%, 65% y 95% del aire, con extracción para obtener los recambios por hora, adicionalmente se realizan procesos de limpieza y desinfección que se consigue a través de lavados de las piezas que tiene contacto directo con el producto, se utilizan detergentes y desinfectantes capaces de satisfacer las necesidades para evitar contaminación cruzada, se complementa este proceso con limpieza y desinfección de la infraestructura y demás componentes de estas áreas.

El área blanca a su vez se encuentra compuesta por sub áreas, dentro de las cuales se llevan a cabo distintos procesos correspondientes a las líneas de producción. cada línea de producción está compuesta por tres pisos los cuales funcionan de manera vertical, dentro de los cuales se encuentran:

- **Tercer piso - Dispensado y Pesaje de materias primas:** Inicio del proceso productivo, se llevan a cabo actividades de recepción de materias primas, preparación de mezclas y pesado de las mismas según la fórmula del producto a preparar. Estas se vacían en contenedores Galay ubicados en el segundo piso por medio de conexiones entre ambos pisos.
- **Segundo piso – Vaciado y Mezclado:** Luego de la preparación y vaciado de la fórmula en este piso se lleva a cabo la mezcla con equipos mecánicos (figura 3) con el objetivo de alcanzar la uniformidad de contenido de manera que durante la posterior dosificación (llenado de sobres se obtengan unidades de dosis con el contenido adecuado.



Figura 3: Mezclador mecánico

Fuente: Comasa, 2019

- **Primer piso – vaciado:** En este punto del proceso productivo pasa de ser de configuración vertical (piso dos y tres) a realizarse de forma horizontal. En este piso se realiza el vaciado en sobres del producto a través de los equipos que le dan nombre a cada una de las líneas de producción (Mespac, Volpack Bossar, Fustec y Nutecam). Para posteriormente salir al área gris donde serán empacadas en cajas para su distribución.
- **Áreas grises:** Son áreas que requiere de rutinas de limpieza cada vez que sea necesario, y un proceso de filtración de filtros de 35% con extracción para obtener los recambios por hora, para esto se cuenta con instructivos para Limpieza y Desinfección de pisos, paredes, sifones, estanterías y demás elementos que componen el área.

Se incluye dentro de esta área, el área de empaque de producto terminado (producto sellado sin exposición al ambiente), las cual cuenta con rutinas de limpieza específicas para no ser focos de contaminación (figura 4).

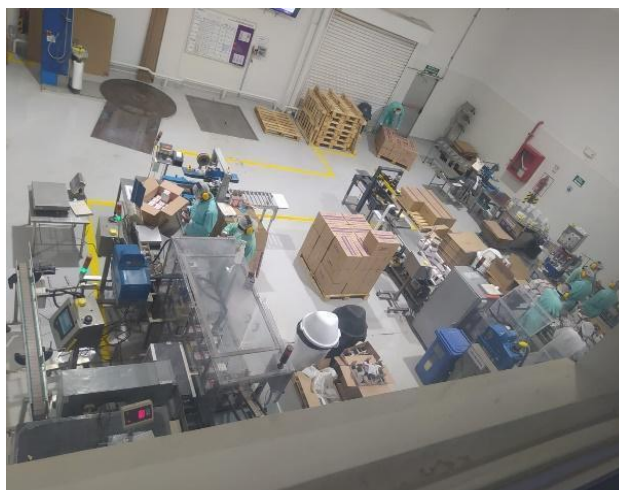


Figura 4: Área de empaque producto terminado

Fuente: Autores

- **Áreas negras:** Son las áreas exteriores de la planta y las interiores que no tienen sistema de filtración de aire, se realizan actividades barrido general y lavado según las frecuencias establecidas. Se incluye dentro de esta área la bodega de almacenamiento de materias primas e insumos resto de áreas del laboratorio de microbiología, áreas externas y perimetrales.
- **Área húmeda:** Es un área donde se dispone permanentemente de agua para la humectación de las piezas o equipos.
- **Área seca:** Es un área donde no se dispone permanentemente de agua y debe adaptarse dispositivos para obtenerla y realizar los procedimientos de limpieza y desinfección.

Tabla 4: Clasificación de Áreas de la empresa

LUGAR	CLASIFICACIÓN			
	%Filtración Aire	Área	Nivel Humedad	
			Húmeda	Seca
Dispensación y pesaje	95	Blanca		
Vaciado y Mezclado	95	Blanca		
Módulos de Dosificación	95	Blanca		
Áreas de siembra del laboratorio de microbiología	95	Blanca		
Pasillos y gradas de área blanca	95	Blanca		
Cuarto de muestreo de materiales y esclusa de cuartos de muestreo	95	Blanca		
Esclusa vestier y de materiales	95	Blanca		
Mezanine y pasillo de contenedores	95	Blanca		
CIP y estaciones de preparación automática de soluciones de limpieza	95	Blanca	X	

Áreas de empaque	35	Gris
Área de siembra y esclusa de laboratorio de microbiología (1)	99,99	Blanca
Recepción de muestras, archivo, lavado, esterilización del laboratorio de microbiología (2)	0	Negra
Baños Primer piso	0	Negra
Bodega de almacenamiento	0	Negra

(1) Unidad Manejadora de Aire - UMA laboratorio área de siembra independiente de los UMA de las áreas de elaboración y áreas negras del laboratorio de microbiología.

(2) UMA del laboratorio de áreas negras independiente de las UMA de las áreas de elaboración y del área de siembra.

Fuente: Programa de Limpieza y desinfección Empresa Objeto de estudio, 2020

El proceso productivo no emplea directamente agua como materia prima ya que toda la cadena productiva es en seco y la presentación de sus productos es en polvo; sin embargo, el agua es empleada en distintas actividades y áreas, para lo cual se realizó un diagrama de flujo mostrando las actividades en las que se emplea agua en la empresa (figura 5), tales como, servicio de alimentación (casino), funcionamiento de baterías sanitarias y lavado de manos (empleados), riego de zonas verdes y jardines (riego), actividades de lavado como tanto de utensilios, herramientas, superficies, entre otros (lavado).

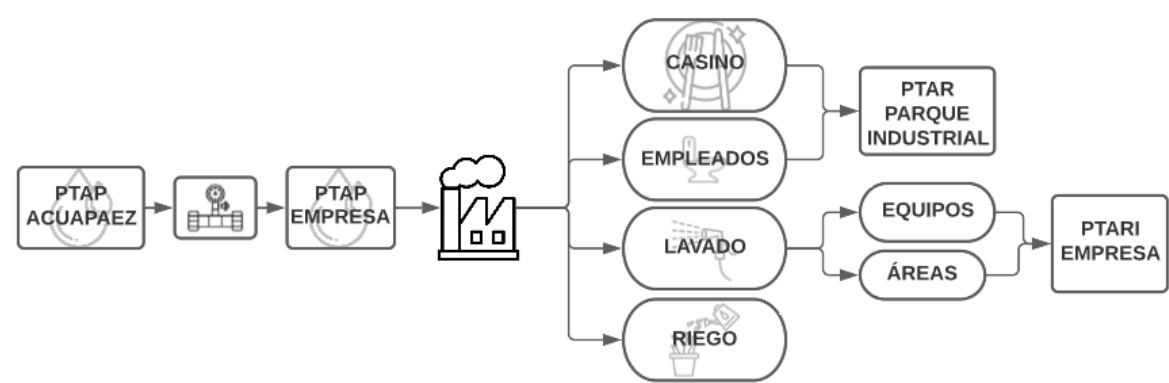


Figura 5: Diagrama de flujos de agua

Se analizaron los planos hidráulicos y sanitarios con el fin de identificar los aparatos y componentes con los que cuenta la empresa, este proceso fue fundamental ya que permitió conocer el funcionamiento y tamaño de la red de distribución del agua y la identificación de todas las áreas y subáreas que componen la empresa. Se realizaron cerca de 5 recorridos, dentro de los cuales se identificaron las líneas de producción, puntos hidráulicos para la conexión de las mangueras de lavado, los puntos sanitarios para el drenaje del agua y los micro medidores. A continuación, se presenta el plano principal de distribución de la red de agua potable (figura 6).

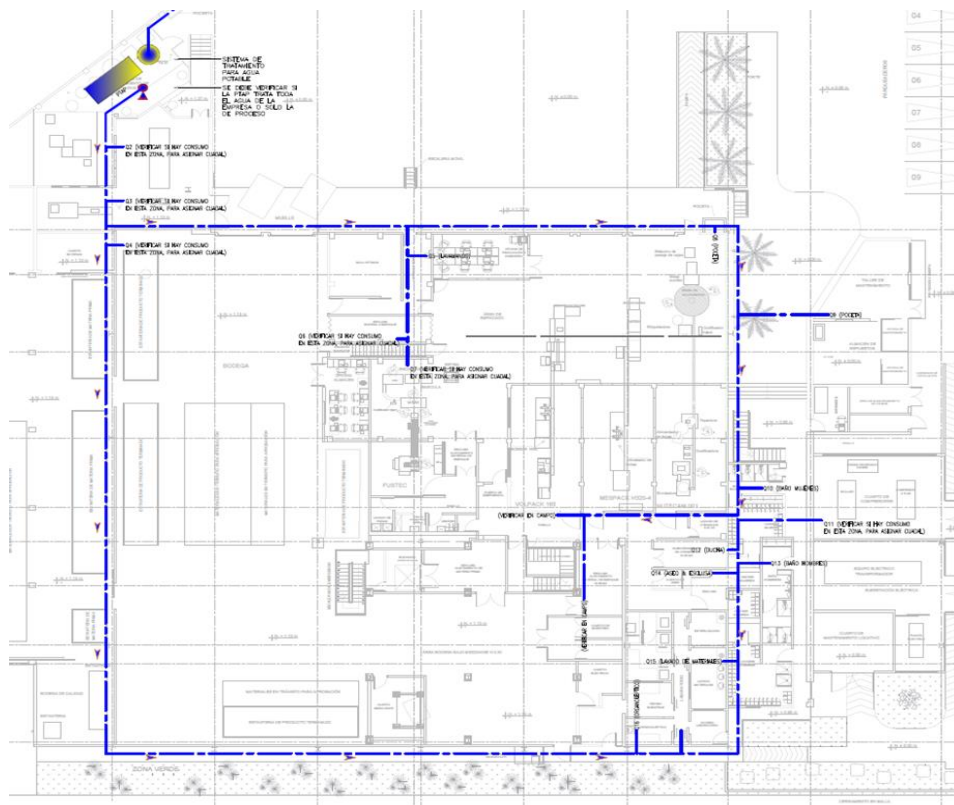


Figura 6: Red Hidráulica de agua potable

Fuente: Registros internos Empresa, 2021 (planos anexo 2)

Se construyó una tabla con el resumen de puntos y equipos hidráulicos de toda la empresa basados en las visitas y el plano (tabla 5), se evidenció que estos equipos se encuentran en buenas condiciones y no presentan fugas ni signos de deterioro.

Tabla 5: Resumen de puntos y equipos hidráulicos

Aparatos Sanitarios y equipos hidráulicos	
<i>Aparato</i>	<i>Cantidad</i>
<i>Inodoros</i>	<i>11</i>
<i>Lavamanos</i>	<i>18</i>
<i>Duchas</i>	<i>3</i>
<i>Lavaojos</i>	<i>1</i>
<i>Orinales</i>	<i>6</i>
<i>Lavaplatos</i>	<i>1</i>

Los puntos y equipos hidráulicos identificados que conforman la red de agua potable se encuentran en la tabla 5, Pérez Carmona (2010), menciona que la cantidad de aparatos

sanitarios recomendados o necesarios para la Industrias por cantidad de empleados corresponde a cinco inodoros por cada 100 empleados y uno más por cada 30 empleados adicionales y 1 lavamanos por cada 10 empleados. Esto coincide con lo reportado por Jimeno Blasco (2000), quien recomienda como mínimo para empresas cuyos empleados superen las cien personas la misma cantidad. Adicionalmente, cuando hay exposición a contaminación de la piel con materias venenosas, infecciosas o irritantes, deberá instalarse un lavatorio por cada cinco personas, es este caso existe un lavaojos para el laboratorio, el cual es usado entre tres y cinco personas al día. Se identifica una suficiente cantidad de aparatos comparado con el mínimo recomendado como es el caso para los inodoros y los lavamanos.

