



Aprovechamiento de aguas residuales tratadas en una planta de producción de alimentos

Trabajo de Grado

Autores:

Paola Andrea Díaz Porras e Iván Yamith Ocampo Barbosa

Bogotá, D.C.
2021



Aprovechamiento de aguas residuales tratadas en una planta de producción de alimentos

Trabajo de grado

Autores:

Paola Andrea Díaz Porras e Iván Yamith Ocampo Barbosa

Tutor:

Clara Inés Pardo Martínez, Postdoc

Maestría en Administración (MBA)

Escuela de Administración

26 de Noviembre de 2021

Bogotá, D.C., Colombia

2021

Contenido

Contenido	i
Preliminares	iii
Agradecimientos	iv
Dedicatoria	v
Declaración de originalidad y autonomía	vi
Declaración de exoneración de responsabilidad	vii
Lista de tablas	ix
Resumen Ejecutivo	x
Palabras clave	x
Abstract	xi
Keywords	xi
1. Introducción	1
2. Contexto organizacional.....	3
2.1. Entorno general.....	3
2.2 Contexto industria de alimentos.	6
2.3 Industria de Snacks	8
2.4. Descripción de la empresa caso de estudio.....	10
2.4.1. Descripción de la estrategia de la compañía	13
3. Planteamiento del problema caso de estudio.....	16
4. Alternativas y estrategias de análisis para la solución del problema planteado	19
4.1 Alternativas de reducción del consumo de agua.....	19
4.1.1 Recirculación de agua utilizando una sustancia desinfectante:.....	19
4.1.2. Estandarización de proceso en PTAR.	23
4.2 Alternativas de uso del agua actualmente tratada.	27
4.3 Propuesta de inversión para mejoramiento de las condiciones del agua tratada y posterior reutilización.	29
4.3.1 Proceso de filtración.....	29
4.3.2 Filtración por membrana	31

4.3.3 Osmosis Inversa	32
5. Plan y recomendaciones de implementación y aplicación	38
6. Conclusiones.....	40
Referencias	42

Preliminares

Agradecimientos

Agradezco mucho a mi compañero en este proyecto, Iván Ocampo, por su dedicación y aportes significativos. También a nuestra tutora PhD. Clara Inés Pardo Martínez por su orientación técnica y metodológica, de gran aporte.

Paola Andrea Díaz Porras

Agradecimientos totales a mi compañera y amiga Paola Díaz por su esfuerzo, dedicación y disciplina en este proyecto y en general en el desarrollo de la Maestría. Gratitud a la doctora PhD. Clara Inés Pardo Martínez por su acompañamiento y orientación, muy significativos para culminar este proyecto.

Iván Yamith Ocampo Barbosa

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mi familia, mis padres y mi esposo que fueron un gran soporte durante todo este proceso y me permitieron alcanzar esta meta. Sin ellos no hubiera sido posible.

Paola Andrea Díaz Porras

Dedico este trabajo y el desarrollo de esta Maestría, con profundo agradecimiento a mis padres, mis hermanas y mi pareja. Por ellos soy quien soy.

Iván Yamith Ocampo Barbosa

Declaración de originalidad y autonomía

Declaramos bajo la gravedad del juramento, que hemos escrito el presente Proyecto Aplicado Empresarial (PAE), en la propuesta de solución a una problemática en el campo de conocimientos del programa de Maestría por nuestra propia cuenta y que, por lo tanto, su contenido es original.

Declaramos que hemos indicado clara y precisamente todas las fuentes directas e indirectas de información y que este PAE no ha sido entregado a ninguna otra institución con fines de calificación o publicación.



Paola Andrea Díaz Porras



Iván Yamith Ocampo Barbosa.

Firmado en Bogotá, D.C. el 22 de octubre de 2021

Declaración de exoneración de responsabilidad

Declaramos que la responsabilidad intelectual del presente trabajo es exclusivamente de sus autores. La Universidad del Rosario no se hace responsable de contenidos, opiniones o ideologías expresadas total o parcialmente en él.



Paola Andrea Díaz Porras



Iván Yamith Ocampo Barbosa.

Firmado en Bogotá, D.C. el 22 de octubre de 2021

Lista de figuras

Figura 1. Uso de agua por actividad industrial en Colombia.	3
Figura 2. Evolución actividades asociadas a la gestión hídrica de la compañía.	12
Figura 3. Expansión organizacional.	13
Figura 4. Estructura Organizacional.	15
Figura 5. Matriz DOFA.	18
Figura 6. Proceso actual de desalmidonado de hojuelas de papa	20
Figura 7. Propuesta de recuperación de agua desalmidonada a proceso de compartimento de lavado.	21
Figura 8. Comparativo procesos de filtración por membrana vs. Tamaño de partícula.....	31
Figura 9. Diagrama proceso osmosis inversa	34

Lista de tablas

Tabla 1. Parámetros vertimiento a alcantarillado después de tratamiento	17
Tabla 2. Variables y análisis de costo de recirculación de agua utilizando sustancia desinfectante.	22
Tabla 3. Áreas de oportunidad de utilización de agua tratada.....	28
Tabla 4. Variables consideradas para el proceso de ósmosis inversa.....	36
Tabla 5. Cálculos de VNA para el proceso de ósmosis inversa.	37
Tabla 6. Comparativo alternativas de solución	38

Resumen Ejecutivo

Aprovechamiento de aguas residuales tratadas en una planta de producción de alimentos

La preocupación y problemática ambiental asociada al consumo sostenible por parte de las industrias, hace necesario que las compañías sean más conscientes y responsables en sus procesos productivos, buscando optimizar y disminuir su huella ambiental. La industria de alimentos hace parte de los sectores con mayor impacto en la economía mundial y a su vez cumple un papel fundamental en lo que corresponde a la gestión responsable de los recursos de los que dispone, como lo son las fuentes hídricas. La empresa motivo de este estudio es una compañía productora de snacks que actualmente cuenta con un potencial para la optimización y reducción de consumo de agua en su proceso productivo. Las alternativas que se analizaron se enfocaron en tres frentes, el primero orientado a disminuir el consumo actual durante el proceso de producción, el segundo a la reutilización del agua que está siendo tratada actualmente y el tercero a optimizar el proceso de tratamiento de agua para incrementar el porcentaje de reutilización de agua durante el proceso. Las anteriores alternativas permitirán a la compañía disminuir sus costos operacionales, así como a optimizar sus procesos y el uso de agua durante el mismo, dichas acciones generarán un impacto positivo a nivel ambiental.

Palabras clave

Aguas de segunda, reutilización de agua, industria de alimentos, producción sostenible, recurso hídrico, optimización consumo de agua.

Abstract

Use of treated wastewater in a food production plant

Currently there are a concern associated with sustainable consumption by industries, which makes necessary for companies to be more aware and responsible in their production processes, seeking to optimize and reduce their environmental footprint. The food industry is part of the sectors with the greatest impact on the world economy, in turn it plays a fundamental role in what corresponds to the responsible management of its available resources, such as water sources. The company, subject of this study, is a snack company that currently has an interesting potential for optimizing and reducing water consumption in its production process. The alternatives that were analyzed focused on three fronts, the first aimed at reducing current consumption during the production process, the second at reusing the water that is currently being treated and the third at optimizing the water treatment process to increase the percentage of water reuse during the process. The above alternatives will allow the company to reduce its operating costs, as well as to optimize its processes and the use of water during it. These actions will generate a positive impact at the environmental level.

Keywords

Second-rate water, water reuse, food industry, sustainable production, water resources, optimization of water consumption.

1. Introducción

Para la industria de alimentos, el agua es un recurso fundamental con múltiples usos: lavado de materias primas, como insumo para la preparación del producto terminado, agente limpiador de instalaciones, superficies y manipuladores, e inclusive, como lubricante en algunos procesos, por ello, el cuidado en su consumo es primordial, como lo es también el tratamiento posterior a su uso.

La planta de producción de alimentos cuenta con un tratamiento de aguas residuales industriales con el fin de cumplir la normatividad legal de vertimientos y disminuir el impacto de sus procesos en el medio ambiente. A partir de este proceso que ya ocurre, fue posible identificar un potencial de aprovechamiento de esta agua ya tratada, lo que reduciría parte del consumo del recurso potable y el impacto en el medio ambiente, a su vez representando un beneficio económico para la organización y hacer un aporte en el marco del “valor compartido”, concepto que está siendo incorporado en la práctica por las organizaciones de todos los sectores y tamaños, que tiene interés en continuar vigentes en el mercado con un equilibrio sostenible entre los aspectos ambientales y económicos.

El interés creciente por la consciencia ambiental y el desarrollo sostenible, concepto expuesto por primera vez en el Informe Brundtland construido por la comisión del mismo nombre para las Naciones Unidas en el año 1987, y en permanente evolución a partir de ese momento, orientan a mirar de manera diferente situaciones problema, que para las personas y las organizaciones pueden transformarse en oportunidades tangibles de mejora que se capitalizan en el tiempo; particularmente para la compañía, generando beneficios integrales tales como la consciencia ambiental de sus integrantes, el menor impacto en el medio ambiente y un menor consumo del recurso hídrico que se traduce en una retribución

económica lo cual aporta a los objetivos de desarrollo sostenible número 6, agua limpia y saneamiento y número 12, producción y consumo responsables. Por lo anterior, este estudio tiene como objetivo, definir usos adicionales al recurso hídrico ya tratado en la planta de alimentos caso de estudio y opciones que permitan reducir el consumo actual de agua en algunas partes del proceso de producción. Para ello, se ofrecen diferentes alternativas de mejora para usos adicionales, que requieren de algunas inversiones de diferente magnitud que podrían mejorar el desempeño técnico y ambiental.