Tabla 6: Puntos de lavado de equipos y pocetas de lavado general por área de Clasificación

Puntos Hidráulicos y pocetas por Área		
Área	Puntos de lavado	Pocetas
Blanca	6	4
Gris	4	4
Negra	0	3

En cuanto a los puntos de lavado de equipos y pocetas para lavado general (tabla 6), están distribuidos acorde a las necesidades puntuales y requerimientos de los protocolos de lavado de equipos, por ejemplo, cada cuarto de máquina empacadora cuenta con un punto hidráulico para su lavado (cuatro en primer piso y uno en cada piso superior), estos puntos están ubicados con el propósito de facilitar las labores de limpieza de equipos y superficies. Adicionalmente hay pocetas para el lavado de piezas que se extraen de las máquinas y de otros elementos relacionado a la limpieza tanto en el área gris como el área negra.

Como punto de partida el sistema hidráulico de la empresa cuenta con una acometida y macromedidor, la planta es abastecida por la empresa de acueducto Acuapaez S.A E.S.P., aunque el agua es potable la planta cuenta con un Sistema de Tratamiento de Agua (figura 7), el cual trata nuevamente el agua, con el fin de mejorar la calidad de la misma para su consumo al interior de la empresa. Como sistema de tratamiento, la PTAP cuenta con una torre de aireación donde se adiciona Hipoclorito, se almacena en un tanque de 15m³, posteriormente por medio de una bomba de trasiego es llevada a unos lechos filtrantes (Catalox, Carbón Activado, Suavizador), dónde se adiciona nuevamente Hipoclorito. Luego, es llevada a un tanque de 85m³, del cual se distribuye a toda la empresa por medio de bombas de distribución a toda la planta por medio de puntos hidráulicos, pocetas y aparatos sanitarios, algunos de los puntos hidráulicos de lavado de equipos cuentan con micro medidores.

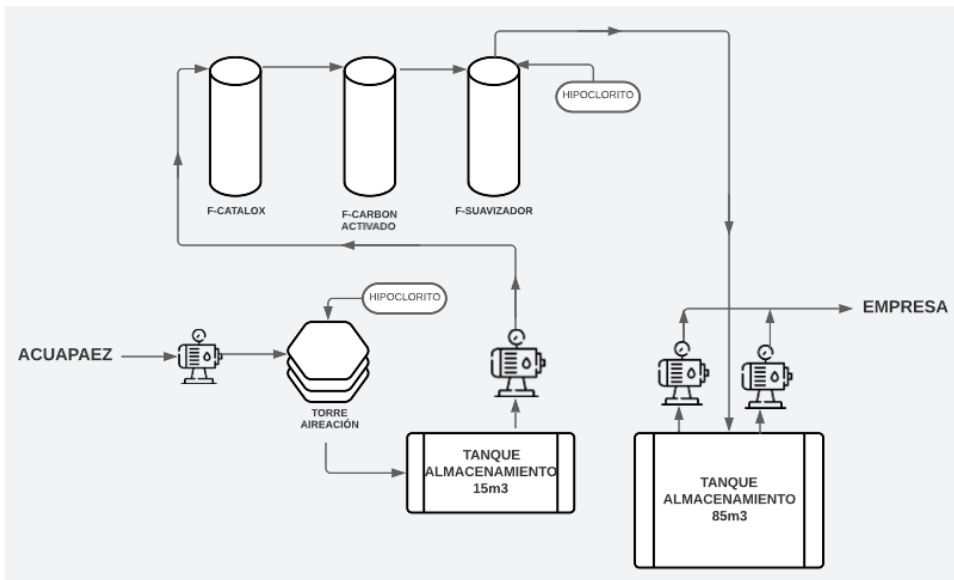


Figura 7: Esquema planta de tratamiento Agua Potable

La red hidráulica está construida en forma de anillo perimetral en PVC, está compuesta por:

- Un macromedidor de la empresa de servicios públicos ACUAPAEZ SA.
- Un tanque de almacenamiento de 15m³
- Un sistema de tratamiento para purificar el agua
- Un tanque de almacenamiento de 85m³
- Una red de distribución en forma de anillo por el perímetro de la empresa
- Puntos hidráulicos con medidores
- Puntos hidráulicos sin medidores

A continuación, se presentarán una serie de imágenes correspondientes a algunos de los componentes del sistema hidráulico de la empresa (figuras 8,9 y 10).



Figura 8: Sistema de presión de agua tratada.



Figura 9: Compuertas de Tanques de Almacenamiento.



Figura 10: Micro medidores y punto de conexión de Mangueras.

En cuanto al tratamiento del agua residual, la empresa tiene un manejo separado de Agua Residual Doméstica y Agua Residual no Doméstica. El Agua Residual Doméstica proveniente de los baños, duchas, lavamanos, casino entre otras va al Sistema de Tratamiento del Parque Industrial, la cual recibe todas las aguas residuales de las empresas allí ubicadas para ser tratadas en conjunto.

Mientras que el Agua Residual no Doméstica - ARnD generada por las actividades principalmente de limpieza y desinfección van al Sistema de Tratamiento de Agua Residual existente al interior de la empresa por medio del sistema de alcantarillado interno. El tipo de tratamiento es primario y secundario, el cual está compuesto por una trampa de grasas, sedimentador y un Humedal Artificial (figura 11). No se logró acceder al dato del caudal de diseño del sistema ya que en los registros no figura, la empresa tiene en marcha un proyecto con el que pretende determinar el funcionamiento del sistema y dentro de los objetivos de este estudio se encuentra la obtención o cálculo de este dato.

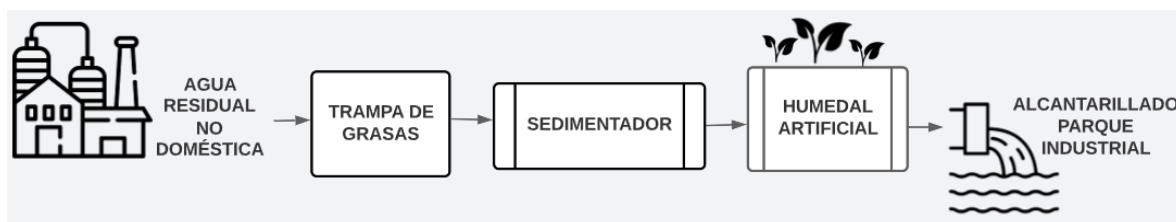


Figura 11: Esquema Planta de Tratamiento de Agua no Doméstica

Se considera que el principal aportante de carga al sistema de Agua Residual no Doméstica proviene de los residuos de productos en polvo impregnado en las máquinas o superficies (figura 12).



Figura 12: Residuo del lavado de Máquinas.

Dentro del proceso productivo las áreas cuentan con espacios exclusivos de lavado para herramientas y utensilios. Mientras que el segundo nivel cuenta con una zona de lavado conformado por una poceta y un sistema conocido industrialmente como CIP (Cleaning in place) o lavado in situ, la cual permite mediante programación ejecutar un lavado por medio de un chorro de agua o rociado de superficies y la circulación de soluciones de limpieza a través del sistema con el fin de lavar los contenedores Galay (figura 13), dentro de los cuales se dosifican y mezclan las materias primas que posteriormente serán empacadas en el tren de producción.



Figura 13: Contenedor Gallay.

Estos contenedores requieren ser lavados luego de ser vaciados. Para el lavado de los contenedores se hace uso del CIP (figura 14).

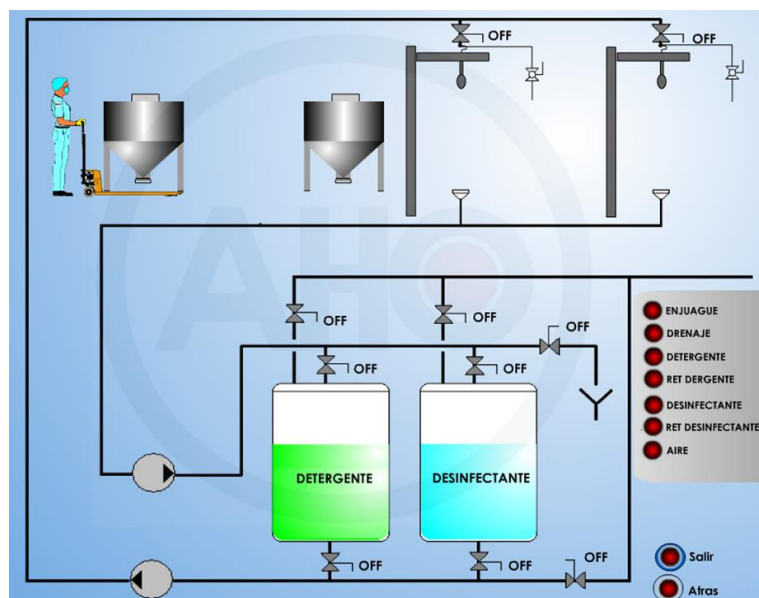


Figura 14: Esquema general del proceso de lavado de contenedores.

Fuente: Documentos internos empresa

▪ Inventario del agua en la industria

El dato principal para cuantificar el consumo de agua en la empresa corresponde a los datos de consumos mensuales reportados en las facturas de la empresa prestadora del servicio de acueducto para los periodos de 2021 y lo que va del 2022 al momento de la realización del estudio (tabla 7)

Tabla 7: Datos de consumo mensual de agua

Año 2021		Año 2022	
Mes	Consumo M^3	Mes	Consumo M^3
Enero	395	Enero	547
Febrero	449	Febrero	454
Marzo	456	Marzo	595
Abril	398	Abril	687
Mayo	178	Mayo	573
Junio	480	Junio	604
Julio	504	Julio	527
Agosto	422		
Septiembre	475		
Octubre	594		

Noviembre 470

Diciembre 341

Fuente: Adaptado de los registros reportados por ACUAPAEZ SA ESP.

Con estos datos se determina que la empresa tuvo un consumo promedio de 430,17m³/mes para el año 2021 y que para el año 2022 durante el periodo enero-julio, el consumo promedio va en 569,6m³/mes. De estos datos se evidencia un incremento en el consumo de agua con respecto al año inmediatamente anterior.

Con la revisión de información se obtuvo la Matriz de Cambio de Producto, la cual determina el tipo de limpieza y/o desinfección a realizar al momento de pasar de producir un producto a otro. Dentro de los diferentes tipos tenemos: Lavado, Barrido o Despeje MP/Vaciado de Tolvas. Según el programa de Limpieza y desinfección elaborado en el año 2020 definen cada tipo de limpieza como:

- **Barrido:** Es la limpieza en seco para máquinas dosificadoras y módulos de vaciado con maltodextrina desde el bajante que comunica el contenedor Gallay hasta los dosificadores y mesa de vaciado hasta el contenedor Gallay respectivamente.
- **Despeje/Vaciado Tolvas:** Despeje MP /Vaciado Tolvas: Es la limpieza en seco en los módulos de vaciado, aplicar limpieza despeje MP con wypall seco limpio retirando la materia prima de la mesa y malla, sacudir exceso de polvo de las materias primas de la manga plástica. En máquinas dosificadoras, vaciar las tolvas de la mezcla del producto anterior, en los módulos de dosificado realizar limpieza en seco retirando residuos de material del producto que ha terminado de fabricar utilizando aspiradoras para eliminar suciedad cuando sea necesario.
- **Lavado:** Es la limpieza donde se aplican soluciones químicas y enjuagues con agua.

Cada una de estas actividades cuenta con un protocolo establecido de producción y de limpieza. Sin embargo, se debe mencionar que únicamente en el proceso de “lavado” se emplea agua en cantidades considerables, ya que los demás procesos se llevan a cabo con medios físicos, químicos o mecánicos (herramientas, utensilios, entre otros). Por lo tanto, esta fue la actividad de limpieza y desinfección que se tuvo en cuenta al momento de realizar la toma de datos.

Determinación de Consumo de Agua en la Empresa

El agua es un material imprescindible para el desarrollo de las actividades en una empresa, el sector industrial tiene un alto volumen de agua de consumo debido a las diferentes operaciones en las que se emplea este recurso: lavado de materias primas, escaldado, enfriamiento, tratamientos térmicos, equipos auxiliares (producción de vapor, generación de frío, etc.), otros volúmenes se pierden en el agua vertida en los desagües o por conexiones erradas. Sin embargo, gran parte de esta agua se emplea en la limpieza. Por lo tanto, se procedió a determinar los consumos de agua en la empresa asociados a las actividades en la misma. De

manera general se identificaron cinco (5) actividades principales a las que se le atribuye y determina el consumo de agua en la empresa; estas actividades son:

- **Consumo de empleados**

De acuerdo con la NTC 1500 V2, 2004, se toma una dotación de 80Lts/trabajador al día. Como se indicó anteriormente la empresa cuenta con un personal aproximado de 140 personas, 41 administrativas y 99 operarios en tres turnos (33 operarios por turno). De los cuales el personal administrativo labora de lunes a viernes, 22 días por mes aproximadamente y los operarios trabajan todos los días un promedio de 30 días al mes. Con estos datos y tomando una dotación se obtiene el consumo de empleados en la empresa, para realizar los cálculos se utilizó la siguiente expresión;

$$VD = Dt * E * T \text{ Ecu.1}$$

Donde:

VD= Volumen por dotación al mes por empleados.