El documento se dividirá en 6 secciones. La primera que corresponde a la presente introducción, la segunda que se enfoca en la contextualización de la industria y de la empresa motivo de estudio; la tercera en donde se plantea el problema a desarrollar. En la cuarta parte en se analizan y se exponen las posibles alternativas de solución y finalmente se realiza un análisis final con las conclusiones el estudio del caso.

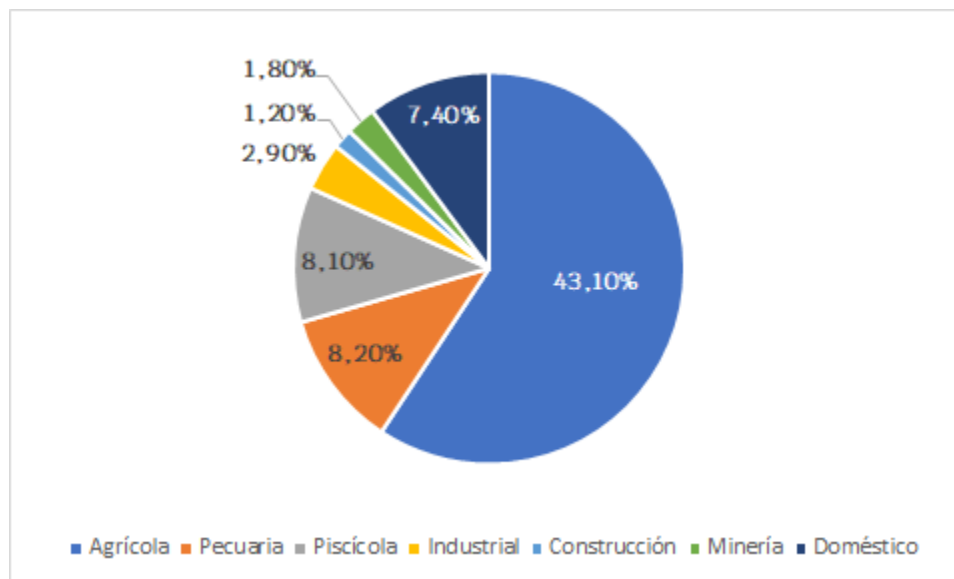
2. Contexto organizacional

Esta sección tiene como objetivo contextualizar el entorno global y específico del sector de la industria motivo de este estudio, mostrando la importancia de incluir procesos y alternativas de uso y reutilización del agua con el fin de plantear estrategias en lo que corresponde al uso sostenible del recurso hídrico y responsabilidad social

2.1. Entorno general

Colombia hace parte de los países que dispone de una amplia fuente de recursos hídricos. Teniendo en cuenta los datos del IDEAM del año 2018, la oferta hídrica del país supera 37.287,1 millones de metros cúbicos por año. (Botero, 2020). La figura 1 muestra el uso de agua por actividad industrial en Colombia.

Figura 1. *Uso de agua por actividad industrial en Colombia.*



Fuente: (Botero, 2020)

En la figura 1 se puede observar que los mayores consumos se presentan en el sector agrícola e industrial, siendo entonces estos sectores en donde mayores esfuerzos deben hacerse por concientizar e implementar medidas que permitan disminuir el consumo del agua y/o fomentar prácticas que garanticen su reutilización o gestión adecuada de los vertimientos (Botero, 2020) como es el objetivo de este proyecto para una industria de alimentos.

Sin embargo, cuando se habla de cantidad de agua disponible no necesariamente se está haciendo mención a la calidad del agua. Las estadísticas indican que apenas el 41% del agua residual que se producen es tratada, lo que significa que el 59% del agua que se consume se vierte a los ríos y demás fuentes hídricas alterando estos ecosistemas (Rozo, 2015). Lo anterior muestra cómo a pesar de contar con una fuente importante de recursos hídricos, aún no hay una conciencia asociada al cuidado y uso que se le está dando al agua que se utiliza diariamente y que es un recurso fundamental para la vida.

De acuerdo a un reporte de las Naciones Unidas aproximadamente un 80% del agua residual generada en los ciclos urbanos globales a nivel doméstico e industrial regresa nuevamente a las fuentes hídricas sin ser tratado o reusado (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2019, p. 72). Se estima que aproximadamente un 20% de las aguas residuales en Latinoamérica son tratadas (Banco Mundial, 2013), lo que incrementa el riesgo de contaminación a ríos y zonas costeras que afectan a la población por la potencial exposición a toxinas y enfermedades que pueden tener las aguas contaminadas.

Actualmente, en Colombia, la norma de vertimientos Resolución 0631 de 2015, que actualiza el Decreto 1594 de 1984 (vigente hace más de 30 años), responde a la nueva realidad urbana, industrial y ambiental del país. Esta nueva resolución aplica para todas aquellas actividades industriales, comerciales o de servicios que generan vertimientos a alcantarillado público y cuerpos de agua superficiales, define valores máximos permisibles en términos de concentraciones de sustancias de interés (mg/L), anteriormente se hacía en Kg por día. Igualmente, permite tener el control de las sustancias contaminantes que llegan a los cuerpos de agua vertidas por 73 actividades productivas presentes en ocho sectores económicos del país. De esta manera es posible tener un parámetro fijo a cumplir según la actividad productiva y que promueve un uso responsable de este recurso que las actividades productivas deben cumplir para reducir sus impactos ambientales frente al recurso hídrico.

Por otro lado, El Decreto 1076 de 2015 promueve la implementación de prácticas como el reúso, la recirculación, el uso de aguas lluvias, el control de pérdidas, la reconversión de tecnologías o cualquier otra práctica orientada al uso sostenible del agua. Por medio del Programa para el uso eficiente y ahorro del agua (PUEAA) y por medio de Planes de Reconversión a Tecnologías Limpias en Gestión de Vertimientos – PRTLGV se buscan optimizar los recursos hídricos a nivel empresarial y promover el desarrollo de proyectos como el que se desarrolla en este documento.

La planta caso de este estudio se encuentra ubicada en la ciudad de Bogotá, por lo que la resolución que le aplica en el marco local es la 3957 de 2009 de la Secretaría Distrital de Ambiente. En ella se indican y establecen los parámetros, límites permitidos y control de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el Distrito Capital para los

diferentes sectores productivos. Para dar cumplimiento a dicha resolución se debe adecuar el proceso e instalaciones para cumplir con los valores de referencia permitidos, además de contar con un registro de vertimientos activo. El no cumplimiento acarreará sanciones, de acuerdo a lo establecido por el artículo 84 de la Ley 99 de 1993 y lo establecido en el procedimiento previsto por el Decreto 1594 de 1984, para lo cual la empresa caso de estudio ya cuenta con permiso de vertimientos y mediciones periódicas que evidencian el cumplimiento de esta normativa, y muestra a partir de estos análisis y diagnósticos posibilidades para el re-uso de las aguas tratadas en diferentes procesos reduciendo la presión ambiental sobre este recurso.

2.2 Contexto industria de alimentos.

La industria de alimentos y bebidas hace parte del motor de la economía a nivel global, y genera millones de ingresos que permiten abastecer a millones de personas en todo el mundo. Sin embargo, se sabe que para que ésta sea sostenible en el tiempo es necesario que cambie algunos de sus prácticas de uso, en especial a lo que corresponde al manejo de los recursos de los que disponen, en donde se incluyen las fuentes hídricas.

Para el caso de Colombia, la industria de alimentos y bebidas hace parte de los sectores más dinámicos y corresponde a un 25% del sector industrial. En 2017 aportó 12,04% del PIB del país y representó el 45% del total de las exportaciones. (Melgarejo & Simon-Elorz, 2019)

Para el 2021 se espera que se tenga un crecimiento del 7%, valor similar al que se tuvo en 2017, lo que equivale a que el sector alcance ventas por más de 25.000 millones de dólares. Un 80% de las ventas se concentra puntualmente en alimentos y el 30% restante en bebidas. Con respecto a las ciudades y departamentos con mayor consumo de alimentos, en primer lugar, se encuentra Bogotá (57%), seguido de Antioquia (15%), Valle del Cauca (8%), Bolívar (6%) y Atlántico (5%) (Invest in Bogota, 2017).

Una de las ventajas que tiene el sector es la amplia disponibilidad de recursos naturales que le permiten acceder a aquellos insumos requeridos para la producción y transformación de alimentos procesados. Por otro lado, la falta de inversión en estudios de los recursos disponibles le impiden al sector aprovechar el máximo potencial a nivel económico y natural. Lo anterior ligado a las malas prácticas que conllevan a la contaminación de ecosistemas y un acelerado agotamiento de los recursos no renovables que impactan directamente en la sostenibilidad y en la calidad de los insumos. (Castrillón, 2018, p. 34).

La industria de alimentos evoluciona constantemente, los avances tecnológicos han permitido aumentar el volumen de producción y mejorar las condiciones sanitarias de los alimentos, brindando un producto más confiable para el consumidor final. En Colombia, existen muchos retos asociados con la implementación e inversión en el desarrollo de nuevas tecnologías. Existen muy pocos mecanismos para la óptima transferencia de tecnologías, desde los centros de investigación y universidades a las empresas del sector público y privado, además de un costo elevado en impuestos para la compra de equipos que permitan

un avance significativo en investigación y desarrollo, a pesar de que varias compañías tienen un equipo de I+D+i, muchas veces su inversión su presupuesto es bajo y por ende sus recursos son limitados (Castrillón, 2018, p. 31).

Dentro de los retos que enfrenta la industria actualmente se encuentran factores como la innovación y la sostenibilidad. Es claro que los consumidores cada vez son más exigentes en lo que corresponde a los productos que consumen, en donde éstos aporten nutricionalmente y traigan beneficios a su salud, así mismo exigen que las compañías y empresas sean más conscientes en cuanto a sus prácticas ambientales y manejo de los recursos. La sostenibilidad ambiental cobra mayor relevancia y se hace necesario que las empresas adopten políticas internas que permitan cumplir con la regulación ya existente y además promueva una gestión sostenible de los recursos hídricos. (ANDI, 2019)

2.3 Industria de Snacks

En lo que corresponde a la industria de Snacks, esta ha tenido una evolución importante en los últimos años, buscando cada vez más acercarse a la funcionalidad, desde el empaque hasta los ingredientes que contienen. Los snacks se conocen como una pequeña porción de comida que se consume entre las comidas principales, pueden venir en una gran variedad de presentaciones como productos empacados o alimentos procesados. Cada vez más los consumidores encuentran en los snacks una forma de alimentación, llegando a algunos casos a utilizarlos para reemplazar una comida principal (Ivoro, 2020)

La industria de Snacks a nivel mundial tuvo una valoración de USD 427.02 mil millones en 2020 y se espera un crecimiento anual de 3,37% en el periodo de 2021-2026. Es

importante mencionar que la pandemia de COVID-19 tuvo un impacto positivo para este segmento de la industria. Si bien para los primeros meses de inicio de la pandemia, se presentó un decaimiento en el nivel de consumo de estos productos, para los meses siguientes se convirtió en un hábito común entre los adultos-jóvenes. Por lo que los consumidores cada vez se han vuelto más exigentes, buscando variedad, productos más saludables, funcionales y sostenibles (Mordor, 2020).

Para el caso del mercado colombiano en el segmento de snacks se incluyen papas fritas, cereales, nueces surtidas, frutas secas, caramelos, entre otros. Por otro lado, varias empresas multinacionales se han fusionado con empresas nacionales lo que ha absorbido y fusionado gran parte del mercado y las empresas. Un ejemplo de ello fue el caso de la multinacional Pepsico que adquirió la empresa Crunch de Medellín que vendía papas fritas en Antioquia, la costa y el Eje cafetero, más adelante adquirió la Industria Gran Colombia del grupo Savoy y dueños de la marca Jack`s Snacks. Finalmente adquirió Industrias y Pasabocas Margarita que era su mayor competidor.

Actualmente el mercado de snacks se encuentra repartido entre tres compañías fuertes que son Frito Lay, filial de Pepsico, con un 60% de participación, y las compañías Productos Yupi y Comestibles Ricos Ltda. con el resto del mercado.

Por su parte el sector ha enfocado sus estrategias competitivas en mercadeo y distribución en vez de hacerlo en el costo o el precio del producto. El procesamiento a su vez se ha visto inclinado para producción de papa, plátano y yuca, al ser los productos más competitivos en relación a los productos importados (Ialimentos, 2016)

2.4. Descripción de la empresa caso de estudio.

La descripción de la empresa caso de estudio inicia con una reseña histórica, su estrategia y estructura organizacional, con el fin de comprender su importancia y como ha venido migrando a una mayor consciencia ambiental y responsabilidad social.

Breve reseña histórica:

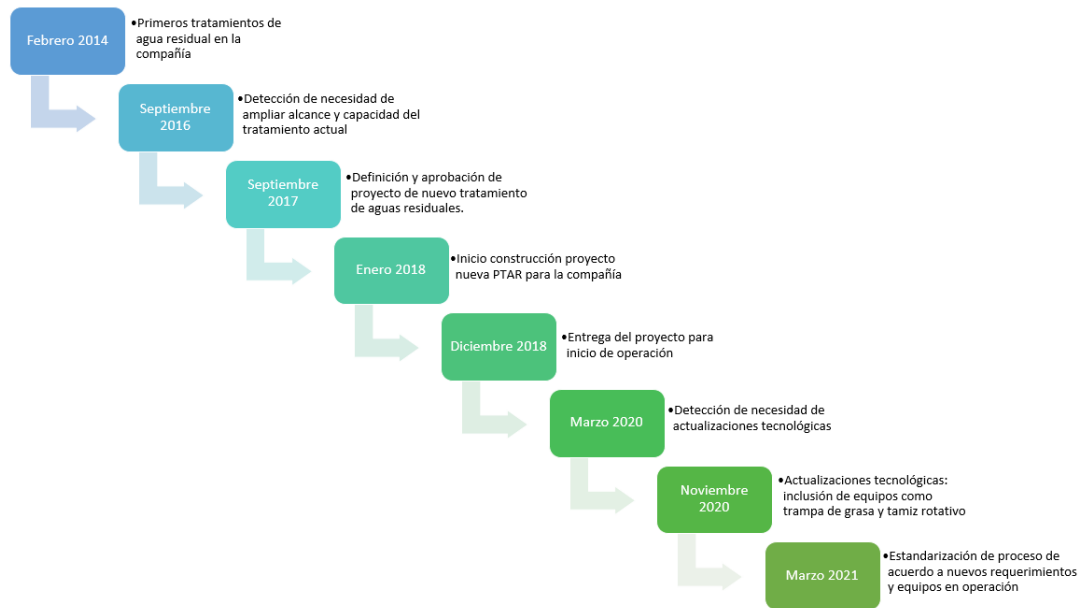
La compañía caso de estudio es una empresa colombiana con más de 50 años de trayectoria que nace como producto de la tesis de grado de sus fundadores. Incursiona en el mercado con una pequeña planta semi industrial de fabricación de productos freídos en la ciudad de Bogotá. Años después, su fundador tiene la idea de saborizar las papas con elementos diferentes a sal. La compañía gozó de una fuerte expansión a nivel de la capital del país, ampliando su red de distribución y mejorando la automatización de la fabricación de sus productos. En los años 80s, algunos vendedores y trabajadores de la empresa de diferentes áreas constituyen microempresas alrededor de la compañía de manera independiente, hecho que aumenta la solidez y la presencia de sus productos a lo largo de la capital y sus alrededores.

Hito para la organización, fue la creación de un producto de snack mixto en un mismo paquete, que se convierte en una alternativa para muchos como reemplazo del almuerzo. Años después, la compañía traslada sus instalaciones hacia una planta donde aún hoy fabrica sus productos, dando cabida a nuevas líneas de producción, productos y puestos de trabajo. También, cambia su imagen y la presentación de sus productos buscando ser más atractiva para diferentes tipos de consumidores, además de modernizar sus empaques para conservar aún más la frescura y textura crocante que caracteriza a sus productos.

En el nuevo milenio, se renueva la imagen de marca, y esta a su vez se consolida como una de las de mayor recordación en el país. También empieza a exportar sus productos a diferentes países de Europa y América con sus marcas tradicionales y también con nuevas marcas que la dan a conocer a nivel internacional por su calidad de excelencia. En los años más recientes de la última década, se ha dedicado a fortalecer sus metodologías de mejoramiento continuo, tomar la innovación como bandera corporativa con creaciones de productos que buscan satisfacer las necesidades del mercado. Ha definido sus planes estratégicos de cara a continuar con la expansión nacional e internacional que la sigan posicionando como una de las compañías líderes en el mercado de alimentos y en la industria de snacks.

Es en esta misma época, es donde la compañía decide hacer una inmersión en lo relacionado con el tratamiento de aguas y aumentar así su aporte al medio ambiente y cuidado de los recursos naturales. En la figura 2, se representa de manera esquemática, cómo ha sido la evolución de las actividades encaminadas a mejorar la gestión hídrica de la organización.

Figura 2. Evolución actividades asociadas a la gestión hídrica de la compañía.



Fuente: Los autores (2021).

Actualmente la compañía exporta a 6 países: Canadá, Estados Unidos, Panamá, Chile, Inglaterra y España (ver figura 3). Dentro de sus planes de expansión está continuar ampliando estos destinos.

Figura 3. *Expansión organizacional.*



Fuente: Los autores (2021).

2.4.1. Descripción de la estrategia de la compañía

La estrategia de la compañía se ha venido consolidando y actualmente se cuenta con la siguiente visión que evidencia su foco en el cliente, su proyección de crecimiento nacional e internacional y la innovación como palanca para la competitividad y la generación de valor: *“Distinguirnos como marca preferida de productos con innovación y calidad, otorgando respuesta a las necesidades de los consumidores y clientes a través de presencia nacional e internacional, generando valor para nuestros relacionados y partes interesadas.”*

Su misión se orienta hacia el cliente, la competitividad, el incremento del valor patrimonial e incorpora el concepto de desarrollo sostenible, como se muestra a continuación: *“Satisfacer las necesidades de nutrición de nuestros consumidores, a través de la fabricación de alimentos pasabocas de altísima calidad, apalancados en procesos competitivos que busquen la maximización del valor organizacional, el desarrollo sostenible*

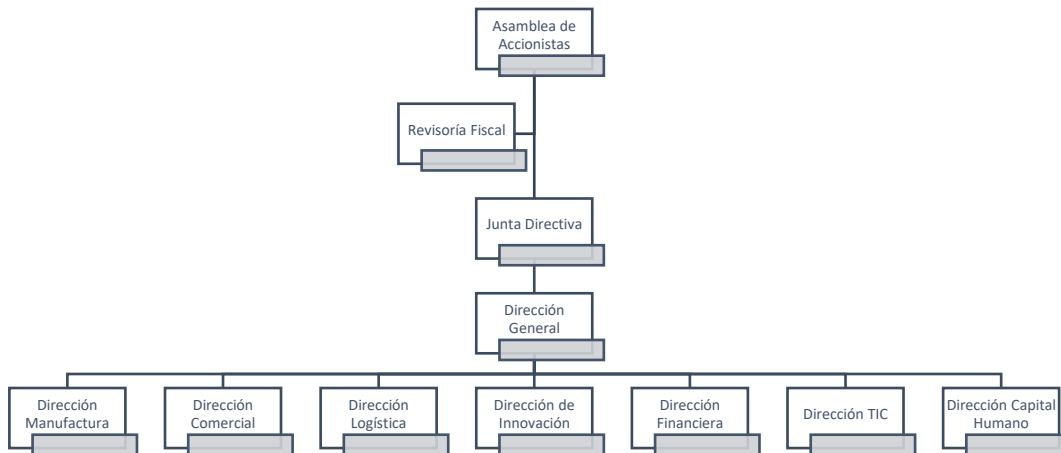
y el bienestar de las partes interesadas, bajo el marco de la responsabilidad social empresarial.”