Dt= Dotación por empleado

E= Cantidad de empleados por turno

T= tiempo de referencia (mes).

Aplicando la Ecuación 1, tenemos:

- **Personal administrativo:**

$$VD = \frac{80l}{dia} * 41 \text{ empleados} * 22 \text{ dias} = 72.160 \text{ litros} = 72,2m^3$$

- **Personal operativo:**

$$VD = \frac{80l}{dia} * 33 \text{ empleados} * 30 \text{ dias} = 79.200 \text{ litros} = 79,2m^3$$

El volumen total al mes requerido como dotación por los empleados es de **151,36m3/mes.**

- **Consumo del casino**

La alimentación de los empleados en su gran mayoría se realiza por medio de una empresa externa la cual suministra los almuerzos a los empleados (preparación previa) es decir, en la empresa no se preparan los alimentos, estos son repartidos tipo buffet. No obstante, en la empresa usa el agua para el lavado de los utensilios como platos, cubiertos, bandejas entre otros. El suministro de alimentos se realiza tres veces por día para los operarios y una vez al día para el personal administrativo. Según la NTC 1500 V2 de 2004 la dotación en este caso es de 4 litros, dentro de lo cual se tiene la preparación de alimentos y la limpieza. Sin embargo, para este caso no hay preparación de los alimentos con agua de la empresa, se adopta una dotación de 1 litro por lavado de recipientes. Para el cálculo se usó la siguiente expresión.

$$VC = Dp * E * A * T \text{ Ecu.2}$$

Donde:

VC= Volumen de consumo de agua en casino.

Dp= Dotación por plato

E= Cantidad de empleados

A= cantidad de comidas

T= tiempo de referencia (mes).

Empleando la Ecuación 2, tenemos:

- **Para el personal administrativo:**

$$Vol = \frac{2l}{\text{día}} \times 41 \text{ empleados} \times 2 \text{ comidas} \times 22 \text{ días} = 3.608 \text{ litros} = 3,608m^3$$

- **Para el personal operativos tenemos**

$$Vol4 = \frac{2l}{\text{día}} \times 99 \text{ empleados} \times 3 \text{ comida} \times 30 \text{ días} = 17.820 \text{ litros} = 17,82m^3$$

El volumen total al mes requerido para el lavado de recipientes en el casino es de **21,43m³/mes.**

- **Lavado de pisos/áreas**

La empresa realiza una limpieza completa de todas las superficies al menos dos veces por día acorde al sistema de calidad, empleando los protocolos de limpieza establecidos para las áreas. Se tiene en cuenta tanto paredes como pisos, para el lavado de cada nivel y zona. Se estableció un consumo de 1 litro de agua por m² de piso, tomado como referencia de la NTC 1500 V2 de 2004. Según lo calculado, la empresa tiene un área total construida de 3000m² aproximadamente acorde a los planos. Por lo cual el volumen de agua se calcula de acuerdo a la ecuación 3.

$$VL = DI * Ar \text{ Ecu.3}$$

Donde:

VL= Volumen de agua para el lavado de pisos.

DI= Dotación de lavado de pisos

Ar= Área de piso construido.

Reemplazando la ecuación 3 tenemos:

$$VL = \frac{1 \text{ litro}}{m^2} * 3000m^2 = 3000 \text{ litros} = 3,0m^3$$

El volumen de agua para el lavado de pisos es de 3,0m³ por lavado, esta actividad se realiza dos veces por los 30 días de les es decir que en total se tiene:

$$V = VL * \frac{2 \text{ veces}}{\text{día}} * 30 \text{ días} = 180m^3$$

El volumen de agua por lavado de superficies es de **180m³**.

- **Lavado de estibas**

Para el almacenamiento de la materia prima y el producto terminado se usan estibas las cuales se lavan con el fin de cumplir los sistemas de calidad e inocuidad del producto, la cantidad de estibas a lavar varía dependiendo del movimiento de la mercancía. El caudal de la manguera por medio de un aforo volumétrico arrojó como resultado 0,18 lps en promedio. El tiempo de lavado de estibas con la manguera abierta es de 35 min aproximadamente según lo reportado por los colaboradores. Con estos datos se obtuvo el volumen mensual de **87,3 m³**.

- **Lavado UAR**

El aforo volumétrico en el punto hidráulico existente en este lugar, arroja un caudal promedio de 0,11 lps, el tiempo en promedio del lavado es de 30min acorde a las entrevistas con el personal de higiene. Esta actividad se realiza una vez por semana por tanto el volumen total o caudal mensual fue de **8,1 m³**.

- **Riego de zonas verdes**

El riego de zonas verdes se realiza diariamente de una manera no tecnificada, rociando directamente con una manguera conectada al punto hidráulico más cercano, el área de 163.0m² correspondiente a la zona verde o jardines junto con la dotación reportada por la NTC 1500 V2 de 2004, la cual es de 2,0 Litros/m², se calculan los consumos para riego y jardines, empleando la siguiente expresión:

$$VR = Dr * Av \text{ Ecu.4}$$

Donde:

VR= Volumen de agua para riego.

Dr= Dotación de riego de jardines.

Av= Área de Zonas verdes/jardines.

Reemplazando en la Ecuación 4, tenemos:

$$VR = \frac{2l}{m^2} * 163m^2 = \frac{326 \text{ litros}}{\text{día}}$$

Como esta actividad se realiza todos los días se tiene:

$$VR = \frac{326 \text{ litros}}{\text{día}} * 30 \text{ días} = 9,78m^3$$

Al mes la empresa emplea aproximadamente unos 10m³ de agua para actividades de riego de las zonas verdes y jardines.

- **Lavado de contenedores GALLAY**

El caudal aforado volumétricamente (figura 15) en el sistema fue de 0,629lps, el cual se aplica sobre el contenedor durante un tiempo total de 6 minutos.



Figura 15: Aforo volumétrico en el CIP

El volumen por enjuague de cada contenedor se calcula con la siguiente expresión.

$$Vg = q * t$$

Donde:

Vg = Volumen de agua para enjuague en contenedores Galay.

q = Caudal del equipo de lavado CIP.

t = tiempo de enjuague por contenedor.

Reemplazando la ecuación 5, tenemos:

$$Vg = 0.629lps * 360s = 226,38 \text{ litros}$$

El volumen por contenedor corresponde a 226,38 litros (**0,226m³**).

Con la programación de la producción se pudo cuantificar cuantos baches (cada contenedor corresponde a un Bache) de cada producto se realizaron durante los meses de junio y julio y cuantos cambios de producto se presentaron en ese periodo de tiempo, cabe recordar que por cada cambio de producto es necesario el lavado de equipos para evitar cruce de sustancias. De los documentos de programación (Anexos al documento) se cuantificó la cantidad de lavados y volumen de agua usado durante los meses ya mencionados, los cuales fueron:

Para el mes de junio se reportaron los Baches por ende cantidad de contenedores lavados durante este periodo para las cuatro (4) líneas de producción (Tabla 8 y 9).

Tabla 8: Consumo de agua en enjuague de los contenedores en junio

<i>Línea</i>	<i>Baches</i>	<i>Vol. Enjuague m³</i>
<i>L. FUSTEC</i>	99	22,30
<i>L. BOSSAR</i>	111	25,20
<i>L. MESPACK</i>	134	30,33
<i>L. NUTECAM</i>	27	4,13
TOTAL	371	81,96

Fuente: Documentos Área de Producción, 2022

Tabla 9: Consumo de agua en enjuague de los contenedores en julio

<i>Línea</i>	<i>Baches</i>	<i>Vol. Enjuague m³</i>
<i>L. FUSTEC</i>	124	28,05
<i>L. BOSSAR</i>	134	30,34
<i>L. MESPACK</i>	213	48,16
<i>L. NUTECAM</i>	0	0,0
TOTAL	471	106,55

Fuente: Documentos Área de Producción, 2022

Acorde a los cálculos los procesos de lavado de los contenedores en los que se realiza la mezcla de los insumos y según la programación de producción el volumen demandado para el mes de junio corresponde a **81,96m³** y para el mes de julio es de **106,55m³** identificándose un incremento en el consumo de agua atribuido al aumento de producción para este periodo.

▪ **Lavado de equipo de empaque**

Una de las etapas finales del proceso productivo es el empaque en su presentación individual o sobres, mediante los equipos más grandes al interior de la empresa, (Mespack, Volpack Bossar, Nutecam y Fustec), en esta etapa el producto queda listo para continuar al cuarto de empaque de mayor presentación en cajas que permiten su buen almacenamiento y distribución. Los puntos hidráulicos de lavado de estos equipos cuentan con Micromedidores instalados en la misma sala. Estos equipos y áreas son lavados cada que la matriz de Cambio de Producto lo disponga según la producción realizada.

Durante los acercamientos y reuniones realizadas con los colaboradores de la empresa y la información obtenida por parte de producción, se logra identificar que existe una línea la cual se denominó crítica, que se caracteriza por tener mayor frecuencia de lavados comparado con el resto. Según los colaboradores esta línea es la MESPACK (figura 16). Por lo tanto, se tomó como foco de interés y estudio en el presente documento.



Figura 16: Equipo Mespack (durante lavado)

Con la información obtenida del formato DA001 diligenciado por los colaboradores al momento de realizar lavados de cambio de producto, se determinó que el consumo por lavado de la máquina oscila entre 0,11 y 0,5 m³, y el consumo total para el mes de junio fue de 3,40m³ mientras que para el mes de Julio fue de 3,0m³, meses para los cuales se produjeron en total 371 y 471 baches respectivamente. Mostrando una variación entre las unidades producidas y el consumo de agua, ya que para el mes de junio la demanda de agua fue menor pero el consumo de agua mayor. Esto puede atribuirse a posibles derrames, mayores lavados en la planta, riegos, u operación ineficiente al momento de realizar los lavados.

La producción determinada en este caso por baches y los consumos de agua registrados para los meses de junio y julio permitieron calcular el requerimiento aproximado por kg materia prima empleada en la producción, así pues, se tiene que la materia prima en polvo mezclada en un bache pesa aproximadamente 500 kg de producto. Este valor asociado al volumen de agua empleado en la actividad de lavado conduce al consumo de agua para lavado por unidad de materia prima producida (tabla 10):

Tabla 10: Datos consumo de agua por unidad de materia prima en toneladas

	Línea	Baches	Vol.	Consumo agua	Consumo agua	kg materia	Toneladas	Volumen	litros/ton
			Enjuague	por línea	por línea L/Bache		materia	enjuague	
JUNIO			m ³	m ³ /Bache		prima	prima	Litros	
	FUSTEC	99	22,3	0,23	225	49500	50	22300	450,51
	VOLPACK-BOSSAR	111	25,2	0,23	227	55500	56	25200	454,05
	MESPACK	134	30,33	0,23	226	67000	67	30330	452,69
	NUTECAM	27	4,13	0,15	153	13500	14	4130	305,93
	TOTAL	371	81,96	0,21	208	185500	186	81960	441,83
JULIO	Línea	Baches	Vol.	Consumo agua	Consumo agua	kg materia	Toneladas	Volumen	litros/ton
			Enjuague	por línea	por línea L/Bache	prima	materia	enjuague	
			m ³	m ³ /Bache			prima	Litros	
	FUSTEC	124	28,05	0,23	226	62000	62	28050	452,42
	VOLPACK-BOSSAR	134	30,34	0,23	226	67000	67	30340	452,84
	MESPACK	213	48,16	0,23	226	106500	107	48160	452,21
	NUTECAM	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00
	TOTAL	471	106,55	0,23	226	235500	236	106550	452,44

Lo que hace referencia que por cada tonelada de materia prima producida (aproximadamente dos baches) se requieren entre 305,93 y 454,69 litros de agua o en promedio 435 litros o 0,435m³ de agua por tonelada para la actividad de lavado al interior de las líneas de producción. Este valor comparado con otras industrias como la de conservas cárnicas donde uno de los procesos que más contribuye es la cocción (generan aguas residuales con un elevado contenido en sangre, grasas, proteínas, azúcares, especias, aditivos, fragmentos de piel y otros tejidos). El consumo aproximado de agua en estas industrias es muy variado, sin embargo, un dato orientativo puede ser entre 5 y 10 m³ /Tn, para la industria láctea se requiere entre 1 y 10 L de agua por Litro de leche producida, este valor varía según el producto a producir (Lucas Muñoz, Sanchez García, 2018). Para la elaboración de conservas y hortalizas se consumen entre 19,85 y 29,76 litros de agua por kilo de materia prima procesada, y entre 29,76 y 32,72 litros de agua por kilo de producto terminado (Duek, Fasciolo, 2014). Lo cual indica que aunque el valor encontrado de consumo para la industria objeto de estudio no es similar a las industrias mencionadas, se debe tener en cuenta que el agua consumida sólo es para una actividad en particular, el lavado al interior de la línea.

Se determinó el consumo de agua por unidad producida en cada línea de producción para los meses de junio y julio empleando los valores reportados por producción y empleando los consumos de agua de los micromedidores. Con lo cual se obtuvo los datos consignados en la tabla (11).

Tabla 11: Consumo de agua por unidad producida para los meses de junio y julio

	Línea	Baches	Unidades Producidas	Vol. Enjuague m ³	Consumo agua por Unidad producida mL/unidad
JUNIO	FUSTEC	99	239704	22,3	93,0314
	VOLPACK-BOSSAR	111	250436	25,2	100,6245
	MESPACK	134	122311	30,33	247,9744
	NUTECAM	27	28462	4,13	145,1058
	TOTAL	371	640913	81,96	127,8801
	Línea	Baches	Unidades Producidas	Vol. Enjuague m ³	Consumo agua por Unidad producida mL/unidad
JULIO	FUSTEC	124	201299	28,05	139,3450
	VOLPACK-BOSSAR	134	359878	30,34	84,3063
	MESPACK	213	219583	48,16	219,3248
	NUTECAM	0	0	0	0,0000
	TOTAL	471	780760	106,55	136,4696

Para el mes de junio se gastó aproximadamente 127,88 mL de agua en producir una unidad (sachet), mientras que para el mes de junio se empleó 136,46 mL en producir la misma cantidad. Lo cual demuestra un incremento en el consumo de agua de un mes al otro. Esto comparado con otras industrias como Coca Cola que reportó su Informe Integrado del año 2021 un consumo de agua de 1,47 L por litro de bebida producida. El proceso de elaboración y fraccionamiento de vinos presenta pequeñas variaciones, dependiendo de los tipos del vino sin embargo se encuentra en un rango entre 1,5 y 20 litros de agua por litro de vino producido. La industria cervecera por su parte los valores se encuentran entre 3,8 y 4,5 litros de agua por litro de cerveza elaborada. Los coeficientes obtenidos de las entrevistas se encuentran entre 1,62 y 1,84 litros de agua por litro de agua embotellada y la elaboración de conservas de frutas 18.0 litros de agua/ kilo de materia prima procesada (Duek, Fasciolo, 2014). Para este caso también se observa un consumo de agua mucho menor comparado con las otras industrias, sin embargo, se sabe para el procesamiento de los productos en polvo manufacturados por la industria objeto de estudio corresponde a actividades de limpieza y desinfección al interior de las líneas de producción y teniendo en cuenta que en ningún momento se emplea agua como materia prima para los productos.

Balance de agua

Con los datos de macromedición como entrada al sistema y los consumos dentro de la empresa como salida, se tiene el diagrama de flujo para las actividades más importantes de la empresa realizadas, el mes empleado para este cálculo corresponde a los datos de junio de 2022 (figura 17). Debido a que este valor es el de mayor consumo de agua entre los dos meses, incluso supera a los promedios para el año 2021 y lo que va del 2022.

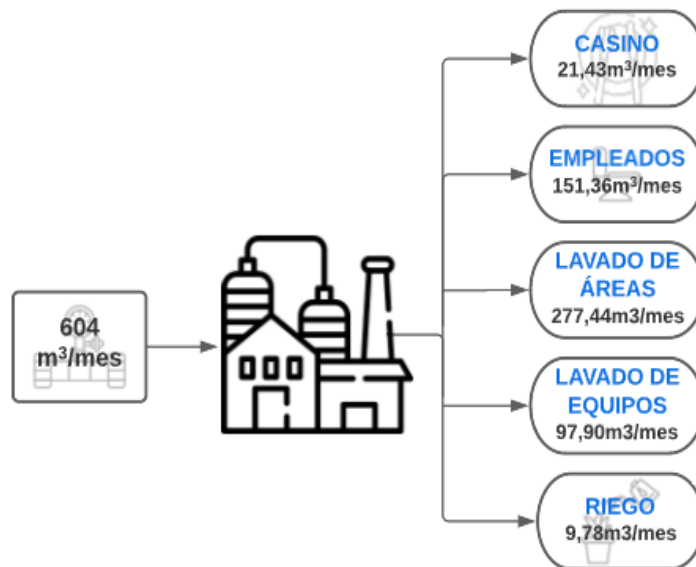


Figura 17: Diagrama de flujo para el Balance de Agua

Para la representación matemática del balance general de agua se usó la siguiente expresión:

El balance representa los consumos para el mes de junio.

$$VT = VE + VC + Va + Vi + Ve \text{ Ecu.5}$$

Donde:

VT = Volumen Total de agua consumida en junio

VE = Volumen de agua por consumo y uso de empleados

Vc = Volumen de agua por el casino para el lavado de recipientes

Va = Volumen de agua para el lavado de pisos y superficies

Vj = Volumen de agua por riego de zonas verdes

Ve = Volumen de agua para el lavado de equipos

Reemplazando en el ecu. 6 tenemos:

$$VT = 151,36 + 21,43 + 275,44 + 9,78 + 97,9 = 555,08m^3$$

Con el balance hídrico elaborado para el mes de junio, se logró identificar una demanda de agua correspondiente a $604m^3$ a la entrada, cuyo dato atiende a lo reportado por el macromedidor y a un consumo estimado de $555,08m^3$ correspondiente a los cálculos realizados previamente en las líneas de producción, jardinería, dotación etc. Existe una diferencia de $48,92m^3$ entre el consumo reportado y el calculado, esta diferencia se puede atribuir por varios factores, como la regulación de caudales que se da en el tanque de almacenamiento, el sistema de bombeo, agua no contabilizada posiblemente de algunas actividades no aforadas como el lavado especial de los equipos o el lavado general de planta que se realiza una vez al mes o alguna actividad particular no frecuente o actividades imprevistas ocasionadas por algún derrame o accidente.

La actividad de mayor demanda hídrica en la empresa es el lavado de áreas con 275m³/mes correspondiente a cerca del 50% del consumo total de agua en la compañía, seguido por la dotación para empleados, la cual es de 151 m³/mes correspondiente al 27%, lavado de equipos 98m³/mes para un 18%, casino 21m³/mes con 4% y riego de zonas verdes 10m³ correspondiente al 2%. (figura 18). Este comportamiento es común en otras industrias como por ejemplo la industria Láctea, se caracteriza por no utilizar agua como ingrediente final en elaboración de sus productos, pero esto no significa que no exista un consumo de agua. La mayor parte del agua utilizada se requiere en las operaciones auxiliares, particularmente en la limpieza y desinfección, donde se puede llegar a consumir entre el 25 y el 40% del total de agua (Lucas Muñoz, Sánchez García, 2018), al comparar estos valores con la empresa objeto de estudio se identifica que consume una porción mayor de agua al llevar a cabo estas actividades ya que se tiene por separado las actividades de lavado de equipos y de pisos y áreas, las cuales en conjunto rondan casi el 70% del agua consumida en la empresa.

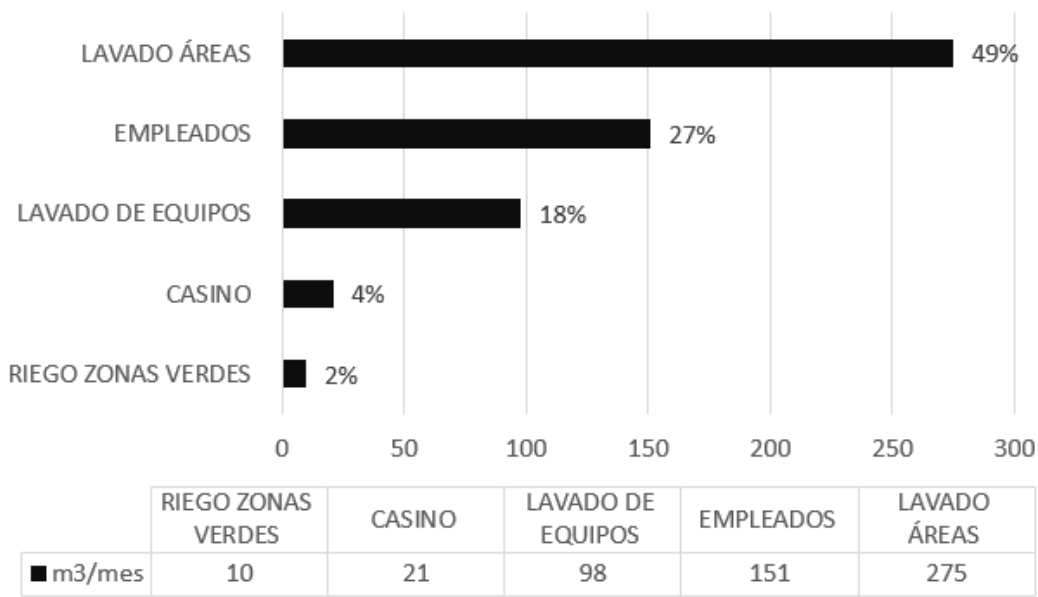


Figura 18: Actividades de consumo dentro de la empresa

La empresa con los protocolos y sistemas de gestión que posee al ser una compañía produce complementos alimenticios y suplementos dietarios para el consumo humano exige una manipulación y estado de asepsia muy riguroso correspondiente a las buenas prácticas de manufactura, donde las áreas de mayor rigor son las áreas blancas en las cuales se encuentra el producto expuesto por lo cual se exige un nivel mayor de higiene obligando a lavar continuamente techos, paredes, pisos y equipos.

El lavado de áreas y limpieza al interior de la planta incluye lavado de pisos, paredes, estibas y UAR, dentro de lo cual, el lavado de pisos y paredes es la actividad de higiene con mayor consumo de agua llegando a 65% correspondiente a 180m³/mes (figura 19).

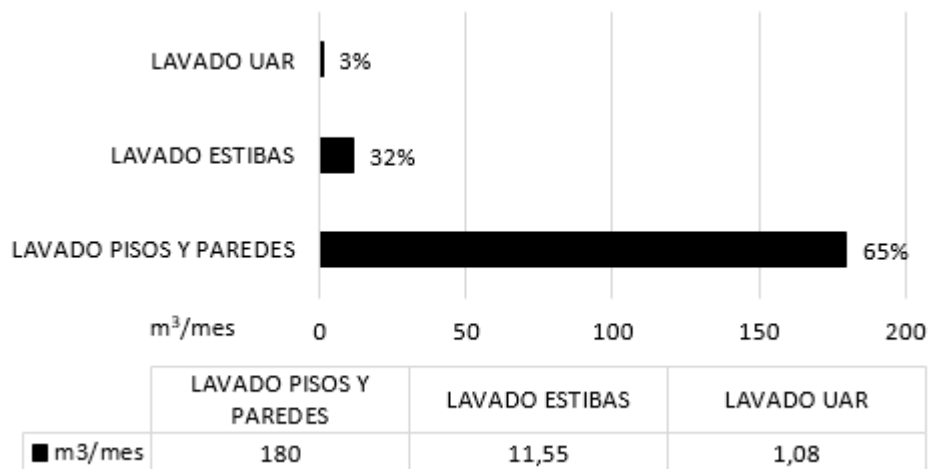


Figura 19: Consumo de agua para lavado de áreas y Limpieza

El 18% del agua que ingresa a la empresa se emplea para el lavado de equipos en las líneas de producción (Mespac, Volpack-Bossar, Nutecam y Fustec), a las cuales se le estimaron los consumos de agua encontrando que la línea Nutecam consume aproximadamente 6m³/mes, Fustec 22m³/mes, Volpack-Bossar 25m³/mes y finalmente la línea Mespac cuyo consumo es de aproximadamente 30m³/mes siendo la línea con mayor consumo correspondiente a un 36% del agua del empleado en el lavado de equipos (figura 20). Con estos datos se confirma lo mencionado por los colaboradores al inicio del estudio en los acercamientos y reuniones donde indicaron que esta es la línea crítica teniendo mayor cantidad de lavados y por consecuencia mayor consumo de agua. Lo que hace necesario una evaluación que permita promover la reducción de los consumos de agua y replicar dichas acciones al resto de líneas de producción.