Actualmente, la empresa cuenta con diferentes familias de Productos, como lo son:

- **Mixtos:** Combinaciones de 3 o 4 componentes: chicharrón, papas y tajadas de plátano verde o maduro, papa criolla, yuca o arracacha.
- **Papas:** variedad de papas con diferentes texturas, presentaciones y sabores: Picante, BBQ, limón, natural y pollo.
- **Papas fritas con cáscara:** variedad de papas con un espesor mayor, con cáscara y con sabores tipo gourmet que cambian la experiencia de consumo con un toque más artesanal a este producto con un mercado cada vez con mayor aceptación.
- **Plátanos:** Presentaciones individuales y familiares de plátano verde y plátano maduro.
- **Extruidos:** productos a base de maíz, con diferentes alternativas de sabor.
- **Expandidos:** compuestos por chicharrón natural y BBQ, así como los pasabocas con sabor a tocineta.
- **Harinas:** productos con proceso de fabricación similar a los productos de panadería, que incorporan algunas etapas y materias primas de este proceso.
- **Maní:** Una de las más recientes líneas de productos en los que ha incursionado la compañía. Con diferentes tipos de combinaciones, ofrece 5 alternativas de maní con diferentes acompañamientos de excelente calidad.

La estructura Organizacional de la empresa es tradicional con una asamblea, revisoría fiscal, junta directiva, dirección general y direcciones específicas (ver figura 4).

Figura 4. *Estructura Organizacional.*



Fuente: Los Autores (2021).

En de la Dirección de Manufactura se encuentra la Gerencia de la Planta, área responsable de la operación y el proceso productivo, dentro del cual se encuentra la Unidad de Gestión Ambiental, responsable del tratamiento de las aguas residuales, que es el alcance de este estudio.

3. Planteamiento del problema caso de estudio

El problema que se quiere analizar con este proyecto parte de que la compañía realiza un tratamiento de las aguas residuales industriales con el fin de cumplir la normatividad legal de vertimientos y disminuir el impacto en el medio ambiente. Al hacer la caracterización de esta agua se encuentra que no sólo cumple con la normatividad, sino que tiene un potencial de aprovechamiento inmediato en otro tipo de procesos de la propia compañía, como limpiezas de cajas de aguas negras, limpieza de pisos exteriores y aprovechamiento en otras actividades como riego de cultivos. Sin embargo, si se realizara algún tratamiento adicional, el potencial de aprovechamiento aumenta y podría ampliarse el espectro de uso de este recurso, reduciendo así una parte del consumo del recurso potable, lo que genera un impacto positivo en el medio ambiente y representaría un beneficio económico para la organización.

Actualmente la compañía trata el 100% de sus aguas residuales, sin embargo, el reaprovechamiento de estas aguas en el proceso es muy cercano a 0, dado que solo se han realizado algunas iniciativas esporádicas, para utilizar este recurso en lugar de agua potable. El costo del agua tiene un peso promedio de 0,8% del costo total de producción. La tabla 1 muestra las características físico químicas con un rango de cumplimiento de acuerdo a la resolución vigente, 0631 de 2015 de los vertimientos de la compañía.

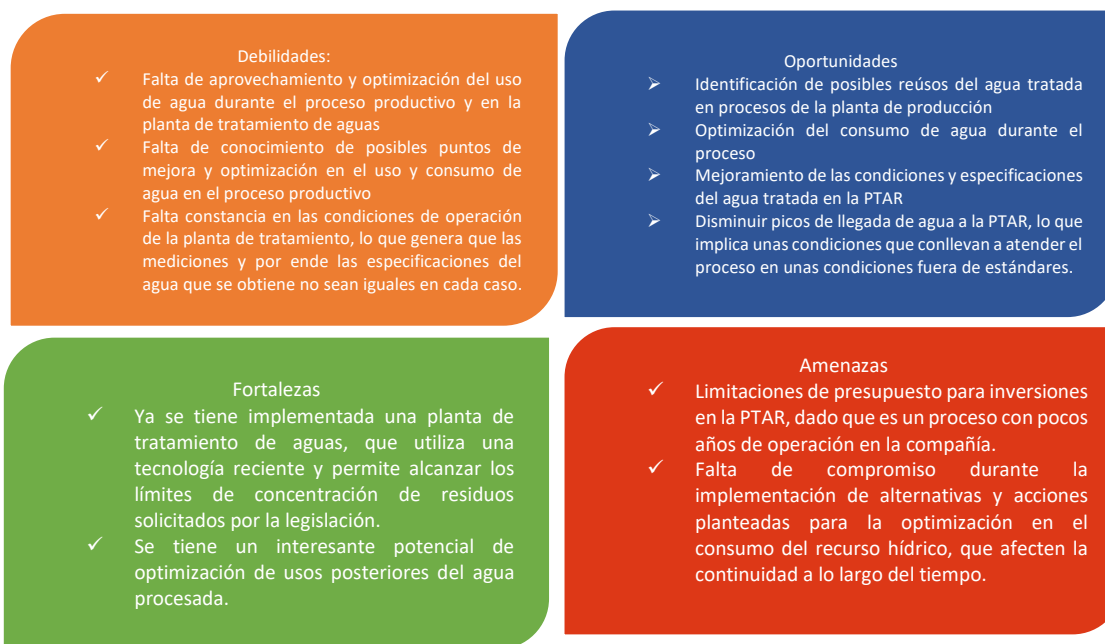
Tabla 1. *Parámetros vertimiento a alcantarillado después de tratamiento*

Parámetros Vertimiento a alcantarillado	Res 0631/2015	Empresa
		Rango promedio 2021
pH (Unidades)	5 a 9	6.0 - 7.9
Sólidos Suspendidos (mg/L)	Max 300	192.6 - 235.8
Sólidos Sedimentables (ml/L h)	Max 3	2.2 - 2.8
DQO (mg/L)	Max 900	650 - 890
Volumen consumido / día (m3)	N.A.	8000

Fuente: Los Autores (2021).

El análisis de matriz DOFA para el problema planteado se muestra en la figura 5, identificando que la compañía tiene oportunidades en cuanto a la optimización de su recurso hídrico y teniendo en cuenta que los parámetros después del tratamiento permitirían posibilidades de re-uso del recurso agua. Sin embargo, existen varios aspectos a considerar en cuanto a debilidades y amenazas. Uno de los factores que tienen un impacto significativo en el proceso es la falta de estabilidad en algunas de las condiciones del proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) lo que implica que no se ha logrado una estandarización en cuanto a las características fisicoquímicas del agua tratada. Lo anterior, representa uno de los desafíos más importantes para una adecuada optimización y reúso del agua, puesto que de ello depende el aprovechamiento que se le pueda dar.

Figura 5. Matriz DOFA.



Fuente: Los Autores (2021).

Por otro lado, la matriz DOFA, también muestra que una de las principales amenazas para la continuidad del proyecto es la brecha cultural en los hábitos de una parte del personal de operación, por tal motivo es muy importante trabajar desde la dirección y jefaturas en campañas de concientización y cultura que permitan establecer buenas prácticas de uso y se muestre las implicaciones medioambientales que se tienen al no acatar dichas acciones. Así mismo, otra de las amenazas hace referencia a una baja inversión en presupuesto que impediría realizar los ajustes y/o mejoras necesarias para alcanzar las metas de ahorro en el mediano y largo plazo, donde será fundamental evidenciar las ventajas que traería un proyecto integral de la gestión efectiva del agua para la compañía, varios de estos elementos se estudiarán en este proyecto.

4. Alternativas y estrategias de análisis para la solución del problema planteado

En esta sección se presentan las diferentes alternativas para mejorar la gestión ambiental del recurso hídrico en la empresa caso de estudio que permita la reutilización del agua tratada en la empresa.

4.1 Alternativas de reducción del consumo de agua.

Antes de considerar alternativas de uso del agua actual y de posibles alternativas para reutilizar el agua en un futuro que requieran inversión, se considera de alta relevancia la reducción del consumo del agua que demanda el proceso en la actualidad, dado que, de esta manera, se logra una disminución inmediata en el consumo, lo que tiene impacto positivo en el medio ambiente y, por ende, en los costos para la organización.

Producto de las visitas a las instalaciones de la planta, recorridos y entrevistas en sitio, se encuentran algunas alternativas de agregación de valor para el proceso con las cuales, se pretende obtener un menor consumo de agua en el corto plazo. Se listan y se desarrollan a continuación:

4.1.1 Recirculación de agua utilizando una sustancia desinfectante:

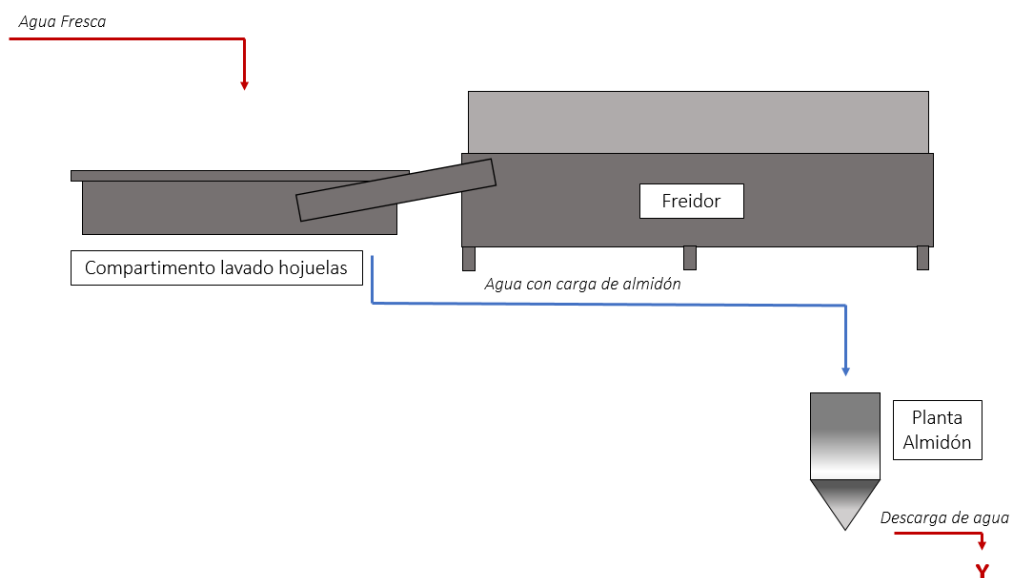
Esta alternativa requiere de varios procesos y actividades que permitan su reutilización describiendo el antes y después como se muestra a continuación.

Descripción del proceso actual:

Posterior al corte de hojuelas de papa, estas deben lavarse para retirar parcialmente la carga de almidón que contiene el tubérculo. Este proceso se realiza en el compartimento de

lavado de hojuelas con agua fresca, previo al ingreso al freidor. El agua con carga de almidón se transporta por una tubería a una planta de tratamiento de almidón, que tiene como objetivo separar la carga sólida de almidón y recuperarla en bultos. El agua desalmidonada se desaloja por las redes sanitarias con destino a la planta de tratamiento de aguas. La figura 6 representa el proceso actual.

Figura 6. *Proceso actual de desalmidonado de hojuelas de papa*



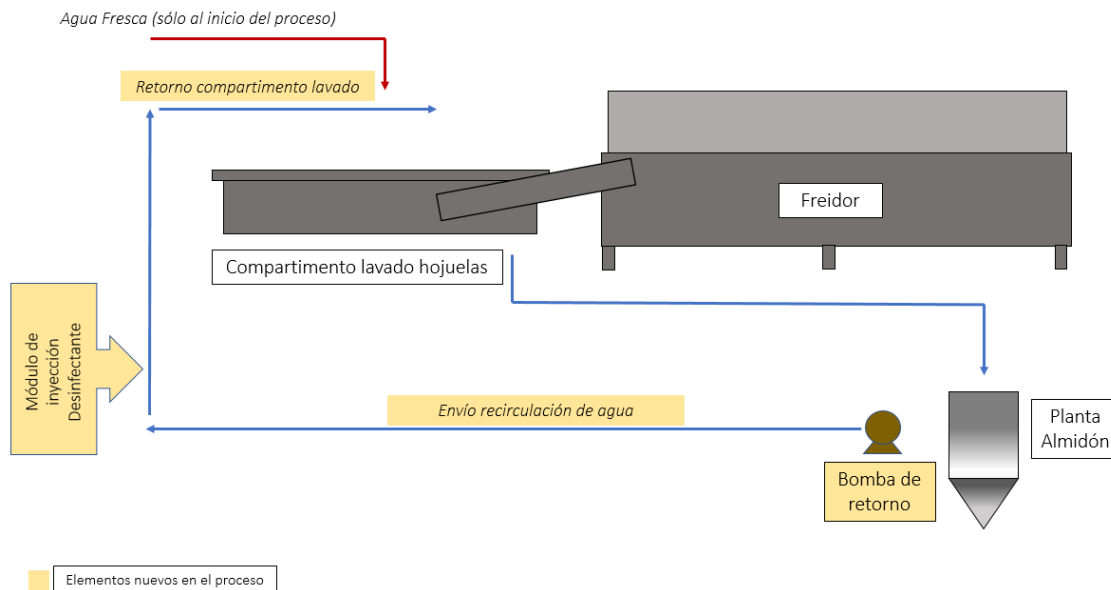
Fuente: Los Autores (2021).

Propuesta a desarrollar:

Se propone ejecutar una alternativa en la que el agua desalmidonada tenga una recuperación para poder volver al proceso de lavado de hojuelas dentro del compartimento. Dentro de los riesgos, el principal es el microbiológico, dado que el agua que ha hecho ya varios recorridos dentro del proceso podría adquirir cada vez más carga microbiológica, por ello, se consulta con un proveedor sobre una sustancia que permita reducir la carga

microbiológica sin tener ningún riesgo futuro de contaminación. Se define la sustancia que debe ser inyectada de manera permanente en la tubería que retorna al compartimento a través de una bomba. En la figura 7 se realiza una representación esquemática del proceso modificado y se subraya en color amarillo oscuro los elementos nuevos en el proceso.

Figura 7. Propuesta de recuperación de agua desalmidonada a proceso de compartimento de lavado.



Fuente: Los Autores (2021).

Análisis Costo - beneficio de la propuesta:

Se realiza medición del flujo para establecer el volumen de agua por unidad de tiempo que se llega a procesar en esta tarea. Las mediciones arrojan una cantidad de 2,3 m³ / h. Para efectos de realizar unos cálculos conservadores, se establecen 16 horas de proceso como punto de partida, a pesar de que el proceso trabaja de manera continua, 6 días a la semana 24 horas. Lo anterior, para tener en cuenta las paradas por cambios de referencia, intervenciones

de mantenimiento y otras paradas rutinarias del proceso, así como algunas pequeñas reposiciones de agua potable que serán necesarias. Multiplicando el número de horas por el flujo, se establece la cantidad de agua total por día y por mes que será objeto del reproceso y que será agua potable, nueva, que se deje de consumir como hoy se hace. Este valor asciende a 883 m³ / mes.

Con respecto a egresos, los gastos por efectos de instalación de bombas y tuberías necesarias para el proceso, estarán a cargo del proveedor de sustancias químicas. En retribución, la compañía debe adquirir la sustancia desinfectante con periodicidad mensual, a razón de 300 ml por cada m³ de agua tratada. En la tabla 2, se resumen los cálculos de ingresos y egresos para finalmente, obtener el beneficio en dinero que supera los \$66.000.000 COP / año.

Tabla 2. Variables y análisis de costo de recirculación de agua utilizando sustancia desinfectante.

Variable	Valor
Flujo (m ³ / h)	2.3
Número de horas	16
Total agua no consumida (m ³ /día)	36.8
Total agua no consumida (m ³ /mes)	883.2
Requerimiento de desinfectante (ml/m ³)	300
Requerimiento de desinfectante total (litros /mes)	264.96
Costo desinfectante (\$/ litro)	\$ 19,000
Costo desinfectante (\$ / mes)	\$ 5,034,240
Valor m ³ incluido tratamiento (\$/m ³)	\$ 12,000
Beneficio por agua no consumida (\$/mes)	\$ 10,598,400
Valor total ahorro (\$/mes)	\$ 5,564,160
Valor total ahorro (\$/año)	\$ 66,769,920

Fuente: (Los autores,2021).

A la fecha de finalización de este documento, esta actividad se encuentra aprobada por la alta Dirección para su ejecución, la cual tiene un tiempo de implementación de 60 días calendario.

4.1.2. Estandarización de proceso en PTAR.

Como se mencionó anteriormente, se detectaron varias oportunidades de estandarización de proceso en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR. El objetivo de esta estandarización es tener un proceso más estable, a pesar de las diferentes variaciones de condiciones que tengan origen en la planta de producción. Se espera un beneficio en cuanto a menor consumo de agua se refiere por medio de mejores prácticas de producción, difícil de cuantificar en esta etapa del proceso.

Se propone la creación de algunos instructivos por parte de personas con pleno conocimiento del proceso, con orientación adicional de dos personas: el líder del área, quien supervisa que técnicamente los documentos correspondan con la operación del proceso y una persona del equipo de Sistemas Integrados de Gestión (SIG) para cumplir con los requerimientos documentales. Esta actividad no tiene costos ni inversión adicional, dado que se realiza con las mismas personas involucradas en la operación y se estima que se realice en un tiempo aproximado de 21 días calendario. Se recomienda a la compañía priorizar su implementación. A continuación, se listan los puntos y con una descripción de cada uno de ellos.

Instructivo de comunicación de descargas atípicas de aguas residuales desde planta:

Documento que explica procedimiento para los casos en que las áreas de planta y mantenimiento deben reportar oportunamente al área de gestión ambiental cuando realizan descargas atípicas en proceso productivo, tales como: limpiezas y aseos generales de freidores en horarios fuera de lo común, limpieza de cualquier tanque de aceite, descarga de los tanques colchón de almacenamiento de agua, aguas almidonadas no procesadas en planta de almidón, entre otros. Lo anterior para evitar irregularidades en el proceso de la PTAR y tomar medidas de control que mitiguen las cargas.