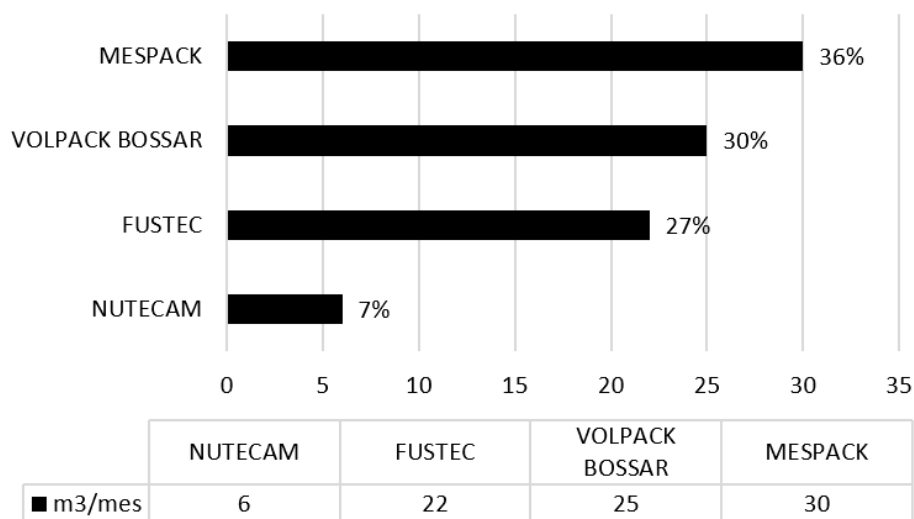


Figura 20: Consumo por línea de producción

Al ser la línea mespack la línea crítica, se enfocaron todos los análisis a esta línea de producción permitiendo así un acercamiento a las actividades ahí realizadas encontrando las oportunidades de mejora cuya aplicación a las demás líneas de producción permitan acercan cada vez más a

la empresa a un ahorro y uso eficiente del agua considerando la PML como el eje central del estudio, cumplimiento los objetivos de desarrollo y normatividad ambiental. Las oportunidades de mejora que se encontraron durante la realización de los lavados:

Como primera instancia el lavado se realiza de forma manual, con herramientas básicas como mangueras, escobas, wipalls, con productos de aseo permitidos y recomendados por calidad para el cumplimiento los sistemas de gestión y de calidad (figura 21)



Figura 21: Lavado Línea Mespac

De lo anteriormente mencionado se puede evidenciar un incremento en el consumo de agua debido a la ineficiencia durante el proceso de lavado, ya que, al momento de remojar, enjabonar y enjuagar, los operarios no logran llegar a todas las superficies con los recipientes empleados (recipientes plásticos para esparcir agua y productos de limpieza), promoviendo el llenado repetitivo de los baldes donde se mezclan los productos para aseo y haciendo que esta actividad tome más tiempo de lo necesario. Por otra parte, al momento de remojar y enjuagar con agua las superficies y equipos, las mangueras no poseen suficiente presión, la cual les permitiría llegar más fácilmente a lugares elevados, lejanos o de difícil acceso y remover con mayor facilidad impurezas y restos de producto en las superficies y equipos.

Además, identificaron fugas en diferentes puntos hidráulicos de abastecimientos (figura 22), en diferentes puntos hidráulicos, principalmente en las conexiones realizadas para los micro medidores y salida de mangueras se evidencian fugas de agua, lo cual incrementa el consumo de agua aun cuando no se encuentren realizando el proceso de lavado, generando gastos innecesarios tanto de recurso hídrico como económico.



Figura 22: Fugas en puntos hidráulicos

Por otro lado, la deficiencia en la infraestructura, correspondiente a problemas de orden hidráulico en niveles para drenajes (desniveles inadecuados) lo cual genera estancamiento de aguas y drenaje a sitios indeseados. Durante el desarrollo del proyecto se logra evidenciar irregularidades en el sistema de drenaje, ya que los desniveles existentes en el cuarto de cada línea de producción no funcionan correctamente, haciendo que el agua no drene a los sifones existentes directamente, sino se distribuya y salga de estos cuartos hacia el pasillo (figura 23). Los colaboradores durante el lavado intentan evitar la salida del agua del cuarto con el fin de evitar la contaminación cruzada de los demás productos que se encuentren en elaboración al momento del lavado. Sin embargo, durante esta actividad muchas veces no se emplean utensilios y herramientas dispuestos para tal fin, sino, por el contrario, se emplea el chorro de agua proveniente de la manguera de lavado para direccionar el agua hacia los sifones.



Figura 23: Dificultades en el drenaje (desniveles inadecuados)

Esta condición de la infraestructura no solo hace que la labor de lavado tome más tiempo y esfuerzo por parte de los colaboradores, sino que hace que se generen prácticas inadecuadas incrementando el consumo de agua. Oportunidad de mejora para los empleados que desarrollan

los lavados promoviendo la educación ambiental enfocada al ahorro y uso eficiente del agua durante la realización de sus actividades.

Por último, la Inexistencia de sistemas que permitan regulación de caudales durante los lavados (figura 24)



Figura 24: Dosificación de agua durante lavados por parte del personal

Como se ha mencionado anteriormente, la actividad se hace de manera manual incluyendo el empleo de manguera, con el cual es el mismo operario quien direcciona el chorro con sus manos, esto sumado a que no se dispone de un dispositivo que permita disminuir, cerrar y abrir el chorro de agua cuando sea conveniente aumenta el empleo de agua durante la actividad, ya que no sólo sale siempre el mismo caudal, sino que mientras se cierra la llave o se realiza otra actividad el flujo de agua permanece en las mismas condiciones que cuando se está empleando el agua para remojar, enjuagar o lavar.

Al igual que en el área blanca como se menciona anteriormente esto sucede de forma general en toda la empresa, tanto para el riego, lavado de estibas y las demás actividades rutinarias dentro de la compañía abriendo campo a posibles mejoras en cuanto al manejo y uso racional del agua.

Toda esta agua consumida se convierte en agua residual, la cual se ve reflejada en vertimientos a cuerpos de agua. Dependiendo del tipo de producto y según sus características así mismo es la generación de agua residual por ejemplo en la industria de zumos aproximadamente entre el 70-80% del consumo de agua se vierte en forma de aguas residuales, en las industrias cerveceras, las aguas residuales, pueden representar el 65-80% del agua en la empresa (Lucas Muñoz, Sanchez García, 2018). Los problemas generados a raíz de la elevada producción de aguas residuales son tanto de cantidad como de calidad, lo que hace imperativo tener un sistema de tratamiento de agua residual que garantice efluentes de buena calidad y los cuales cumplan con la normatividad vigente.

Con el fin de evaluar el tratamiento, eficiencia y cumplimiento de la normatividad del sistema de tratamiento de agua residual No doméstica o Industrial y apoyados en las caracterizaciones de los años 2015, 2018, 2020 y 2021. Se calcularon principalmente eficiencias de remoción de DBO, DQO, sólidos suspendidos totales, grasas y aceites. Adicionalmente se calculó la relación DBO₅/DQO, como indicador de biodegradabilidad del agua fundamental para evaluar la idoneidad a la hora de seleccionar el tratamiento a emplear (tabla 12).

Tabla 12: Caracterización vertimientos

Parámetro	AÑO 2015			AÑO 2018		AÑO 2020		AÑO 2021	
	Entr	Sal	Efi	Sal		Entr	Sal	Efi	Sal
	Resultado mg/L		%	Resultado mg/L		Resultado mg/L		%	Resultado mg/L
DBO ₅	556,2 O ₂	385,5 O ₂	31	520 O ₂		943,0 O ₂	513,7 O ₂	46	980,9 O ₂
DQO.	1090,8 O ₂	724,5 O ₂	34	859 O ₂		1938,0 O ₂	1828,6 O ₂	6	1584,2 O ₂
SST.	400,0	92,3	77	99		21,0	52,8	-151	78,0
GyA	132,2	15,4	88	24,50		29,2	18,8	36	50,1

Según la caracterización del año 2015 la eficiencia de remoción tanto para DBO y DQO no supera el 34%, mientras que para el año 2018 no se tiene datos de entrada, por lo cual no podemos estimar su eficiencia, sin embargo, se puede observar que la concentración de la DBO y la DQO son mayores que la reportada en el año 2015. La remoción para el 2020 de DBO es del 46% aproximadamente y DQO del 6%. El último reporte obtenido fue del año 2021 en donde se realizó la toma de muestras y análisis solo del vertimiento final, es decir a la salida de la PTAR, por lo que no se pudo determinar la eficiencia del proceso sin embargo las concentraciones, aunque disminuyen en comparación con el año inmediatamente anterior sus valores continúan siendo elevados conforme a lo mostrado en años anteriores.

En cuanto a la remoción de grasas y aceites para el 2015 tuvo una eficiencia del 88% siendo la eficiencia más alta en momento, indicando que la trampa de grasas funcionaba correctamente, se puede evidenciar que, con el transcurso de los años, la concentración de este parámetro a la salida del sistema se incrementó superando en algunos casos los máximos permitidos por normatividad.

Para el caso de los Sólidos Suspendidos Totales - SST, para el 2015 presentó una remoción alta con una eficiencia de 77%, sin embargo, para el año 2020 se evidencia una mayor concentración de SST a la salida del sistema dando como resultado una eficiencia negativa, lo que puede deberse a diferentes factores entre ellos el bombeo, causando la re-suspensión de los sólidos, o a la generación de un lavado por el caudal de la bomba a través del sistema. Puede evidenciarse también que el humedal no estaría realizando adecuadamente su función.

Cabe resaltar que para el 2018 ya se encontraba vigente la Resolución 0631 del 2015 la cual determina los valores máximo permisibles de descarga a sistema de alcantarillado o fuentes naturales. Estos valores varían dependiendo de la actividad económica, para este caso en particular aplica los valores establecidos en el artículo 12, los cuales son 900 mgO₂/L para la DQO, 600 mgO₂/L para la DBO, 00 mg/L para la SST, 30 mg/L para las grasas, entre otros. con lo que se demuestra que en los análisis reportados los vertimientos no cumplen con la normatividad vigente, Como se observa según los datos reportados estos valores superan en muchos casos los máximos permitidos por la norma.

Es evidente que el sistema no funciona adecuadamente generando efluentes de baja calidad afectando a las fuentes receptoras. Lo que deberá ser revisado como un proyecto de mejoramiento, optimización o reestructuración del sistema. Por otro lado, se calcularon las relaciones DBO₅/DQO, (tabla 13) el cual es un factor que indica la biodegradabilidad de las aguas residuales, el valor obtenido se clasifica en biodegradabilidad baja ($\leq 0,2$), normal (0,2-0,4) y alta ($\geq 0,4$). Cuanto menor es este índice, mayor es la fracción de componentes difícilmente biodegradables (Barrera et al., 2018)

Tabla 13: Biodegradabilidad del agua residual no doméstica generada en la empresa

Parámetro	AÑO			
	2015	2018	2020	2021
<i>DBO</i>	556,2	520	943	980
<i>DQO</i>	1090,8	859	1938	1584,2
<i>DBO₅/DQO</i>	0,51	0,61	0,49	0,62

De acuerdo con los valores obtenidos para los años reportados este indicador varía entre 0,49 y 0,62 lo cual indica que el agua residual generada en la empresa es biodegradable, siendo apta para tratamiento biológico. Sin embargo, por las bajas eficiencias encontradas anteriormente se puede inferir que el sistema actualmente puede tener asociado tanto deficiencias operativas propias del sistema como de infraestructura y tipo de tratamiento, lo cual debe ser evaluado y posteriormente corregido con el fin de mejorar la calidad del efluente, cumplir con la normatividad ambiental, evitar sanciones y tener un menor impacto negativo al medio ambiente.

La gestión ambiental en la empresa dentro de sus políticas y por sus características debe ser un eje transversal en la cual se involucren las demás áreas de la empresa con sus colaboradores. Atendiendo a esto se empleó la encuesta como herramienta de determinación de interés por parte de los colaboradores a los cuatro criterios propios de la matriz, arrojando como resultado el criterio de mayor relevancia al social con un 34%, seguido del componente Ambiental con un 32%, económico 24% y por último el tiempo con 10% (figura 25).

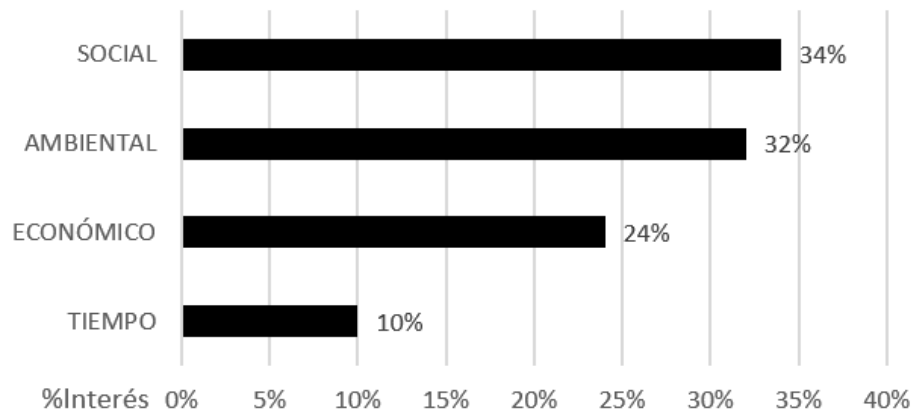


Figura 25: Criterios de interés en la empresa (matriz)

El componente social tiene un gran impacto en los colaboradores ya que afecta directamente sus actividades y bienestar por lo cual tiene la mayor ponderación, el componente ambiental está presente de manera importante en la percepción de los colaboradores obteniendo el segundo lugar. Dentro del componente social se encuentra la educación ambiental la cual brinda apoyo a las propuestas y su receptividad al momento de implementar programas de educación ambiental o cambios encaminados al cuidado de los recursos naturales. Con lo cual se buscará un cambio en las actitudes y prácticas al momento de realizar las actividades propias de su labor, induciendo así a un uso racional del agua dentro de la compañía.

Apoyados en la segunda parte de la encuesta, se recopilieron las posibles mejoras que los colaboradores manifiestan para la actividad de lavados, las cuales se agruparon en cuatro grupos: Mejoras al medio ambiente, disminución de costos, disminución de tiempos de realización de actividad y mejorar condiciones del operario. Con lo que se obtuvo que tanto, las mejoras al medio ambiente como el tiempo tuvieron el mismo interés, con un 33% y la de menor interés fue la disminución de costos con un 9% (figura 26), esto puede ser atribuido a que los costos económicos de la empresa no los afectan de manera directa, por lo cual no lo encuentran muy relevante.

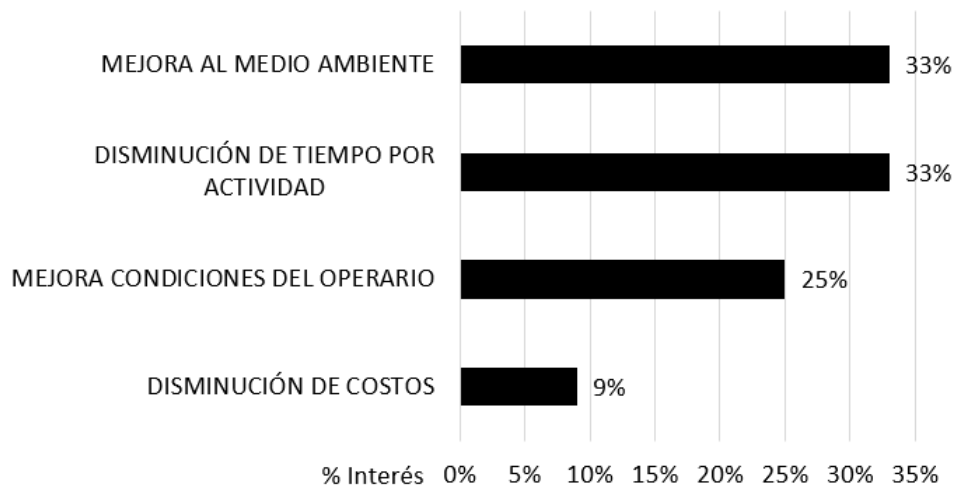


Figura 26: Grupos de interés para mejoramiento por parte de los empleados

Esto muestra que para los colaboradores es importante el cuidado del medio ambiente y que se realicen acciones que promuevan el mejoramiento del impacto ambiental, pero que estas acciones se lleven a cabo de manera oportuna en un tiempo cercano lo cual permita a la empresa de manera progresiva mejorar la escala de valores en beneficio, preservación y conservación del medio ambiente. Acercándose así a lo esperado por la ONUDI en el 2019 al firmar el Memorando de entendimiento y compromiso de participación en el Programa Global de Parque Eco-Industriales Intervención a Nivel País, con los parques eco-industriales, objetivos de desarrollo, políticas ambientales, convirtiéndose también en una empresa con una producción más limpia y que a futuro pueda plantearse conseguir sellos verdes u otras distinciones ambientales, lo cual genere más interés en sus consumidores adquiriendo un valor agregado para sus productos.

Haciendo uso de la matriz y lo encontrado en la literatura se proponen una serie de actividades, modificaciones basadas en la ingeniería de la mano con una producción más limpia y un enfoque principalmente al ahorro de agua durante el proceso de lavado de cambio de producto, ya que al reducir el consumo de agua no solo se beneficia el ecosistema al reducir la presión ejercida sobre él sino también que la empresa percibe mejoras adicionales de índole económica y social, ya que al disminuir la cantidad de agua consumida se genera menor volumen de vertimientos, se reduce el caudal de agua a tratar por ende se percibe una disminución en el costo de servicios públicos. En cuanto al tema social los colaboradores podrían realizar de una forma más eficiente, cómoda o rápida esta actividad, sin embargo, es fundamental mencionar que la base de todas las propuestas es la educación ambiental ya que esta permite generar una mejor calidad de vida y una mejor conciencia de conducta personal y laboral.

Las propuestas se agruparon en tres grupos: infraestructura, equipos y capacitación. A los cuales se les tuvo en cuenta los posibles costos de inversión y realización como parada de producción por realización de la actividad la cual tiene un costo asociado por hora.

Infraestructura: Contempla las modificaciones de tipo locativo a nivel constructivo. Estos son:

- Nivelación adecuada de pisos, con lo cual permitirá drenar a gravedad hacia los sifones existentes de forma adecuada el agua empleada en los lavados evitando que se extienda a zonas no deseadas y pérdidas de tiempo.
- Construcción de canales de drenaje en los cuales se drene el agua de forma inmediata en los cuartos de producción.
- Construcción de más puntos hidráulicos, evitando que los colaboradores dejen las llaves abiertas mientras se desplazan a abrir o cerrar las mismas, produciendo un desperdicio de agua durante este proceso.
- Modificación de diámetros de salida en los puntos hidráulicos, reduciendo pérdidas y aumentando las presiones a la salida de los mismos.

A continuación, en la tabla 14. Se realizó la estimación de costos asociados a la propuesta de intervención en cuanto a infraestructura. En la cual se tuvo en cuenta los costos asociados a precios de materiales, mano de obra, tiempo de ejecución, si se debe parar la producción y el costo asociado a esta parada determinado por la empresa.

Tabla 14: Costos propuestas intervención infraestructura

PROPUESTAS DE INFRAESTRUCTURA	Materiales	Cantidad (m o und)	Precios unitarios	Costo Material	Tiempo ejecución (horas)	Mano de obra por 4 puntos	Parada producción	Costo parada producción	Líneas a intervenir	SUBTOTAL	TOTAL
Modificación de diámetros	Tubería	12	\$ 4.200	\$ 50.400	8	\$ 3.200.000	Si	\$ 427.008.000	4	\$ 430.258.400,00	\$ 431.493.400,00
	Accesorios (Codos, Tee, etc.)	20	\$ 1.750	\$ 35.000						\$ 35.000,00	
	Varios - Resane	1	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000						\$ 1.200.000,00	
Instalación más puntos hidráulicos	Tubería	6	\$ 4.750	\$ 28.500	8	\$ 3.200.000	Sí	\$ 17.792.000	4	\$ 84.082.000,00	\$ 168.307.200,00
	Accesorios (Codos, Tee, Etc.)	10	\$ 1.050	\$ 10.500						\$ 42.000,00	
	Grifo	2	\$ 26.900	\$ 53.800						\$ 84.183.200,00	
Nivelación pisos	Cemento x 50Kg	4	\$ 28.500	\$ 114.000,00	32	\$ 3.200.000	Sí	\$ 71.168.000	4	\$ 297.928.000,00	\$ 596.771.721,60
	Arena m3	1,6	\$ 95.019	\$ 152.030,40						\$ 608.121,60	
	Pintura Epoxica Galón	1	\$ 190.900	\$ 190.900,00						\$ 298.235.600,00	
Construcción de canales de drenaje	Disco de corte (Corte de loza)	16	\$ 5.000	\$ 80.000,00	40	\$ 3.200.000	Sí	\$ 88.960.000	4	\$ 368.960.000,00	\$ 729.713.920,00
	Canal Inox (10 X 30 cm) 2 x lin	8	\$ 90.000	\$ 720.000,00						\$ 2.880.000,00	
	Tubería 4" conexión de drenaje	16	\$ 31.780	\$ 508.480,00						\$ 357.873.920,00	

*Los precios corresponden a los publicados por PAVCO y Homecenter para el 2022

Dentro de las propuestas de infraestructura se obtuvo que la de menor costo de inversión tiene es la de la instalación de puntos hidráulicos, mientras que la de mayor costo es la construcción de canales de drenaje. La instalación de más puntos hidráulicos influye en la reducción del consumo de agua ya que el caudal de salida se ve influenciado por el largo de la manguera y su grosor (Álvarez, 2021), adicionalmente el tiempo que la manguera puede encontrarse abierta mientras el operario procede a cerrarla se vería disminuido ya que el recorrido sería menor. Por otro lado, la propuesta de modificación de diámetros traería consigo el beneficio de reducción de caudales ya durante el mismo estudio Álvarez (2021), menciona que la diferencia de volumen de salida al cambiar el diámetro de la manguera es realmente significativa evidenciando un gran porcentaje de ahorro al pasar de 12mm a 8mm y a 6mm (61,1% y 83,2% respectivamente). Es de gran importancia reconocer el papel que juega la nivelación de los pisos o construcción de canales en el ahorro de agua, ya que, si bien son las propuestas con mayor costo de inversión inicial, éstas independientemente de las otras estrategias que se implementen deberán ser tenidas en cuenta en algún momento, atendiendo a las consecuencias que trae el no llevarlas a cabo. La empresa en su momento decidirá la implementación o no de las propuestas teniendo

en cuenta su capacidad de inversión, tiempos de ejecución entre otros aspectos inmersos en los sistemas de calidad de la misma.

Equipos: Estas propuestas son de tipo adquisitivo, lo que conlleva a la compra de diferentes equipos o herramientas como lo son:

- Aspiradoras e Hidrolavadoras, para esta propuesta se calculó el costo de inversión inicial asociado a la compra del equipo y la cantidad, la cual corresponde a un equipo por cada línea de producción (4 en total) y adicionalmente se calculó un costo asociado al uso del equipo (tabla 15), teniendo en cuenta la potencia referida en el manual del equipo y el costo por unidad de potencia cobrado por la empresa prestadora del servicio de electricidad.

Tabla 15: Costos de inversión inicial y operativo por equipo

Equipo	Costo de inversión Inicial			Costo Operativo Equipo			
	Precio	Cantidad	Total	Potencia KW	Horas de Operación	Valor KW (empresa prestadora)	Valor Operación
Hidrolavadora	\$ 3.135.900	4	\$ 12.543.600	1,2	2	\$ 1.000	\$ 9.600
Aspiradoras Industriales	\$ 2.299.900	4	\$ 9.199.600	0,9	2		\$ 7.200

De estas dos propuestas se encontró que la de menor costo tanto de inversión inicial como de costo operativo es la compra de aspiradoras, sin embargo, los valores entre esta y la hidrolavadora no es muy grande por lo cual ambas podrían ser viables al momento de implementar alguna de las dos. Esta decisión vendrá ligada a temas internos de la empresa como presupuestos, permisos de calidad y operatividad del equipo.

- Boquillas para riego y regulación de caudal (tabla 16)

Tabla 16: Costos equipos para riego

Compra equipos de riego	Materiales	Cantidad	Precios unitarios	Tiempo ejecución H	Mano de obra	Parada producción (si/no)	TOTAL	
Boquillas para riego	Pistola Metalic	4	\$ 44.900	0,5	\$ 20.000	No	\$ 199.600	
Acoples	Acople para pi	4	\$ 5.000	0,5	\$ 20.000	No	\$ 40.000	

Esta propuesta puede ser implementada no sólo en las áreas de lavado, sino en las demás zonas de la empresa en las que se emplee agua tanto para lavado como para riego. Esta propuesta se puede poner en marcha en poco tiempo, ya que no implica detener producción, ni requiere mano de obra calificada (el valor asignado para mano de obra es una parte del costo de hora de un empleado básico), además el costo de inversión inicial es bajo y el costo de operación es nulo.

Capacitación: Basados en los resultados obtenidos en la encuesta sobre la percepción de los colaboradores se sugiere crear un Programa de Educación ambiental, el cual tenga las siguientes características (tabla 17):

Tabla 17: Características sugeridas del Programa de Educación Ambiental

EJE FUNDAMENTAL	Uso eficiente y ahorro del agua como base para el cuidado de los recursos naturales
TIPO	Capacitaciones, actividades en planta, propaganda visual (carteles o información proyectada en medios visuales, emails informativos)
PERIODICIDAD	Cada tres meses las capacitaciones o cada vez que ingrese un nuevo empleado y se realicen las respectivas inducciones, los programas lúdico recreativos y visuales pueden tener una mayor frecuencia, se deja a criterio de los encargados.
ÁREA ENCARGADA	Ambiental y Producción
ACTIVIDADES	Charlas, capacitaciones, publicaciones en carteleras y medios de comunicación (proyección de información en el tv del casino), información en emails, actividades lúdico recreativas, entre otros.