Instructivo proceso pretratamiento Tamiz Rotativo:

Documento que explica las actividades de la operación del tamiz rotativo, dispositivo adquirido recientemente para filtrar las partículas sólidas más grandes antes de entrar al tanque homogenizador. El documento debe incluir qué hacer en caso de falla y qué mantenimientos autónomos aplican.

Instructivo proceso pretratamiento Trampa de grasa:

Documento que explica las actividades de la operación de la trampa de grasa, tales como, llenado, frecuencias de purga y de remoción de grasa, inspecciones de pasa tanques, qué hacer en caso de colmatación por sólidos, desborde o falla de bomba de purga, y qué mantenimientos autónomos aplican.

Instructivo proceso pretratamiento Tanque Homogenizador:

Documento que explica las actividades de la operación del tanque homogenizador, donde se establecen los flujos de agua (caudal) de salida según nivel del tanque y procesos en planta, interpretación y acción frente las alarmas de los equipos del sistema como bomba sumergible principal, radar de nivel y agitadores, lectura y registro de caudal y establecer la frecuencia máxima de aseo y limpieza general del tanque.

Instructivo proceso Físicoquímico del Sistema de Flotación por Aire Disuelto (DAF):

Documento detallado que explica cada una de las actividades para operar el proceso físicoquímico en el DAF, como la medición e interpretación de los parámetros (pH, sólidos suspendidos y sólidos sedimentables) y caudal del agua residual efluente del tanque homogenizador, que permiten determinar la dosis óptima de adición de químicos (Instructivo Test de jarras, mencionado más adelante), regular y estabilizar subproceso de micro burbuja, junto con la frecuencia de barrido de lodos suspendidos y purga de lodos sedimentados. Citar las condiciones óptimas del agua efluente del sistema para dar continuidad con el proceso biológico. Medidas a tomar ante posibles fallas a presentarse, como arrastre de sólidos en vertedero, falla de barredores, bomba de recirculación de agua, daño de válvulas o regulador de aire. Establecer el mantenimiento autónomo requerido.

Instructivo proceso del Biorreactor de Lecho Móvil (MBBR):

Determina las condiciones óptimas de operación del sistema biológico, tales como concentración de oxígeno disuelto del licor mezclado (frecuencia de medición y rangos

óptimos), medición y control de nutrientes como nitrógeno total y fosforo total, inspección del estado de los portadores (carriers), control de espuma y adición de antiespumante, funcionamiento y control de turbocompresor y análisis de remoción de cargas contaminantes. Acciones a tomar frente contingencias como, daño de sistema de aireación, alteración en la biomasa (coloración, incrustaciones, grado de colmatación), daño de sonda de oxígeno o caída de difusores. Citar los mantenimientos autónomos que sean pertinentes como el cambio de filtros del turbocompresor.

Instructivo deshidratación de lodos:

Centraliza las actividades para la correcta deshidratación de lodos en el tornillo prensa. Indica la mezcla óptima que deben tener los lodos provenientes del pretratamiento (trampa de grasa), fisicoquímicos (DAF 1) y biológicos (DAF2), su neutralización en pH y dosificación de química según caudal y concentración de solidos suspendidos en la alimentación. Configuración de variables como presión de plato contrapresión, frecuencia y tiempos y velocidades de limpieza. Control de torque y acciones a tomar frente a novedades. Mantenimiento autónomo como lubricación de partes y grilla del sistema.

Instructivo medición de parámetros de control de agua residual industrial:

Describe los puntos de muestreo, frecuencia y tipo de análisis fisicoquímicos a analizar. Describe el proceso en laboratorio de cada parámetro (SST, SSED, pH, DQO).

Instructivo Test de jarras:

Describe frecuencia y proceso para realizar el test de jarras del agua del tanque homogenizador y determinar la dosis óptima de químicos (soda caustica, coagulante, polímero aniónico) a inyectar en el proceso.





Instructivo control y preparación de Químicos:

Determina el paso a paso para hacer el inventario diario de los químicos usados en el proceso de la PTAR. Indica cómo se debe preparar cada químico, bajo las concentraciones estipuladas para cada uno e indica cómo realizar la adición al proceso mediante bombas dosificadoras eléctricas o neumáticas.

4.2 Alternativas de uso del agua actualmente tratada.

La reducción del consumo del agua que demanda el proceso en la actualidad permite una disminución inmediata en el consumo de agua potable, impactando positivamente en el medio ambiente y, por ende, en los costos para la organización. A continuación, se proponen 4 alternativas que tienen aplicación práctica y que se recomienda a la organización empezar se ejecuten de manera inmediata para estandarizar con un documento similar a los mencionados en el punto anterior (ver tabla 3).

Tabla 3. Áreas de oportunidad de utilización de agua tratada.

Área de Oportunidad	Beneficios específicos	
Limpieza de pisos		
	Oportunidad estimada (m3)	0.6
	No de eventos mensuales	4
	Oportunidad mensual (m3)	2.4
	Oportunidad anual (m3)	28.8
	Beneficio económico anual	\$ 345,600
Limpieza de cajas de paso		
	Oportunidad estimada (m3)	0.5
	No de eventos mensuales	7
	Oportunidad mensual (m3)	3.5
	Oportunidad anual (m3)	42
	Beneficio económico anual	\$ 504,000
Limpieza de equipos PTAR		
	Oportunidad estimada (m3)	0.3
	No de eventos mensuales	4
	Oportunidad mensual (m3)	1.2
	Oportunidad anual (m3)	14.4
	Beneficio económico anual	\$ 172,800
		
Preparación polímeros PTAR		
	Oportunidad estimada (m3)	0.2
	No de eventos mensuales	8
	Oportunidad mensual (m3)	1.6
	Oportunidad anual (m3)	19.2
	Beneficio económico anual	\$ 230,400

Fuente: Los autores, 2021.

4.3 Propuesta de inversión para mejoramiento de las condiciones del agua tratada y posterior reutilización.

Dentro de las alternativas de reutilización de agua se encuentra la opción de realizar una inversión adicional en la actual PTAR, que permita, por medio de procesos adicionales, alcanzar mejores estándares fisicoquímicos del agua tratada y de esta manera reutilizar el agua en un mayor porcentaje para varios procesos en la planta de producción. Lo anterior, evitaría que retorne una mayor cantidad de agua al sistema de alcantarillado y adicionalmente, se lograría una disminución en el consumo hídrico, impacto medioambiental e impacto económico.

A continuación, se presentan los procesos adicionales que podrían ser implementados en la planta. Para ello, se realiza una descripción técnica del proceso y análisis de costos requeridos para su implementación.

4.3.1 Proceso de filtración

El proceso de filtración ocurre cuando una suspensión de sólidos pasa a través de un medio porosa. Las partículas son separadas del flujo y quedan atrapadas en el lado de alimentación, mientras que el flujo filtrado es forzado a pasar a través del medio y llevado al otro lado. Cuando se habla de un medio filtrante se refiere a una estructura no homogénea y poros de tamaño no uniforme y distribuidos en toda la superficie.

Los poros extendidos a través del medio permiten capturar las partículas sólidas que son más pequeñas que la sección transversal más estrecha del paso, también conocido como adsorción física. Dependiendo de la técnica utilizada se pueden utilizar diferentes medios filtrantes, algunos ejemplos de los medios más comunes son: arena, diatomita, tejidos de

carbón, algodón o lana, alambre metálico tela, placas porosas de cuarzo, chamota, entre otros. El medio filtrante elegido debe ser capaz de retener los sólidos por adsorción.

Existen dos parámetros importantes que se deben considerar el método que se utilizará para forzar el líquido a través del medio poroso y el material en que se realizará el medio filtrante. Cuando la resistencia que se opone al flujo del fluido no es grande solamente se tiene la fuerza de gravedad como que afecta al fluido para que se transporte en el medio filtrante. Sin embargo, cuando la fuerza de gravedad es insuficiente para inducir al flujo, la presión atmosférica puede actuar en un lado del medio filtrante, creando un efecto de vacío.

4.3.1.1 Aplicación y selección de equipo de filtración

El proceso de filtración puede tener múltiples aplicaciones, para propósitos de este caso nos centraremos en el proceso de filtración para aguas residuales industriales. Las composiciones de las aguas residuales a nivel industrial son muy variadas y van a depender del tipo de industria. Aunque la filtración es un proceso físico éste se va a ver afectado por los procesos químicos que se realicen como pretratamiento del flujo de agua a tratar (Nicholas P Cheremisinoff, 2002, p. 78).