Se construyó la matriz con los criterios ambiental, social, económico y social incluyendo las opiniones y percepciones de los colaboradores y los costos asociados (tabla 18).

Tabla 18: Matriz de soluciones propuestas

MATRIZ	CRITERIO	VARIABLES	% Por Variable	% Por criterio	SOLUCIONES PROPUESTAS							
					Aspiradora	Hidroladora	Equipo de riego	Constucción canales	Nivelacion piso	Diametro	Puntos hidráulicos	Capacitación
	AMBIENTAL	Cumplimiento ODS	2	30	1	2	1	1	1	1	1	2
		Acercamiento P+L	2		2	2	1	1	1	1	1	2
		Disminución Carga a la PTAR	6		6	4	3	1	1	3	1	5
		Reducción consumo de agua	20		15	20	20	5	6	8	3	20
	TOTAL POR CRITERIO AMBIENTAL				24	28	25	8	9	13	6	29
	ECONÓMICO	Costo de inversión Inicial	10	30	6	5	10	2	2	5	5	10
		Costo Operativo	15		11	10	15	15	15	15	10	15
		Recuperación inversión a traves del tiempo	5		5	5	4	2	2	2	2	3
TOTAL POR CRITERIO ECONÓMICO					22	20	29	19	19	22	17	28
SOCIAL	Mejoramamiento tiempos de ejecución de una actividad	15	30	10	15	8	10	15	5	5	7	
	Disminución de esfuerzos	10		10	10	8	8	10	7	3	7	
	Facilidad para realizar la actividad	5		5	5	4	4	5	5	5	1	
	TOTAL POR CRITERIO SOCIAL				25	30	20	22	30	17	13	15
TIEMPO	Corto Plazo	3	5	3	3	3	1	1	1	1	3	
	Mediano Plazo	1										
	Largo Plazo	1										
	TOTAL POR CRITERIO DE TIEMPO											3
TOTAL POR SOLUCIÓN PROPUESTA CON LOS CRITERIOS ASOCIADOS				74	81	77	50	59	53	37	75	

Los resultados de la matriz nos permitieron jerarquizar las soluciones propuestas de manera integral, arrojando como respuesta y opción más viable con 81 puntos la compra de hidrolavadoras siendo una gran opción para la empresa ya que tiene múltiples beneficios asociados, como que los costos de inversión inicial y operativo no son muy elevados, se puede llevar a cabo a corto plazo, los operarios tienen la ventaja de reducir el esfuerzo y tiempo en realizar la labor al emplear la presión del agua ejercida sobre las superficies y así disminuir el refregado para realizar la limpieza, tiene reducción en consumo de agua hasta de un 80% y en promedio es un 70% más rápido según lo mencionado por distribuidores y fabricantes, en el cual se puede pasar de emplear 500 litros de agua con manguera a 60 litros de agua con hidrolavadora (Revigal, 2015), esta información coincide con estudios como el realizado por Álvarez (2021), en la planta base agua de Pintuco en Rionegro (Antioquia) al implementar el uso de hidrolavadora se observó un porcentaje de ahorro del 76,1% al realizar el lavado de las máquinas con esta herramienta. Éste menciona un ahorro significativo el cual permite optimizar y disminuir la cantidad de agua a utilizar en cada uno de los lavados y aprueba la viabilidad de su implementación.

Por otro lado el segundo lugar en la matriz lo ocupó la compra de equipos para riego con un puntaje de 77, esto debido a su capacidad de implementación casi inmediata y bajos costos, la compra de aspiradoras ocupó el tercer lugar ya que si bien esta tiene un costo de inversión inicial y operativo más bajo respecto a la compra de hidrolavadoras el impacto en mejoramiento de las operaciones y comodidad para los empleados no es muy significativa ya que la hidrolavadora garantiza una limpieza más fácil al remover la suciedad solamente por la acción de la presión del agua, sin necesidad de refregar en gran medida las superficies. Dentro de las soluciones propuestas la capacitación al personal ocupó el cuarto lugar, debido al bajo costo de implementación y la receptividad por parte de los colaboradores en temas ambientales con lo que se propone como parte de la propuesta para este ítem un programa de educación ambiental en el cual está inmerso las capacitaciones mencionadas como propuesta.

Adicional a esto se propone realizar un proceso de reducción de fugas en los puntos de conexión hidráulicos de mangueras y medidores existentes, ya que actualmente se presentan pequeños goteos que a largo tiempo se ven reflejados en pérdidas tanto del recurso hídrico como económico para la empresa.

Las propuestas de mejora en cuanto a infraestructura son posiblemente las más complejas de llevar a cabo, ya que implican detener la producción durante el periodo de ejecución, acarrear un costo de inversión más elevado, son de carácter permanente y requieren un mayor tiempo de elaboración. Adicionalmente, de ser realizadas, serían llevadas a cabo a mediano o largo plazo postergando los beneficios que traen. Las estrategias propuestas deberán ir siempre de la mano de la concientización al personal por medio del programa de educación ambiental, ya que, si bien son opciones que permitirán ahorrar agua, el uso inadecuado de los equipos, o la falta de interés por el cuidado del recurso puede generar un efecto contrario al esperado.

Adicional a estas propuestas se encuentra la del reuso de agua dentro de la industria, la cual se debe tener en cuenta como una posibilidad de emplear el agua lluvia y la recirculación de ciertas agua de lavados que cuentan con casos de éxito como la empresa Alimentos Polar

emplea agua reutilizada, como lo menciona Rivero en el artículo de la revista Portafolio en el año 2019 con esta estrategia se logra un ahorro promedio de 300 metros cúbicos de agua potable, lo que corresponde a un ahorro de \$1.199.100, y anual de alrededor de 3.600 metros cúbicos.

Las oportunidades de mejora encontradas a lo largo del desarrollo de este proyecto se encuentran encaminadas a la producción más limpia - P+L, fundamentadas en modificaciones basadas en la ingeniería y en la conducta de los empleados. Para la estructuración de estas posibles mejoras se acude a la matriz realizada anteriormente aplicada a estas soluciones, permitiendo así ordenarlas de manera idónea según los requerimientos, necesidades y posibilidad de realización por parte de la empresa. Dentro de lo cual se tiene en cuenta la compra de equipos, modificación de infraestructura y capacitación al personal. A cada una de las propuestas de solución se le aplicó el porcentaje establecido para cada criterio, con lo cual se jerarquizaron las oportunidades de mejora.

8. CONCLUSIONES

- ❖ La empresa a pesar de ser una compañía que no usa agua como materia prima para la elaboración de sus productos, tiene un consumo elevado del recurso hídrico, lo que se puede atribuir a una inadecuada gestión del agua al interior de la compañía en el proceso de lavado, esto va ligado a la inexistencia de equipos o herramientas que faciliten la realización de esta actividad, deficiencias en infraestructura que incrementan malas prácticas durante el desarrollo de los lavados y la poca cultura ambiental en los colaboradores.
- ❖ Durante la recolección de información se encontró que las actividades que más agua gastaron corresponden a las actividades de limpieza y desinfección de áreas (pisos y paredes) y equipos. Con un valor aproximado de consumo de 373 m³ al mes representando cerca del 70% del consumo de agua al interior de la empresa.
- ❖ En la organización existe un sistema de calidad el cual cuenta con protocolos establecidos para cada actividad, pero, muchas veces no se cumplen a cabalidad con lo estipulado en los mismos, por lo tanto es necesario fortalecer dichos protocolos teniendo en cuenta no sólo el sistema de calidad que se debe cumplir en búsqueda de la inocuidad característica del tipo de industria al que pertenece la empresa, sino también al personal operativo, ya que con los acercamientos realizados con los colaboradores se menciona que estos no los siguen en muchos casos porque les genera mayor tiempo en llevar a cabo una actividad o que al aplicar los procedimientos de los protocolos deben hacer doble trabajo para al final obtener los mismos resultados. Por lo tanto, es de suma importancia tener en cuenta los actores involucrados en todos los ámbitos de la empresa ya que de esto depende el éxito de los proyectos realizados.
- ❖ Se identificaron acciones de cambio y posibles soluciones en la gestión del uso del agua de manera participativa con los colaboradores de la empresa, enfocado hacia una producción más limpia. Estas acciones de cambio tienen dos vertientes, la primera basada en la ingeniería, con el empleo de equipos y adecuación de infraestructura existente, mientras que la segunda es la promoción de la conciencia ambiental, en la cual los colaboradores en general puedan adquirir una educación ambiental que tenga en cuenta criterios sociales, ambientales y económicos, sin desconocer la realidad del impacto que genera las actividades propias de una compañía.
- ❖ De acuerdo a la encuesta la parte social tiene la mayor preponderancia por lo tal el mejoramiento social atribuye un mejoramiento en la realización de las actividades lo cual mejora el bienestar de los y esto se ve reflejado en comodidad para ellos, reducción de tiempos en una tarea y finalmente en consumos de agua. Promoviendo el uso eficiente y responsable del recurso.
- ❖ La adquisición de los equipos, en este caso la compra de las hidrolavadoras puede generar un ahorro de hasta el 80% de consumo de agua durante un lavado, y la reducción de hasta el 70% en el tiempo que se tarda el operario en realizar la actividad impactando positivamente no solo el ambiente sino los costos económicos.
- ❖ En la mayoría de las áreas de la empresa no se cuenta con dispositivos para la medición de agua, lo cual no permite llevar un control de los consumos de este recurso, por lo tanto, para identificar acciones de cambio y posibilidades de mejora se debe tener una

base con información necesaria, es de suma importancia contabilizar el agua en cada una de las etapas y/o actividades del proceso productivo con el fin de poder determinar las acciones correctivas en el lugar y momento adecuado.

- ❖ La búsqueda de la conciencia ambiental dentro de la compañía permitirá un cambio en las actitudes y paradigmas, lo cual propiciará acciones de mejora encaminadas a construir un desarrollo sostenible al interior de la misma. Así, promoviendo cada vez más la preocupación por la problemática actual de los recursos naturales y del medio ambiente, y que a partir de esto sea posible acercándose cada vez más a una producción más limpia,
- ❖ El generar cambios positivos en la cultura ambiental por medio del programa de educación ambiental hacia los colaboradores convocando la participación de las distintas áreas de la empresa, generando acciones de prevención, protección del recurso hídrico, promoviendo una mejora en el uso responsable del agua, trayendo consigo beneficios a la empresa de tipo económico como la reducción en los costos de producción, pero también en el ámbito ambiental. Con esto permitir un acercamiento de la empresa a una producción más limpia, cumplimiento de los objetivos de desarrollo, el uso racional del agua y los recursos naturales. Lo cual le permitiría vender sus productos con una visión ambiental, la cual es cada vez más relevante en la sociedad, generando de esta manera valores agregados a sus productos.
- ❖ De las soluciones para llevar a cabo las estrategias que promuevan el uso responsable, eficiente y racional del agua la más adecuada para su implementación por su viabilidad de realizarse a corto plazo, con unos costos de inversión inicial razonables es la de adquisición de equipos, como hidrolavadoras, aspiradoras y equipos para riego, los cuales no sólo traen beneficios de tipo ambiental reduciendo el consumo de agua, sino, también de tipo social a los trabajadores, quienes con estas herramientas pueden disminuir el esfuerzo y tiempo invertido en esta labor lo cual tendría una alta receptividad por parte de los trabajadores.
- ❖ Las soluciones de infraestructura planteadas son tal vez las más difíciles de llevar a cabo, debido a los costos de inversión y tiempo de realización de la actividad, lo cual implica en muchos casos detener la producción acarreado consigo inversiones con retribuciones más allá de una ganancia económica, por lo tanto se debe considerar ejecutarlos en algún momento ya que algunas de las deficiencias detectadas en la realización de las actividades de lavado son inherentes a la condición de infraestructura.
- ❖ La empresa al implementar las estrategias anteriormente descritas podrá generar reducción de consumos de agua y costos asociados a esta actividad, con lo cual se podría esperar ahorros de hasta un 5% en sus consumos inicialmente, los cuales por los volúmenes manejados anualmente impactarían positivamente a nivel económico y ambiental. Teniendo en cuenta también que este valor puede irse incrementando progresivamente llegando a valores mucho mayores a los esperados inicialmente.