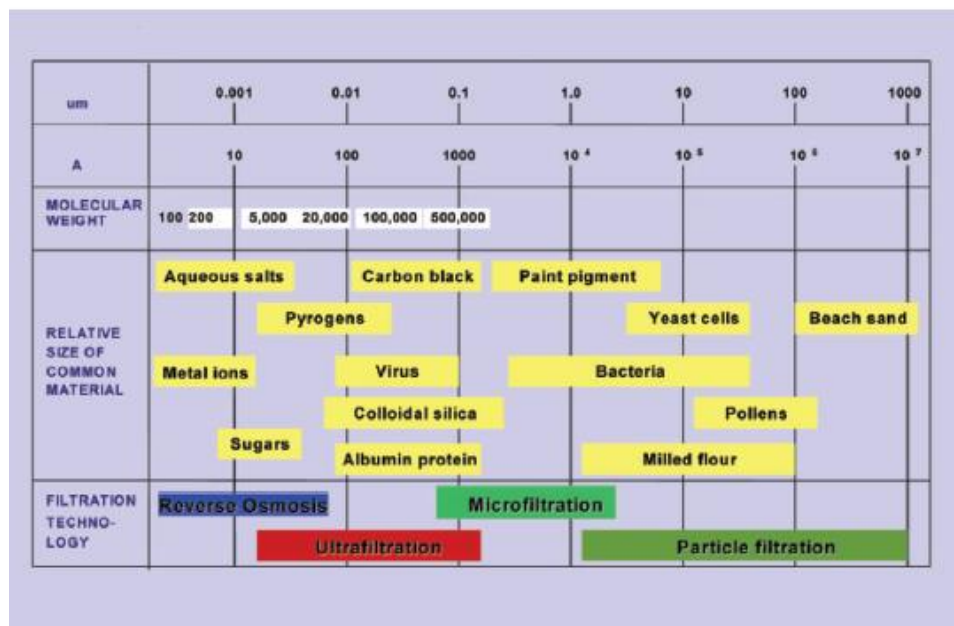
Referente a las recomendaciones de los equipos y filtros a utilizar es recomendable elección de un filtro cuya orientación de flujo esté en la misma dirección que fuerza de gravedad, cuando se manipulan suspensiones polidispersas. Esta acomodación es más favorable que un diseño ascendente, puesto que se puede presentar una precipitación del medio fluctuante evitando que las partículas pasen a través del medio filtrante. Igualmente, los equipos y medios a utilizar se definen a partir de una revisión rigurosa y cálculos matemáticos que permitan establecer la opción más adecuada, a dicho trabajo teórico se debe

sumar un ensayo práctico de planta piloto que indicará si dichos cálculos están cercanos con la realidad del proceso (Nicholas P Chermisinoff, 2002, p. 78).

4.3.2 Filtración por membrana

El término de filtración por membrana es utilizado para describir la remoción de partículas de una corriente de alimentación. Este proceso puede realizarse por ultrafiltración (UF), micro filtración (MF), nanofiltración (NF) y ósmosis inversa (RO). En algunos casos la filtración por membrana puede ser utilizada como pretratamiento para el proceso de ósmosis inversa, expuesto anteriormente como se muestra en la figura 8 (Pearce, 2007).

Figura 8. Comparativo procesos de filtración por membrana vs. Tamaño de partícula



Fuente: Pearce, 2007.

En la figura 8, se puede observar el rango de tamaño de poro de membranas desde ósmosis inversa y nanofiltración hasta ultrafiltración y microfiltración. Así mismo se puede observar las partículas y aplicación que correspondería al tamaño del poro.

La estructura del poro puede inferirse a través del tamaño de partícula, la geometría y distribución de empaquetamiento de las partículas. La teoría del empaque permite establecer geometrías simétricas como esferas o cilindros, de esta manera es posible establecer relaciones entre el tamaño de la distribución de los poros y tamaño de distribución de partícula. La escala que se utilice depende de la forma y el tamaño en que se quiera modelar el proceso poroso (Pearce, 2007).

4.3.2.2 Beneficios de la filtración por membranas

Dentro de los beneficios que se encuentran del proceso de filtración por membrana se encuentran:

- Menor costo en la producción, se requiere una menor inversión en equipos, en comparación con otras tecnologías alternativas, menor costo en el proceso de limpieza y eliminación de residuos.
- Mayor flexibilidad, se tiene una amplia gama de opciones que permiten obtener la solución más adecuada dependiendo las necesidades específicas del proceso. (Laval, 2003, p. 6).

4.3.3 Osmosis Inversa

El proceso de osmosis inversa se basa en la utilización de membranas semipermeables para separar y eliminar sólidos disueltos, orgánicos, nitrato, microorganismos, entre otros.

Lo anterior, se realiza mediante la aplicación de una presión al agua de alimentación, forzándola a pasar por la membrana semipermeable. Debido a que la membrana no está compuesta por poros grandes, el agua debe esparcirse y pasar por difusión a través de la misma, este proceso es conocido como permear el agua. El proceso de permeado permite entregar el agua purificada libre de iones y demás impurezas, donde las impurezas son concentradas en lo que se conoce como agua de rechazo (Colmenares, 2014).

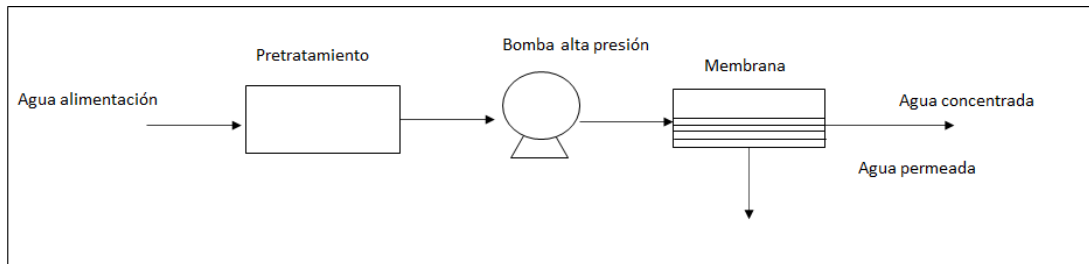
Los materiales de membrana comúnmente utilizados para el proceso están fabricados con acetato de celulosa, poliamidas y otros polímeros. La membrana consiste en fibras huecas, enrolladas en espiral, su estructura y organización dependerán de la composición del agua de alimentación y los parámetros de operación de la planta (Garud, 2011).

Para la implementación del proceso de ósmosis inversa a nivel industrial, en un proceso continuo, es necesario que se trabaje con tres corrientes de agua: la primera es el agua cruda o de alimentación del sistema, que tiene un alto contenido de impurezas y la segunda de salida o la de permeado, la cual está prácticamente libre de impurezas; la tercera corriente es la de rechazo o concentrada que funciona de manera continua arrastrando constantemente las sales presentes en el sistema. Es importante igualmente revisar el caudal de agua a tratar, las propiedades fisicoquímicas y las características del producto que se requieren, puesto que es diferente si se va a considerar para el consumo humano o para otro tipo de procesos. Así mismo, se debe considerar el área superficial de la membrana que se utilizará para la separación que se expresa en GFD (galones/pie²/día) (Colmenares, 2014).

4.3.3.1 Diagrama del proceso

El diagrama del proceso consiste entonces en cuatro etapas: sistema de pretratamiento, bombas de alta presión, sistema de membranas y post—tratamiento (ver figura 9). En el sistema de pretratamiento se deben eliminar todos los sólidos para que la precipitación de sal o crecimiento microbiano no se dé en las membranas. Los pretratamientos más comunes son la alimentación química por coagulación/floculación/sedimentación, filtración de arena o membrana como microfiltración y ultrafiltración. Las bombas, por su parte, proveen la presión requerida para que el agua pase a través de la membrana y tener la sal y demás impurezas rechazadas(Garud, 2011).

Figura 9. Diagrama proceso osmosis inversa



Fuente: (Garud, 2011)

4.3.3.2 Ventajas de la ósmosis inversa

Algunas de las ventajas que tiene el proceso de osmosis inversa son:

- Simplicidad en el diseño y operación con un bajo requisito de mantenimiento
- Permite ajustar y ampliar fácilmente la capacidad de recepción y flujo de agua a tratar.

- Los costos operacionales como consumo de energía son menores en comparación con otros procesos o tecnologías, el requisito energético específico es significativamente bajo: 3-9,4 kW h / m³ producto.
- Posibilidad de recuperación y reciclaje de ciertos residuos
- Es posible reducir el volumen de corrientes de residuos para que puedan ser tratados óptimamente en procesos posteriores como la incineración (Garud, 2011)

4.3.3.3 Porcentaje de recuperación

El ideal en cualquier sistema de recuperación es que se alcance un 100% de aprovechamiento del recurso hídrico. Sin embargo, este ideal no es posible al momento de la implementación y es muy importante definir el porcentaje de recuperación en el momento del diseño del proceso. Para que el desempeño de la planta de ósmosis sea correcto es necesario que se realice una extracción continua de las sales y así evitar la incrustación de sales, en el caso que se hiciera una recuperación del 100%, al poco tiempo se precipitarían las sales que son poco solubles como: sulfatos, carbonatos de calcio y magnesio llevando así a la incrustación y disminuyendo el rendimiento del sistema.

El porcentaje de recuperación se obtiene dividiendo el flujo del producto entre el flujo de alimentación y multiplicando el resultado por 100%. La recuperación no debe entonces superar el límite de precipitación de sales, por cada aumento en la recuperación de sales, la concentración o rechazo aumenta en una proporción mucho mayor, por lo que es importante que no se supere el límite de precipitación de sales (índices de Langelier y Stiff & Davis).(Colmenares, 2014)

4.3.3.4 Costo de la inversión a realizar y ahorro estimado de agua en el proceso

Se realizó una cotización con un proveedor de equipos de filtración y osmosis inversa, quienes después de realizar una visita a sitio y conocer las condiciones actuales de la planta hace un análisis del costo aproximado de la implementación del sistema, así como el estimado de ahorro y recuperación de agua que puede ser reutilizada en el proceso. El tiempo de implementación estimado para el montaje y puesta en marcha es de 6 meses (ver tabla 4).

Tabla 4. Variables consideradas para el proceso de ósmosis inversa.

Inversión (COP)	\$ 950,000,000.00
Consumo actual de agua (m³/año)	96,000
Costo anual consumo agua (COP/año)	\$ 840,000,000.00
Porcentaje de ahorro estimado	80%
Tasa de oportunidad	8%

Fuente: (Los autores,2021).

Se calcula un VNA (Valor Neto Actual) para el ejercicio, teniendo en cuenta las variables listadas en la tabla 5, estimando un periodo de vida útil del equipo de 10 años y definiendo un costo de operación y mantenimiento de \$3925 USD / mes. Se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 5. *Cálculos de VNA para el proceso de ósmosis inversa.*

Periodo	Egresos	Ingresos	Sumatoria
0	\$ 950,000,000		-\$ 950,000,000
1	\$ 178,980,000	\$ 672,000,000	\$ 493,020,000
2	\$ 186,139,200	\$ 698,880,000	\$ 512,740,800
3	\$ 193,584,768	\$ 726,835,200	\$ 533,250,432
4	\$ 201,328,159	\$ 755,908,608	\$ 554,580,449
5	\$ 209,381,285	\$ 786,144,952	\$ 576,763,667
6	\$ 217,756,536	\$ 817,590,750	\$ 599,834,214
7	\$ 226,466,798	\$ 850,294,380	\$ 623,827,582
8	\$ 235,525,470	\$ 884,306,156	\$ 648,780,686
9	\$ 244,946,489	\$ 919,678,402	\$ 674,731,913
10	\$ 254,744,348	\$ 956,465,538	\$ 701,721,190
		VNA	\$ 2,924,650,176

Fuente: Los autores, 2021.

5. Plan y recomendaciones de implementación y aplicación

Con base en la información recopilada en el numeral anterior, es posible resumir las alternativas de solución y variables a considerar como se muestra en la tabla 6:

Tabla 6. *Comparativo alternativas de solución*

Alternativa de solución	Tiempo de implementación	Ahorro estimado de agua (m³/año)	Costo inversión (COP/año)	Beneficio económico (COP/año)
Reducción de consumo del agua actual – Recirculación adicionando sustancia desinfectante	60 días calendario	10,596	0	\$66'769.920
Reducción de consumo del agua actual – Estandarización proceso PTAR	21 días calendario	No cuantificable en esta etapa del proyecto	0	No cuantificable en esta etapa del proyecto
Uso de agua actualmente tratada	Inmediato	104,4	0	\$1'252.800
Mejoramiento de las condiciones del agua tratada (ósmosis inversa)	180 días calendario	76,800	\$950'000.000	VNA (10 años) = \$2.924'650.176

Fuente: Los autores, 2021

La tabla 6 muestra que es posible tomar medidas sin una inversión en dinero e igualmente tomar acciones de forma inmediata. Revisando puntualmente cada una de estas recomendaciones, se considera que la compañía debe dar prioridad a aquellas que tienen una acción más próxima y que no requieren una inversión significativa de dinero para que se

lleven a cabo. Como se mencionó en el numeral 4.1.1 *Recirculación de agua utilizando una sustancia desinfectante*, a fecha de finalización de este documento esta propuesta ya fue presentada a la alta Dirección y ya fue aprobada para su implementación en los próximos meses. Esta es una de las recomendaciones que tienen mayor impacto en el proceso en cuanto al ahorro y beneficio económico sin que deba realizar una inversión significativa. Por tal razón es la primera alternativa a aplicar al proceso y que será efectiva en el corto plazo.

Por otro lado, las otras recomendaciones que igualmente no tienen un costo asociado para ser efectuadas son la estandarización del proceso de PTAR y las opciones de uso del agua actualmente tratada, lo cual implica que sean acciones que pueden realizarse igualmente en el corto plazo; si bien el ahorro en cifra es inferior comparado con las otras alternativas, estas recomendaciones particularmente implican un compromiso de todo el equipo, lo que genera un nivel de concientización mayor en el consumo responsable del recurso hídrico. Estas opciones serían entonces las siguientes a aplicar por la compañía.

Finalmente, la alternativa de ósmosis inversa que implica una inversión mucho mayor y que tiene un mayor tiempo de implementación, es la que mejor retorno y ahorro de agua representa. Se considera que esta es una opción que puede ser evaluada por la dirección para un mediano y largo plazo, entendiendo que es una alternativa que impactaría positivamente a la gestión económica de la compañía, pero sobre todo al impacto medio ambiental que esta actividad industrial tiene actualmente.

6. Conclusiones

Los desafíos ambientales globales a los cuales se enfrenta la humanidad, así como los retos a partir de la biodiversidad, el cambio climático y la ecoeficiencia, hacen que las organizaciones tengan la necesidad y obligación de desarrollar permanentemente proyectos orientados hacia la reducción del consumo de los recursos naturales, especialmente el agua como elemento primordial para la vida. Este estudio logra entonces su objetivo de definir usos adicionales al recurso hídrico ya tratado en la planta caso de estudio, entrega opciones que permiten reducir el consumo actual de agua en algunas partes del proceso de producción, así como diferentes alternativas de mejora para usos adicionales, que requieren de algunas inversiones de diferente magnitud que podrían mejorar el desempeño técnico y ambiental en el presente y en el futuro.

Después de realizar un análisis y validación del proceso actual, las acciones que se recomiendan aplicar e implementar de manera inmediata son las que no tienen una inversión económica asociada, lo que llama la atención, corroborando que para mejorar no siempre se necesita de inversión y sí representan un impacto positivo en reducción del consumo con un ahorro. Adicionalmente, estas acciones se enfocan en sensibilizar a sus colaboradores de la importancia de utilizar este recurso responsablemente, generando conciencia en las labores rutinarias de la operación.

Por supuesto, se plantean alternativas que requieren inversión en el corto y mediano plazo, pero que a su vez tienen mayores beneficios en cuanto a reutilización de agua durante el proceso, lo que mejora el impacto en el medio ambiente y el beneficio económico para la compañía. La primera ya se encuentra aprobada por la Dirección, demostrando su compromiso con el desarrollo sostenible y el cuidado de los recursos, por ello, será

implementada en el corto plazo, y la segunda, dependerá del presupuesto que la compañía pueda destinar para llevarla a cabo.

Si bien este proyecto propone unos beneficios significativos desde los puntos de vista medio ambientales y económicos para la compañía, se recomienda que el impulso y el deseo de continuar mejorando y aportando en la reducción del consumo del recurso hídrico no termine allí. Continuar evaluando alternativas para reducir el consumo de agua en otros procesos será vital para mantener viva la llama del desarrollo sostenible. Los autores recomiendan propuestas futuras de investigación como la reducción de agua en la limpieza de las materias primas agrícolas o la estandarización de la reposición de agua en tanques de lavado.

Se considera que este estudio es aplicable a otras industrias de snacks de igual o menor tamaño, así como a plantas de alimentos en general, que busquen una reducción del consumo de recursos hídricos en sus procesos y que tengan la intención de aportar positivamente a un entorno vital con mayor y mejor disponibilidad de agua, por supuesto, ajustando la tecnología a sus necesidades ya sus posibilidades económicas.

Referencias

- ANDI (2019) *Industria de Alimentos Una industria que innova y construye país*. (2019).
Recuperado 15 de agosto de 2021, de
<http://www.andi.com.co/Uploads/ANDIAIimentos.pdf>
- Banco Mundial. (2013, diciembre). *Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas* [Text/HTML]. World Bank.
<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>
- Botero, L. A. C. (2020). LA PARADOJA DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA DE MALA CALIDAD EN EL SECTOR RURAL COLOMBIANO. *Revista de Ingeniería*. <https://doi.org/10.16924/revinge.49.6>
- Castrillón, M. L. (2018). *Estudio sobre la Bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia*. Fundación Bionprovit- Universidad Eafit. https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Bioeconomia/Informe%202/ANEXO%202_An%C3%A1lisis%20sector%20alimentos%20y%20bebidas.pdf
- Colmenares, S. (2014). *Diseño conceptual y desarrollo de recursos electrónicos para plantas estandarizadas de ósmosis inversa*. [Universidad de Los Andes].
<https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/19992>
- Garud, R. M. (2011). A Short Review on Process and Applications of Reverse Osmosis. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, 1(3), 233-238.

Ialimentos, P. E. (2016). El mercado de los snacks. *IAlimentos*.

<https://www.revistaialimentos.com/ediciones/edicion-11/el-mercado-de-los-snacks/>

Invest in Bogota. (2017). *Alimentos y bebidas / Invest In Bogotá*.

<https://es.investinbogota.org/sectores-de-inversion/alimentos-y-bebidas-en-bogota>

Ivoro. (2020, enero 25). SNACKS 2020: Tendencias globales e innovaciones. *Ivoro*.

<https://ivoro.pro/snacks-2020-tendencias-globales-e-innovaciones/>

Melgarejo, Z. (1), & Simon-Elorz, K. (2). (2019). Business performance and business cycle in the colombian food and beverage industry: A non-parametric approach.

Estudios Gerenciales, 35(151), 190-202.

<https://doi.org/10.18046/j.estger.2019.151.3162>

Laval, A (2003) *Membrane Filtration*. (s. f.). Recuperado 17 de octubre de 2021, de

https://www.alfalaval.com/globalassets/documents/industries/pulp-and-paper/al-membranefiltration.pdf?_ga=2.87166552.1767501702.1634487580-1202519710.1634487580

Mordor, I. (2020). *Snack Food Market | 2021—26 | Industry Share, Size, Growth—Mordor Intelligence*. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/snack-food-market>

Nicholas P Cheremisinoff. (2002). *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies*. Butterworth-Heinemann.

<http://ez.urosario.edu.co/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=e000xww&AN=211522&lang=es&site=eds-live&scope=site>

Pearce, G. (2007). Introduction to membranes: Filtration for water and wastewater treatment. *Filtration & Separation*, 44(2), 24-27. [https://doi.org/10.1016/S0015-1882\(07\)70052-6](https://doi.org/10.1016/S0015-1882(07)70052-6)

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. (2019). *Informe Mundial de Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: No dejar a nadie atrás*. UN. <https://doi.org/10.18356/e96937a1-es>