9. RECOMENDACIONES

- ❖ Seguir las recomendaciones de la ONUDI para el acercamiento al objetivo de lograr convertir el parque industrial en un parque eco-industrial
- ❖ Instalar más puntos de medición a lo largo de la planta, esta es una herramienta que permite llevar un control de los consumos de agua en los diferentes procesos y áreas de la compañía, lo que facilita la toma de decisiones y acciones correctivas.
- ❖ Se debe evaluar la capacidad y tipo de tratamiento existente en la PTAR para el caudal y tipo de agua residual que se está generando actualmente y realizar las modificaciones que sean necesarias.
- ❖ Realizar un estudio que permita identificar posibles conexiones erradas.
- ❖ Revisar los protocolos existentes para lavado, ya que los colaboradores mencionan que en algunos casos hay pasos que pudieran tener un mejor orden y así reducir tiempos y consumo de agua.
- ❖ Hacer seguimiento a las estrategias planteadas que se lleven a cabo por parte de la empresa, esta debería tener un periodo de evaluación (puede ser anual, semestral o trimestral atendiendo a las necesidades de la compañía), adicionalmente establecer metas y construir indicadores que permitan determinar el cumplimiento de las mismas
- ❖ Al momento de llevar a cabo la compra de equipos se recomienda la creación de las Lecciones de un punto - LUP para cada uno. Permitiendo su uso adecuado, prolongando su vida útil y evitando posibles accidentes.

10. BIBLIOGRAFIA

- Abbott En América Latina | Quiénes somos. (s.f.). Abbott Laboratories.
<https://www.latam.abbott/about-us/who-we-are.html>
- AGUA. (2021, septiembre 1). AGUA.ORG.MX. From <https://agua.org.mx/en-el-planeta/>
- Allan, J. (1998). Watersheds and problemsheds: Explaining The Absence Of Armed Conflict Over Water In The Middle East. *Middle East Review of International Affairs*.
- Álvarez, G. S.(2021). Optimización y estandarización del consumo de agua de lavado en el área envasado de la planta base agua en Pintuco – Rionegro. Universidad de Antioquia. Facultad de Ingeniería. Ingeniería Industrial. Medellín, Antioquia, Colombia. 2021.
- BancoMundial. (2020, septiembre 2). Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2020/09/02/colombia-water-security>
- BANREP. (2021, septiembre 12). BANCO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. From La industria Colombia en el Siglo XXI: <https://www.banrep.gov.co/es/industria-colombiana-el-siglo-xxi>
- Barcelo, L., López, M. J. (2008). *Contaminación y Calidad Química del Agua: El problema de los contaminantes emergentes*. Barcelona: Convenio Universidad de Sevilla-Ministerio de Medio Ambiente.
- Barrera, L., Díaz, A., López, E., Medina, E., Rivera, M., & Vallester, E. (2018). Evaluación del desempeño del filtro biológico de la Universidad Tecnológica de Panamá. <http://dx.doi.org/10.33412/rev-ric.v4.1.1863>
- Berkowitz, D. (2012). Enciclopedia y Seguridad en el Trabajo. In *Cap 67. Industria Alimentaria* (p. 2). España.: INSHT.
- Bernal, A. (2016). Producción más Limpia: Una Revisión de aspectos generales. *Investigación Innovación Ingeniería I+3*, 6-7.
- CAR, & UNAL. (2015). Guía de Planeación del programa de Uso eficiente y Ahorro de Agua, Sector Productivo. Bogotá, Colombia: Corporación Autónoma y Regional de Cundinamarca-Universidad Nacional de Colombia.
- Carranza, D. C. (2019, 04 12). *aa.com.tr*. From Anadolu Agency. Disponible en: <https://www.aa.com.tr/es/mundo/onu-la-industria-de-la-moda-es-la-segunda-m%C3%A1s-contaminante-del-mundo/1450749>
- Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades-CDC (2016). Agua industrial. Usos en la industria y la manufactura. Última revisión de la página: 11 de octubre de 2016. Disponible en: <https://www.cdc.gov/healthywater/other/industrial/index.html#:~:text=According%20to%20the%20United%20States,%2C%20food%2C%20and%20paper%20products.>
- CEPAL. (2020, octubre 15). From https://estadisticas.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?indicator_id=2030&area_id=741&lang=es
- COMASA (2023, enero de 2023), Mezclador de Bines. Disponible en: <https://www.comasa-sa.com/prod/bvc/>
- Concejo Municipal de Guachené. (2020). Plan de Desarrollo Municipio de Guachené – Cauca 2020 - 2023.Disponible en: <https://acortar.link/SS74UF>
- DANE. (2021, octubre 20). *Geoportal.DANE*. Disponible en: <https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/economia/directorio-estadistico-de-empresas/>

- Duek, A. E., & Fasciolo, G. E. (2014). Uso industrial del agua en Mendoza, Argentina: coeficientes para la industria alimenticia. *Tecnología y ciencias del agua*, 5(3), 51-62.
- Estevan Bolea, M.T., XIBERTA ESTEVAN, J.I. (1994): Marco Legal. En: Master en Evaluación de Impacto Ambiental. Ed. Artigraf, Málaga, p.67-83.
- FAO. (2021, Octubre 20). *FAO.ORG*. Disponible en: <https://www.fao.org/aquastat/es/overview/methodology/water-use/>
- Galeano, P. A. (2020). *Gestión del Agua en la industria Alimentaria como estrategia empresarial para disminuir la huella hídrica generada en el desarrollo de su actividad económica*. Medellín, Colombia: pág. 4.
- Gallego, M. (2006). Producción más limpia en la industria alimentaria. *Corporación Universitaria UniSallista*, 10-11.
- García, S. (2019, marzo 15). *NATIONAL GEOGRAPHIC*. Disponible en: <https://www.nationalgeographic.es/photoaguae/2019/03/11-datos-interesantes-sobre-el-agua>
- Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C., & Garmendia, L. (2005). *Evaluación del Impacto Ambiental*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN.
- González, M. C., Saldarriaga, J., Jaramillo, O., & IDEAM. (2010). Estudio Nacional de Agua ENA. In M. C. González, S. Jesús, & O. Jaramillo, *Estimación de la demanda de agua* (p. 172). Bogotá.
- Guatavia, L. (2019). Diseño del Programa de Uso Eficiente y Ahorro de Agua en las Áreas Comunes y de lavandería en la empresa ABBOTT sede Synthesis. *Trabajo de Grado*, 5.
- Hernández Matiz, A. L. (2007). Ahorro y uso eficiente del recurso agua en una empresa del sector de aceites y grasas vegetales. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/176
- IDEAM, González, M., Saldarriaga, G., & Jaramillo, O. (2010). *Estudio Nacional de Agua*. Bogotá.
- IDEAM. (2015). *Estudio Nacional de Agua*. Bogotá.
- Jimeno B. E (2000). Instalaciones Sanitarias en Edificaciones" 2da Edición 2000 Autor: Ing° Enrique Jimeno Blasco Lima-Perú
- Lucas, S. M., & García, R. S. (2018). El agua en la industria alimentaria. *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 33(2), 157-171.
- Martínez, J., & Villalejo, v. (2018). La Gestión Integrada de los Recursos Hídricos: Una necesidad de estos tiempos. *SCIELO*, 2.
- Mera, C., & Cedeño, T. (2012). Producción más Limpia en una embotelladora de Bebidas Gaseosas. *Universidad de Guayaquil*, 183.
- MINAMBIENTE. (2015, marzo 17). Resolución 0631 de 2015. *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Bogotá DC, Colombia.

- MINAMBIENTE (2022). Uso Eficiente y ahorro del agua. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/uso-eficiente-y-ahorro-del-agua/>
- MINAMBIENTE (2012). Gestión Integral del Recurso Hídrico. Calidad. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/calidad/>
- MINAMBIENTE (2012). Gestión Integral del Recurso Hídrico. Calidad. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/calidad/>, Consultado el 11 de diciembre del 2022.
- MINAMBIENTE (2018). Resolución 1257 de 2018. Diario Oficial No. 50.665 de 25 de julio de 2018. Disponible en: https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambientes_1257_2018.htm Consultado el 10 de mayo de 2022.
- MINCIENCIAS. (2016, 09 11). *Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación* . From Colombia, el segundo país más biodiverso del mundo. Disponible en: https://minciencias.gov.co/sala_de_prensa/colombia-el-segundo-pais-mas-biodiverso-del-mundo
- Muñoz, s., Sanchez, R. (2016). El agua en la Industria alimentaria. *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 2.
- ONU-Agua, UNESCO. (2020). *Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020*. Paris.
- ONU (2014) Decenio Internacional para la Acción “El Agua fuente de Vida” 2005 -2015. Gestión Integrada de los Recursos Hídricos. Disponible en: <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/iwrm.shtml>
- Pérez, Carmona R. (2010) Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones / Rafael Pérez Carmona. 6a. ed. Bogotá : Ecoe Ediciones, 2010.
- Perez, M. A. (2014). *Conflictos Ambientales en Colombia: Inventario, Caracterización y Análisis*. Cali, Colombia.
- Portafolio (2019). *Alimentos Polar y su apuesta por la protección del agua*. Abril 09 De 2019 - 10:00 P. M. Disponible en: <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/alimentos-polar-y-su-apuesta-por-la-proteccion-del-agua-528380>
- Pulido, C. (2017). Diseño del programa de uso eficiente y ahorro del agua en la finca Jardines de Colombia de la empresa the elite flower. *Universidad Santo Tomas*. Bogotá DC, Colombia: Trabajo de Grado.
- Restrepo Gallego, M. (2006). Producción más Limpia en la Industria Alimentaria. *Biblioteca digital La Sallista*, 2.

Revigal (5015). Ahorrar agua y ayudar al medio ambiente con el uso de la hidrolavadora. 21 de junio del 2015. Disponible en: <http://www.revigal.com.ar/ahorrar-agua-y-ayudar-el-medio-ambiente-con-el-uso-de-hidrolavadora/>

- Rodriguez, D., Hector, S., Delgado, A., Nolasco, D., & Saltiel, G. (2020). *De Residuo a Recurso: Cambiando Paradigmas para intervenciones para la gestión de aguas residuales en América Latina y el Caribe*. Washington DC: Banco Mundial.
- Rojas, C. (2014). *Procedimiento para la elaboración de diagnóstico*. Paraguay: WWF, World Wildlife Fund.
- Rojas, C. (2014). *Procedimiento para la Elaboración de Diagnóstico de Uso de Agua en Empresas*. Manual, World Wildlife Fund, Paraguay.
- Saura, P., & Hernandez, M. A. (2008). La Evolución del concepto de sostenibilidad y su incidencia en la Educación Ambiental. *Revista Interuniversitaria*, 5.
- SCP/RAC. (2021, Octubre 13). From Regional Activity Center for Sustainable Consumption and production: <http://www.cprac.org/es/sostenible/produccion/mas-limpia>
- SIAC. (2021, octubre 12). From Sistema de Información Ambiental de Colombia. Disponible en: [http://www.siac.gov.co/demandaagua#:~:text=El%20sector%20que%20m%C3%A1s%20demanda,4%20\(8%2C2%25\)](http://www.siac.gov.co/demandaagua#:~:text=El%20sector%20que%20m%C3%A1s%20demanda,4%20(8%2C2%25)).
- SUPERSERVICIOS. (2020). *Estudio sectorial de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado 2019*. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.
- UN. (2015, septiembre 25). Naciones Unidas. From <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- UNESCO. (2020, marzo 21). Disponible en: <https://es.unesco.org/news/gestion-del-agua-elemento-clave-afrontar-cambio-climatico>
- UNEP - United Nations Environment Program. (1993). Our Planet. Cleaner Production Makes Money. 5(3).
- Van hoof, B., & Herrera, C. (2007). La evolución y el futuro de la Producción más limpia en Colombia. *SCIELO COLOMBIA*, 1.
- Van, B., & Herrera, C. (2007). La Evolución y el futuro de la producción más limpia en Colombia. *SCIELO COLOMBIA*, 1.
- Vargas, J. A. (2006). Diseño de un programa de Producción más Limpia para su implementación en la Industria Cervecería Bavaria SA Bucaramanga. *Unisalle, Trabajo de Grado*, 34-35.
- Vázquez, V. (2014). Externalidades y Medioambiente. *Revista Iberoamericana de Organización de Empresas y Marketing*, 1,15.
- Water, U. (2008). *Status report on integrated water resources management and water efficiency plans*. New York: Prepared for the 16th session of the commission on sustainable development.
- WBCSD. (2005). *Business for Development: Business solutions in support of the Millenium Development goals*. World Business Council for Sustainable Development.
- WWAP. (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2017: Aguas Residuales, El recurso desaprovechado*. París, UNESCO: Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas.