



**Evaluación de la gestión ambiental para la optimización del desempeño ambiental en  
BIMBO**

**Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniería Ambiental**

**María José Berrio Correa**

**Asesor**

**Alejandro De Jesús Molina González**

**Corporación Universitaria Lasallista**

**Facultad de ingeniería**

**Ingeniería Ambiental**

**Caldas, Antioquia**

**2026**

## **Agradecimiento**

A Dios, por brindarme la vida, la salud y la fortaleza necesaria para culminar este proceso académico, y por iluminar mi camino en cada decisión que tomé durante esta etapa.

A mi familia, por su amor incondicional, por ser mi mayor fuente de apoyo y motivación, y por mantener siempre su confianza en mí incluso en los momentos más retadores. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la disciplina y la perseverancia, y por recordarme constantemente que los sueños se construyen con dedicación y constancia. Cada palabra de aliento y cada gesto de compañía hicieron posible que hoy pueda cumplir esta meta.

A la Universidad y a cada uno de los docentes que hicieron parte de mi formación profesional. Gracias por compartir su conocimiento, su vocación y su exigencia, que me permitieron desarrollar las competencias necesarias para enfrentar los desafíos del campo laboral y del mundo real.

A Bimbo, por abrirme sus puertas durante mi proceso de práctica y permitirme desarrollar este proyecto en un entorno profesional enriquecedor. Agradezco especialmente al equipo de Mantenimiento por su disposición, por compartir su experiencia, por orientarme cuando lo necesité y por brindarme un espacio de aprendizaje continuo. Su compromiso y su confianza fueron fundamentales para fortalecer mis conocimientos y para comprender la importancia de la sostenibilidad dentro de los procesos industriales.

También deseo agradecer a todas aquellas personas que, de una u otra manera, aportaron a mi crecimiento personal y profesional durante esta etapa. A quienes compartieron un consejo, una explicación, un gesto amable o una palabra de motivación.

## Resumen

El presente estudio evalúa la gestión de los consumos de agua, energía eléctrica y gas natural en una planta de producción, incorporando el análisis del manejo de residuos peligrosos (RESPEL) en el área de mantenimiento. La evaluación se fundamentó en indicadores ambientales normalizados por tonelada producida, lo que permitió comparar periodos operativos e identificar brechas de eficiencia. Los hallazgos evidencian que la variabilidad en el desempeño de los recursos está asociada principalmente a la dinámica productiva, la existencia de cargas energéticas base y las prácticas operativas, más que a deficiencias en los sistemas de medición. Se identificaron mejoras en el desempeño térmico durante el periodo evaluado, atribuibles al fortalecimiento del control operativo. En cuanto a RESPEL, se verificó el cumplimiento de los procedimientos de segregación y disposición final, aunque se detectaron oportunidades para reforzar la clasificación inicial y la capacitación del personal. El estudio concluye que el desempeño ambiental industrial depende de la integración entre monitoreo técnico, control operativo y apropiación organizacional, consolidando la gestión de indicadores como herramienta estratégica para la toma de decisiones y la mejora continua.

**Palabras clave:** *Consumo de agua, eficiencia energética, sostenibilidad industrial, eco-indicadores, gas natural, residuos peligrosos (RESPEL).*

### **Abstract**

This study evaluates the management of water, electricity, and natural gas consumption in a production plant, incorporating the assessment of hazardous waste (RESPEL) handling in the maintenance area. The evaluation was based on environmental indicators normalized per ton of production, enabling objective comparison between operational periods and identification of efficiency gaps.

The findings indicate that variability in resource performance is primarily influenced by production dynamics, fixed energy loads, and operational practices rather than deficiencies in monitoring systems. An improvement in thermal energy performance was identified during the evaluated period, associated with strengthened operational control. Regarding hazardous waste management, compliance with segregation and final disposal procedures was verified; however, opportunities were identified to reinforce initial waste classification and personnel training.

The study concludes that industrial environmental performance depends on the integration of technical monitoring, operational control, and organizational engagement, positioning indicator-based management as a strategic tool for decision-making and continuous improvement.

**Keywords:** Water consumption, Energy efficiency, Industrial sustainability, Eco-indicators, Natural gas, Hazardous waste (RESPEL)

## Tabla de contenido

Tablas .....	8
Glosario.....	10
Introducción .....	12
Planteamiento del problema.....	14
Justificación .....	16
Objetivos.....	17
<i>Objetivo general</i> .....	17
<i>Objetivos específicos</i> .....	17
Alcance y limitaciones.....	18
Alcance .....	18
Limitaciones.....	20
Marco teórico .....	22
1. <i>Gestión integral de los recursos ambientales en la industria</i> .....	22
2. <i>Buenas prácticas empresariales y alternativas de compensación en huella de carbono</i> .....	23
3. <i>Importancia del recurso hídrico en la industria alimentaria</i> .....	23
4. <i>Conciencia y presión nacional e internacional sobre la calidad energética y ambiental</i> .....	24
5. <i>Procesos de lavado y su impacto en el consumo de agua</i> .....	24
6. <i>Consumo de energía eléctrica en la industria</i> .....	25
7. <i>Uso del gas natural en procesos térmicos industriales</i> .....	25
8. <i>Indicadores ambientales y ecoindicadores de sostenibilidad</i> .....	26
9. <i>Relación entre consumo de recursos y niveles de producción</i> .....	26
10. <i>Importancia del factor humano y la conciencia ambiental</i> .....	27
11. <i>Marco normativo y sostenibilidad empresarial</i> .....	27
12. <i>Gestión de residuos peligrosos en la industria</i> .....	27
13. <i>Manejo de los residuos peligrosos en Colombia</i> .....	29
14. <i>Evolución de la política de residuos peligrosos RESPEL en Colombia</i> .....	29

Metodología .....	31
Formula de consumo específico de agua (m <sup>3</sup> /Ton).....	32
Formula de consumo específico de energía eléctrica (kWh/Ton).....	32
Formula de consumo específico de gas natural (m <sup>3</sup> / Ton) .....	32
Resultados.....	36
Tabla de Excel con registros diarios .....	38
Cuarto de almacenamiento RESPEL .....	38
Análisis del consumo de energía eléctrica .....	39
Resultados de la huella térmica (kWh/TPE).....	41
Resultados del consumo de agua y huella hídrica (m <sup>3</sup> /TPE) .....	43
Discusión.....	46
Conclusiones y recomendaciones .....	48
Referencias.....	51

### Índice de figuras

Figure 1. Clasificación de RESPEL en el área de mantenimiento.....	33
Figure 2. fotografía del medidor de agua del área de charolas. ....	34
Figure 3 fotografía del medidor de gas. ....	34
Figure 4 . fotografía de los medidores de energía del área de los compresores.....	35
Figure 5. fotografía de la tabla de Excel donde se reportaban los datos diarios de gas.....	38
Figure 6 fotografía de la tabla de Excel donde se reportaban los datos diarios de energía. ....	38
Figure 7. cuarto de almacenamiento de RESPEL.....	39

## Índice de Tablas

Tabla 1. la gráfica presenta la huella térmica en energía eléctrica (Gcal/TPE) durante el año 2025, comparado con el año anterior y la meta, reflejando la influencia de la producción en el indicador. Elaboración propia. ....	40
Table 2. la gráfica presenta el comportamiento mensual de la huella de carbono térmica (Gcal/TPE) durante el año 2025, comparado con el año anterior y la meta, reflejando la influencia de la producción en el indicador. Elaboración propia.....	42
Table 3. la gráfica presenta el comportamiento mensual de la huella de carbono energética (Gcal/TPE) durante el año 2025, comparado con el año anterior y la meta, reflejando la influencia de la producción en el indicador. Elaboración propia.....	44

**Tabla de ecuaciones**

Equation 1 formula de consumo especifico de agua (m <sup>3</sup> /Ton). .....	32
Equation 2. formula de consumo especifico e energía eléctrica (kWh/Ton) .....	32
Equation 3 formula de consumo especifico de gas natural (m <sup>3</sup> / Ton).....	32

## Glosario

**Ahorro energético:** conjunto de acciones o medidas implementadas para disminuir el consumo de electricidad sin afectar la operación.

**Buenas prácticas ambientales:** procedimientos operativos que permiten prevenir, minimizar o corregir impactos ambientales en una organización.

**Consumo de agua:** cantidad de recurso hídrico utilizada en los procesos productivos y actividades de la planta durante un periodo determinado.

**Consumo de energía:** uso de electricidad requerido para el funcionamiento de equipos, maquinaria, iluminación y demás sistemas presentes en la planta.

**Consumo de gas natural:** volumen de gas utilizado principalmente en procesos térmicos, tales como hornos o calentamiento de equipos.

**Ecoindicadores:** métricas ambientales que permiten evaluar el desempeño de la planta en términos de uso de recursos, eficiencia y sostenibilidad.

**Eficiencia energética:** capacidad de utilizar la energía de manera óptima, logrando los mismos resultados productivos con un menor consumo.

**Fugas:** pérdidas involuntarias de agua, gas o energía que generan consumos no deseados y afectan la eficiencia de los procesos.

**Huella hídrica:** indicador que mide el volumen de agua utilizado directa o indirectamente en los procesos de producción.

**Indicadores de gestión:** herramientas estadísticas empleadas para medir, analizar y controlar el comportamiento de los consumos energéticos e hídricos.

**Línea base:** valor inicial tomado como referencia para comparar el comportamiento de los consumos a lo largo del tiempo.

**Optimización de recursos:** conjunto de acciones orientadas a mejorar el uso de agua, energía y gas, reduciendo gastos y mejorando el desempeño ambiental.

**Sostenibilidad ambiental:** enfoque orientado al uso responsable de los recursos, buscando reducir impactos negativos sobre el entorno y mejorar el desempeño ambiental de la organización.

**Variación de consumo:** cambio o diferencia registrada en el uso de agua, energía o gas respecto a un periodo anterior.

## Introducción

En la actualidad, la sostenibilidad se ha consolidado como un eje estratégico en la gestión empresarial, especialmente en sectores industriales caracterizados por altos niveles de consumo de energía y recursos naturales. La industria de alimentos, debido a la naturaleza de sus procesos productivos, requiere un uso continuo de agua, energía eléctrica y gas natural para garantizar la inocuidad, calidad y eficiencia operativa. En este contexto, la gestión adecuada de estos recursos, junto con el manejo responsable de los residuos generados, constituye un factor determinante para el desempeño ambiental y la competitividad organizacional.

Empresas como Bimbo han avanzado en la implementación de sistemas de medición, control y seguimiento de sus consumos; sin embargo, la dinámica operativa propia del sector exige una revisión permanente del comportamiento de estos recursos para asegurar un desempeño óptimo. Las variaciones en los consumos pueden estar asociadas a procesos de limpieza intensivos, mantenimientos programados, fluctuaciones en la producción, fallas en equipos o prácticas operativas inadecuadas. Sin un análisis sistemático apoyado en indicadores de desempeño, estas desviaciones pueden generar impactos ambientales y económicos acumulativos.

El agua constituye un insumo esencial en el procesamiento de alimentos y en las actividades de higienización industrial, mientras que la energía eléctrica y el gas natural son fundamentales para la operación de maquinaria y sistemas térmicos. El uso ineficiente de estos recursos puede traducirse en mayores costos operativos y en un incremento de la huella ambiental corporativa. De manera complementaria, el manejo adecuado de residuos peligrosos (RESPEL), particularmente aquellos generados en áreas como el taller de mantenimiento por ejemplo, aceites usados, filtros y materiales contaminados, es un componente clave dentro de la gestión ambiental industrial, ya que su disposición inadecuada puede representar riesgos ambientales y de seguridad.

Ante esta realidad, se hace necesario desarrollar estudios que permitan analizar de manera integral el comportamiento de los consumos hídricos y energéticos, así como evaluar el

cumplimiento de prácticas ambientales en áreas específicas de la planta. El presente trabajo se llevó a cabo en una planta de producción de Bimbo, donde se recopiló información histórica de consumo, se realizaron observaciones directas de los procesos y se efectuó un análisis comparativo mensual para identificar tendencias y factores operativos asociados. Adicionalmente, se realizó un seguimiento semanal en el taller de mantenimiento con el fin de verificar la correcta separación y almacenamiento temporal de los residuos peligrosos generados en esta área.

El objetivo del estudio es evaluar el comportamiento de los consumos de agua, energía eléctrica y gas natural, establecer su relación con los niveles de producción e identificar oportunidades de mejora orientadas a la optimización de recursos. Asimismo, se buscó reconocer aspectos en cuanto al fortalecimiento en la gestión de RESPEL dentro del área evaluada, contribuyendo al mejoramiento del desempeño ambiental general.

Este trabajo aporta a la consolidación de la gestión ambiental empresarial al proporcionar información técnica que respalda la toma de decisiones orientadas a la eficiencia, sostenibilidad y cumplimiento normativo. Además, fortalece la cultura organizacional en torno al uso responsable de los recursos y la adecuada gestión de residuos, promoviendo prácticas operativas alineadas con los principios de mejora continua.

## Planteamiento del problema

En la industria de alimentos, la eficiencia en el uso del agua, la energía eléctrica y el gas natural constituye un componente fundamental para garantizar la sostenibilidad operativa, económica y ambiental. Las plantas de producción a gran escala dependen directamente de estos recursos para asegurar la continuidad productiva, el cumplimiento de estándares de calidad e inocuidad y el funcionamiento adecuado de equipos y sistemas tecnológicos. En este contexto, la gestión eficiente de los consumos representa un desafío permanente, tanto por su impacto en los costos operativos como por la responsabilidad ambiental asociada.

En la planta donde se desarrolla el presente estudio, se dispone de un sistema estructurado de medición y seguimiento de los consumos de agua, energía y gas, con medidores distribuidos estratégicamente en las diferentes áreas y equipos. La información recopilada es analizada mediante herramientas comparativas y registros periódicos que permiten identificar variaciones y documentar eventos operativos relevantes. Esta infraestructura constituye una fortaleza en términos de control y trazabilidad.

Sin embargo, el análisis histórico de los indicadores normalizados por tonelada producida evidencia variaciones que superan los rangos esperados. Durante el periodo evaluado se registraron incrementos mensuales de hasta un 8 % en el consumo eléctrico específico y picos térmicos superiores a la meta establecida en determinados meses, particularmente en el primer semestre. Asimismo, el análisis comparativo interanual mostró diferencias acumuladas en algunos indicadores dentro de un rango aproximado del 6 % al 10 %, lo que confirma la existencia de fluctuaciones relevantes en el desempeño de los recursos.

Si bien las toneladas producidas influyen directamente en el comportamiento de los consumos, en ciertos periodos las desviaciones no se explican únicamente por la variación en la producción, lo cual sugiere la incidencia de factores operativos adicionales. Entre estos se encuentran prácticas asociadas a procesos de limpieza, tiempos prolongados de operación de equipos térmicos y eléctricos, periodos de inactividad con equipos energizados y procedimientos no estandarizados que pueden generar consumos superiores a los óptimos.

Adicionalmente, se reconoce que el comportamiento de los indicadores es sensible a los hábitos operativos del personal. Ineficiencias acumuladas —como fugas no detectadas, prolongación de ciclos de lavado o uso inadecuado de equipos— pueden traducirse en impactos significativos en los indicadores mensuales. Esto evidencia que la problemática no se limita a aspectos técnicos, sino que también involucra componentes organizacionales y culturales.

De manera complementaria, la gestión ambiental incluye el manejo de residuos peligrosos (RESPEL) generados en el taller de mantenimiento. Aunque existen procedimientos para su separación, almacenamiento temporal y entrega mensual a gestor autorizado, el seguimiento operativo requiere verificación sistemática para garantizar la correcta clasificación inicial y el cumplimiento normativo. El manejo inadecuado de estos residuos puede generar riesgos ambientales y regulatorios, por lo que su control constituye un elemento relevante dentro del desempeño ambiental integral.

En consecuencia, el problema central no radica en la ausencia de sistemas de medición, sino en la persistencia de variaciones cuantificables en los indicadores de consumo, asociadas a prácticas operativas y factores organizacionales susceptibles de optimización. Esta situación evidencia la necesidad de analizar de manera integral la relación consumo–producción e identificar estrategias que permitan reducir desviaciones y fortalecer la eficiencia de los recursos.

Por lo tanto, la pregunta que orienta la presente investigación es:

¿Cómo influyen los hábitos operativos, los procesos de limpieza y la relación consumo-producción en las variaciones mensuales de agua, energía eléctrica y gas natural en la planta, y qué estrategias pueden implementarse para optimizar el uso de estos recursos y fortalecer el desempeño ambiental?

## **Justificación**

La gestión eficiente de agua, energía eléctrica y gas natural representa un desafío estratégico en la industria alimentaria, donde los procesos productivos dependen directamente de estos recursos. En plantas de alta capacidad operativa, el control de los consumos incide tanto en la sostenibilidad ambiental como en la competitividad económica.

Aunque la planta cuenta con un sistema estructurado de medición y seguimiento, la disponibilidad de datos no garantiza eficiencia. La interpretación técnica de los indicadores normalizados por tonelada producida permite identificar desviaciones asociadas a dinámicas operativas, cargas energéticas base y prácticas no estandarizadas. Estas variaciones evidencian la necesidad de fortalecer el control operativo y la cultura organizacional orientada al uso racional de recursos.

Asimismo, la gestión ambiental incluye el manejo de residuos peligrosos (RESPEL) en el área de mantenimiento, donde la segregación, almacenamiento temporal y entrega a gestor autorizado constituyen procesos clave para el cumplimiento normativo. Evaluar este componente permite identificar oportunidades para mejorar la trazabilidad y uniformidad en la clasificación de residuos.

Desde una perspectiva ambiental y económica, optimizar el desempeño de los recursos contribuye a reducir impactos y costos operativos. En el ámbito académico y profesional, el estudio integra herramientas de análisis de eco-indicadores y evaluación operativa en un contexto industrial real, aportando criterios técnicos para la toma de decisiones y el fortalecimiento de la sostenibilidad empresarial.

## Objetivos

### *Objetivo general*

Evaluar la gestión de los recursos ambientales y de los residuos peligrosos (RESPEL) en BIMBO, para el fortalecimiento del desempeño ambiental.

### *Objetivos específicos*

1. Analizar los patrones de consumo de energéticos durante el periodo de estudio, determinando los puntos críticos y las variaciones operativas asociadas
2. Caracterizar el manejo actual de los residuos peligrosos (RESPEL), desde su generación hasta su disposición final, evaluando el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.
3. Proponer estrategias de mejora para la reducción de consumos y la optimización del manejo de RESPEL, orientadas a la eficiencia de recursos y a la sostenibilidad operativa de la empresa.

## **Alcance y limitaciones**

El presente trabajo de grado se desarrolla en una planta de producción de la empresa Bimbo, durante un periodo de seis meses de práctica profesional, y se enfoca en el análisis de los consumos de agua, energía eléctrica y gas natural como componentes fundamentales de la gestión de los recursos ambientales. El estudio se limita al contexto operativo de la planta, utilizando información interna suministrada por la empresa, proveniente de los sistemas de medición existentes y de los registros de consumo disponibles durante el periodo de análisis.

### **Alcance**

El estudio contempla la recopilación, organización y análisis de datos diarios de consumo, los cuales son evaluados mediante herramientas gráficas y comparativas que permiten identificar tendencias, variaciones y comportamientos anormales. Asimismo, se analiza la relación entre los consumos de recursos y las toneladas producidas, con el fin de comprender el comportamiento del uso de los recursos en función de la productividad de la planta. Este enfoque permite identificar desviaciones respecto a los valores promedio y establecer posibles causas asociadas a las condiciones operativas del periodo evaluado.

Dentro del alcance también se incluye la identificación de factores operativos que influyen en los consumos, tales como procesos de lavado, uso de equipos, arranques y paradas operativas, hábitos del personal y eventos puntuales registrados en las notas de análisis mensual. De igual forma, se consideran situaciones específicas como fallas en medidores, mantenimientos o cambios operativos que puedan afectar temporalmente los indicadores de consumo, siempre que estos eventos se encuentren documentados en los registros disponibles.

El estudio abarca la elaboración y actualización de ecoindicadores de sostenibilidad relacionados con el uso de agua, energía y gas, los cuales permiten evaluar el desempeño ambiental de la planta de manera más precisa. Estos indicadores se utilizan como herramienta de apoyo para la interpretación de los datos y para la identificación de áreas de oportunidad orientadas a la optimización del uso de los recursos. A partir de este análisis, el trabajo propone ideas de mejora

enfocadas en la eficiencia operativa, el uso responsable de los recursos y el fortalecimiento de prácticas sostenibles dentro de la planta.

Además, se incluye la gestión de residuos peligrosos generados en la planta. Esta gestión consistió en la verificación semanal de la correcta separación de los residuos, su disposición en el cuarto de residuos peligrosos, y el registro y pesaje de los mismos por parte del personal encargado. Posteriormente, los residuos eran enviados a la empresa contratada para su disposición final, garantizando un manejo seguro y conforme a la normativa vigente.

Es importante destacar que el alcance del estudio se limita a la formulación de propuestas y recomendaciones, sin incluir la implementación ni la evaluación de resultados posteriores a la aplicación de dichas acciones. De esta manera, el análisis se centra exclusivamente en los consumos de agua, energía eléctrica y gas natural, y la gestión de residuos peligrosos, mientras que otros aspectos ambientales como emisiones atmosféricas, vertimientos, residuos sólidos no peligrosos o impacto ambiental externo no forman parte del desarrollo de esta investigación.

Finalmente, el estudio se centra en una sola planta de producción y a un periodo específico de tiempo, por lo que los resultados obtenidos representan una aproximación al comportamiento de los consumos en ese contexto particular. No se pretende generalizar los resultados a otras plantas o industrias, sino aportar un análisis detallado que sirva como base para la mejora continua y la toma de decisiones informadas dentro del entorno estudiado.

## Limitaciones

Aunque el presente estudio se apoya en un sistema de medición con análisis diario de los consumos y disponibilidad completa de la información, existen algunas limitaciones de carácter operativo y contextual que deben considerarse al interpretar los resultados obtenidos.

Una de las principales limitaciones está relacionada con la variabilidad en los niveles de producción durante los seis meses de práctica profesional. En el contexto actual, la planta ha experimentado una disminución en las ventas, lo que se traduce en una reducción de las toneladas producidas. Esta condición influye directamente en los indicadores de consumo específico, ya que, al producirse menores volúmenes, los consumos de energía y gas pueden mantenerse o disminuir en menor proporción, generando un incremento aparente en el consumo por tonelada producida. Esta situación puede dar lugar a interpretaciones que no necesariamente reflejan ineficiencias operativas, sino condiciones externas al control directo de la planta. Además, algunos consumos son obligatorios para la operación básica, independientemente del nivel de producción, como procesos de limpieza, arranques de equipos, mantenimientos, servicios auxiliares y consumo mínimo de sistemas eléctricos y térmicos. Durante periodos de baja producción, estos consumos fijos adquieren un mayor peso dentro de los indicadores, lo cual representa una limitación para comparar directamente el desempeño energético entre meses con niveles de producción significativamente diferentes.

Otra limitación del estudio radica en que, aunque el análisis de los datos se realiza de manera diaria y se documentan las causas de variaciones mediante notas explicativas, no siempre es posible cuantificar con exactitud el impacto individual de cada evento operativo sobre el consumo total. Situaciones como múltiples lavados en un mismo periodo, ajustes operativos, cambios de turno o combinaciones de factores pueden superponerse, dificultando la atribución precisa del consumo a una sola causa específica.

Asimismo, el estudio se desarrolla durante un periodo determinado correspondiente a la práctica profesional, por lo que las conclusiones obtenidas reflejan el comportamiento de los consumos bajo las condiciones particulares de dicho tiempo. Si bien el proceso de análisis y

seguimiento continuará a cargo de otros profesionales de la empresa, los resultados presentados en este trabajo se limitan a los datos disponibles durante el tiempo de estudio, sin incluir evaluaciones posteriores que podrían mostrar cambios asociados a variaciones en el mercado, recuperación de la producción o implementación de nuevas estrategias operativas.

Finalmente, es importante considerar que factores externos como la demanda del mercado, decisiones comerciales y fluctuaciones en las ventas no forman parte del alcance directo del estudio, pero influyen de manera indirecta en los resultados obtenidos. Estas variables externas representan una limitación al momento de establecer comparaciones estrictas entre consumo y producción, ya que no dependen de la gestión ambiental ni de la operación técnica de la planta.

En conjunto, estas limitaciones no afectan la confiabilidad de los datos ni la validez del análisis realizado, pero sí deben ser consideradas para contextualizar los resultados y evitar interpretaciones que atribuyan a ineficiencias operativas comportamientos que están directamente relacionados con condiciones externas de producción y mercado.

## Marco teórico

### *1. Gestión integral de los recursos ambientales en la industria.*

En el contexto actual, la gestión integral de los recursos ambientales se ha consolidado como un componente esencial dentro de las estrategias de sostenibilidad de las empresas industriales. El crecimiento de la demanda de productos, junto con la presión regulatoria y social por la protección del medio ambiente, ha impulsado a las organizaciones a adoptar modelos de gestión que promuevan el uso eficiente de los recursos naturales. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2019), una gestión adecuada de los recursos ambientales permite reducir impactos negativos, mejorar la eficiencia operativa y fortalecer la competitividad empresarial.

La gestión de recursos ambientales abarca el manejo racional del agua, la energía eléctrica y los combustibles, así como el control de los residuos generados durante los procesos productivos. En sectores como la industria alimentaria, estos recursos son indispensables para garantizar la continuidad operativa, la calidad del producto y el cumplimiento de estándares sanitarios. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI, 2019), la optimización del uso de recursos en la industria representa un beneficio ambiental y una oportunidad para reducir costos y mejorar el desempeño global de la organización.

La norma ISO 14001 (2015) establece un marco de referencia para la implementación de sistemas de gestión ambiental, enfatizando la identificación de aspectos ambientales significativos, entre los cuales destacan el consumo de agua y energía. Este enfoque promueve la mejora continua mediante el monitoreo, la medición y el análisis de indicadores ambientales, lo cual resulta fundamental para la toma de decisiones basadas en datos reales.

## ***2. Buenas prácticas empresariales y alternativas de compensación en huella de carbono***

En el contexto de la gestión ambiental corporativa, la compensación de la huella de carbono se ha consolidado como un mecanismo complementario a las estrategias de reducción directa de emisiones. Este enfoque consiste en equilibrar las emisiones generadas por una organización mediante la inversión en proyectos que reduzcan o capturen gases de efecto invernadero (GEI), contribuyendo así a la neutralidad de carbono. Según el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2018), la mitigación de emisiones requiere la implementación combinada de eficiencia energética, transición hacia fuentes renovables y fortalecimiento de sumideros de carbono, especialmente en sectores industriales.

Entre las principales alternativas de compensación se encuentran los proyectos forestales de reforestación, restauración ecológica y conservación de bosques, los cuales actúan como sumideros naturales de carbono al absorber dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la atmósfera. Estas iniciativas no solo contribuyen a la reducción neta de emisiones, sino que también generan beneficios colaterales como la conservación de la biodiversidad y la protección de recursos hídricos. Asimismo, la inversión en proyectos de energías renovables como solar o eólica y en programas de eficiencia energética permite disminuir la intensidad de carbono asociada a los procesos productivos, reduciendo emisiones en la fuente.

## ***3. Importancia del recurso hídrico en la industria alimentaria***

El agua es un recurso crítico en la industria alimentaria, participando directamente en procesos productivos, limpieza, sanitización de equipos y servicios auxiliares. La FAO (2018) señala que la industria alimentaria presenta alta demanda hídrica, lo que hace indispensable la implementación de estrategias de eficiencia y conservación del recurso.

El consumo de agua no depende únicamente del volumen de producción, sino también de la forma en que se ejecutan los procesos. El Banco Mundial (2017) destaca que prácticas operativas

inadecuadas, como el uso excesivo en lavados o la falta de control de caudales, generan consumos elevados sin aportar valor al proceso productivo. Por ello, indicadores como consumo de agua por tonelada producida son fundamentales para evaluar eficiencia, identificar desviaciones y planificar mejoras.

#### ***4. Conciencia y presión nacional e internacional sobre la calidad energética y ambiental***

A raíz de la mayor conciencia y presión ambiental, se van a presentar cambios en los modos de consumo afectando los patrones de la demanda energética. Como consecuencia de la mayor conciencia ambiental y el control social, el sector productivo propondrá y finalmente utilizará mecanismos de autocontrol y autorregulación ambientales. Desde el punto de vista del sector energético esta tendencia podría implicar: la viabilidad financiera de los proyectos se ve afectada; es más difícil el desarrollo de proyectos energéticos no limpios; se afectarán las exportaciones de carbón y petróleo; se favorecerá el desarrollo de las fuentes de energía alternativa y las renovables; y cambios en la demanda. (Pérez & Gómez, 2023).

#### ***5. Procesos de lavado y su impacto en el consumo de agua***

Dentro de la industria alimentaria, los procesos de lavado representan uno de los principales focos de consumo hídrico. Estos procesos son indispensables para garantizar la inocuidad del producto y el cumplimiento de las normativas sanitarias; no obstante, su ejecución ineficiente puede generar un uso excesivo del recurso. El PNUMA (2019) indica que la falta de estandarización en los tiempos y métodos de limpieza es una de las principales causas de sobreconsumo de agua en plantas industriales.

El uso prolongado de mangueras, la ausencia de dispositivos de control de caudal y la repetición innecesaria de lavados son prácticas comunes que incrementan significativamente el consumo hídrico. Además, la percepción de abundancia del recurso puede generar una baja conciencia ambiental entre los operarios, lo que refuerza la necesidad de implementar programas de sensibilización y capacitación.

La gestión eficiente del agua en los procesos de lavado no implica comprometer la calidad ni la seguridad del producto, sino optimizar los procedimientos mediante el control, la medición y

la mejora continua. La FAO (2018) resalta que pequeñas mejoras operativas pueden generar reducciones significativas en el consumo total de agua, especialmente cuando se aplican de manera sistemática.

## ***6. Consumo de energía eléctrica en la industria***

La energía eléctrica es uno de los insumos más relevantes en la operación industrial, ya que alimenta equipos de producción, sistemas de transporte interno, iluminación, refrigeración y automatización. La Agencia Internacional de Energía (IEA, 2021) afirma que el sector industrial representa uno de los mayores consumidores de energía a nivel mundial, lo que convierte a la eficiencia energética en un eje estratégico para la sostenibilidad.

El consumo de energía eléctrica en una planta industrial está influenciado por múltiples factores, entre ellos la cantidad de equipos en operación, las horas de funcionamiento, el estado de mantenimiento y los hábitos del personal. Incluso en instalaciones con sistemas de medición avanzados, pueden presentarse incrementos en el consumo asociados a prácticas operativas ineficientes, como mantener equipos encendidos durante tiempos muertos o realizar arranques simultáneos de sistemas de alta demanda energética (IEA, 2021).

La norma ISO 50001 establece lineamientos para la implementación de sistemas de gestión de la energía, destacando la importancia del seguimiento continuo del desempeño energético mediante indicadores específicos (ISO, 2018). Este enfoque permite identificar oportunidades de mejora y evaluar el impacto de las acciones implementadas.

## ***7. Uso del gas natural en procesos térmicos industriales***

El gas natural es ampliamente utilizado en la industria alimentaria debido a su eficiencia y menor impacto ambiental en comparación con otros combustibles fósiles. Su principal aplicación se da en procesos térmicos como hornos, calentadores y sistemas de generación de calor. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2020), el gas natural desempeña un papel fundamental en la transición energética del sector industrial.

No obstante, el consumo de gas presenta particularidades importantes desde el punto de vista operativo. Existen consumos mínimos asociados al arranque de equipos, estabilización de temperaturas y mantenimiento de sistemas, los cuales se mantienen independientemente del nivel

de producción. En consecuencia, durante periodos de baja producción, el consumo específico de gas por tonelada producida puede aumentar, sin que ello implique necesariamente una ineficiencia técnica (IEA, 2020).

Este comportamiento debe ser considerado cuidadosamente en el análisis de los indicadores, evitando interpretaciones erróneas que atribuyan incrementos del consumo a fallas operativas cuando en realidad responden a condiciones productivas externas.

### ***8. Indicadores ambientales y ecoindicadores de sostenibilidad***

Los indicadores ambientales constituyen una herramienta fundamental para evaluar el desempeño de las organizaciones en relación con el uso de recursos naturales. La norma ISO 14031 define los indicadores ambientales como medidas que permiten evaluar, de forma cuantitativa y cualitativa, el desempeño ambiental de una organización (ISO, 2013).

El PNUMA (2019) destaca que los ecoindicadores más efectivos son aquellos que relacionan el consumo de recursos con la producción, ya que permiten evaluar la eficiencia real de los procesos. Indicadores como consumo de agua por tonelada producida, consumo energético específico y consumo de gas por unidad de producto son ampliamente utilizados en la industria para el seguimiento del desempeño ambiental.

El análisis periódico de estos indicadores, apoyado en herramientas gráficas y registros históricos, permite identificar tendencias, comportamientos atípicos y oportunidades de mejora. Además, la documentación de las causas asociadas a variaciones en los consumos fortalece la trazabilidad del análisis y facilita la toma de decisiones.

### ***9. Relación entre consumo de recursos y niveles de producción***

La relación entre el consumo de recursos y las toneladas producidas es un elemento central en el análisis de la eficiencia industrial. La ONUDI (2019) señala que los consumos industriales pueden clasificarse en consumos fijos y consumos variables, siendo los primeros independientes del volumen de producción y los segundos directamente proporcionales a este.

Durante periodos de baja producción, los consumos fijos adquieren un mayor peso relativo, lo que puede generar incrementos en los indicadores específicos. Este fenómeno es especialmente relevante en contextos de disminución de ventas, donde la reducción de la producción no se traduce

en una disminución proporcional de los consumos. Por ello, el análisis de los indicadores debe realizarse considerando el contexto productivo y comercial de la empresa.

### ***10. Importancia del factor humano y la conciencia ambiental***

Más allá de la tecnología y los sistemas de medición, el factor humano desempeña un papel determinante en el consumo de recursos. La IEA (2021) destaca que los hábitos operativos del personal influyen directamente en el consumo de energía y agua, especialmente en actividades rutinarias como lavados, uso de equipos y control de tiempos muertos.

El fortalecimiento de la conciencia ambiental dentro de las organizaciones permite promover comportamientos responsables y sostenibles. La sensibilización del personal, acompañada de información clara sobre el impacto del consumo de recursos, contribuye a la reducción de desperdicios y al mejoramiento del desempeño ambiental.

### ***11. Marco normativo y sostenibilidad empresarial***

El marco normativo ambiental establece los lineamientos que orientan la gestión de los recursos en la industria. Normas como ISO 14001 e ISO 50001 proporcionan herramientas para integrar la sostenibilidad en la gestión empresarial, promoviendo el uso eficiente de los recursos y la mejora continua (ISO, 2015; ISO, 2018).

La adopción de estos estándares no solo facilita el cumplimiento normativo, sino que también fortalece la imagen corporativa y el compromiso ambiental de las organizaciones. En este sentido, el análisis de los consumos de agua, energía y gas se convierte en una herramienta estratégica para la sostenibilidad empresarial.

### ***12. Gestión de residuos peligrosos en la industria***

La gestión de residuos peligrosos constituye un componente clave de la sostenibilidad industrial. Su manejo adecuado incluye:

- Separación y recolección: los residuos se clasifican semanalmente según tipo (químicos, baterías, materiales contaminantes).
- Disposición temporal: se almacenan en el cuarto de residuos peligrosos, bajo condiciones seguras.

- Registro y envío: la personal pesa y documenta cada residuo, enviándolos posteriormente a empresas especializadas para su disposición final conforme a la normativa.

Esta práctica asegura la seguridad, el cumplimiento legal y fomenta la conciencia ambiental dentro de la planta, integrándose a la gestión integral de los recursos. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, s. f.).

### ***13. Manejo de los residuos peligrosos en Colombia***

Colombia, como país en vía de desarrollo con una importante actividad agrícola e industrial, registra un consumo significativo de productos químicos de diversos niveles de toxicidad. Para el año 2010 se estimó una producción superior a 24.000 toneladas y 25 millones de litros de plaguicidas, además de la importación de aproximadamente 53.000 toneladas de estos productos. A ello se suma la producción de medicamentos, cosméticos e hidrocarburos, que incrementan la demanda de sustancias químicas en el sector productivo (ing. USBMed, 2015).

Asimismo, se calcula que el país genera anualmente cerca de 400.000 toneladas de residuos peligrosos, provenientes principalmente de la fabricación de sustancias químicas derivadas del petróleo y del carbón, de las industrias metalúrgica, energética, farmacéutica, textil y del sector hospitalario (ing. USBMed, 2015).

### ***14. Evolución de la política de residuos peligrosos RESPEL en Colombia***

Este panorama evidencia la magnitud del reto ambiental asociado a la gestión de residuos peligrosos y resalta la necesidad de fortalecer los sistemas de control, almacenamiento, trazabilidad y disposición final en las organizaciones industriales. Adicionalmente, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2004) señala que una proporción significativa de las enfermedades globales está asociada a riesgos ambientales derivados, entre otros factores, de la exposición inadecuada a sustancias químicas. En este sentido, la gestión responsable de residuos peligrosos no solo constituye una obligación normativa, sino también un compromiso con la salud pública y la sostenibilidad ambiental.

Una de las metas propuestas fue para el 2015 prevenir y reducir al mínimo los desechos y aumentar en la medida de lo posible la reutilización y el reciclaje de materiales alternativos que no alteren el medio ambiente, con la participación de los gobiernos y demás interesados, prestando asistencia financiera, técnica y de otra índole a los países en desarrollo La Agenda 21, programa de las Naciones Unidas, en el capítulo XXI resalta la

importancia de la gestión de los residuos, en aras de mantener la calidad del medio ambiente y lograr un desarrollo sostenible, para lo cual los países que lo adoptan se comprometen a trabajar en las siguientes áreas: reducción al mínimo de los residuos, aumento al máximo de su reutilización y reciclado, y promoción de la eliminación y el tratamiento ecológicamente racional de los mismos. A partir de estas premisas se comienza a visualizar cambios a nivel mundial en la concepción de los residuos sólidos urbanos RSU como artículos sin valor alguno, hacia residuos con una posible revalorización. Una de las metas del Objetivo de Desarrollo Sostenible, Ciudades y Comunidades Sostenibles, plantea que para el 2030 reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo (ONU, 2015).

## Metodología

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental, longitudinal y descriptivo-analítico, orientado al análisis del comportamiento de los consumos de agua, energía eléctrica y gas natural en la planta industrial de la empresa Bimbo. El estudio es no experimental, dado que no se manipuló ninguna variable ni se intervinieron los procesos productivos; longitudinal, porque se analizaron datos durante un periodo continuo de seis meses; y descriptivo-analítico, ya que se caracterizaron los patrones de consumo y se evaluó su relación con los niveles de producción. El periodo de análisis comprendió del 20 de julio de 2025 al 20 de enero de 2026, durante el desarrollo de la práctica profesional.

La investigación se sustentó en datos primarios obtenidos directamente de los sistemas de medición instalados en la planta, incluyendo contadores de agua ubicados en puntos estratégicos, medidores de energía eléctrica asociados a líneas de producción, iluminación y sistemas auxiliares, y medidores de gas natural empleados en hornos y equipos térmicos. Los registros fueron recolectados de manera diaria y sistemática durante los seis meses del estudio, verificando su coherencia con las condiciones normales de operación. La información fue consolidada en una base de datos estructurada en Microsoft Excel, organizada por fecha y tipo de recurso, e incluyendo campos para registrar observaciones relevantes como mantenimientos programados, incidencias técnicas o eventos operativos que pudieran influir en los consumos.

Las variables independientes consideradas fueron las toneladas producidas, el tiempo (mes de análisis) y los eventos operativos registrados; mientras que las variables dependientes incluyeron el consumo total de agua ( $m^3$ ), consumo total de energía eléctrica (kWh), consumo total de gas natural ( $m^3$ ) y los respectivos indicadores de consumo específico por tonelada producida. Para evaluar la eficiencia en el uso de los recursos, se calcularon indicadores de consumo específico, definidos como la relación entre el consumo total mensual de cada recurso y las toneladas producidas en el mismo periodo. Estos indicadores permitieron diferenciar entre consumos fijos, asociados a la operación básica de la planta, y consumos variables directamente proporcionales al volumen de producción.

### Formula de consumo especifico de agua (m<sup>3</sup>/Ton)

$$CA = \frac{\text{consumo total de agua (m)}}{\text{toneladas producidas}}$$

*Equation 1 formula de consumo especifico de agua (m<sup>3</sup>/Ton).*

### Formula de consumo especifico de energía eléctrica (kWh/Ton)

$$CE = \frac{\text{consumo total de energía eléctrica (kWh)}}{\text{Toneladas producidas}}$$

*Equation 2. formula de consumo especifico e energía eléctrica (kWh/Ton)*

### Formula de consumo especifico de gas natural (m<sup>3</sup>/ Ton)

$$CG = \frac{\text{consumo total de gas (m)}}{\text{toneladas producidas}}$$

*Equation 3 formula de consumo especifico de gas natural (m<sup>3</sup>/ Ton).*

El análisis estadístico se realizó mediante estadística descriptiva, incluyendo el cálculo de totales mensuales, promedios, variaciones porcentuales entre periodos y análisis comparativo temporal de los indicadores específicos. Asimismo, se empleó representación gráfica mediante gráficos de líneas y barras para identificar tendencias, comportamientos atípicos y posibles desviaciones respecto a la proporcionalidad esperada entre consumo y producción. El uso de Microsoft Excel se limitó a la consolidación de la base de datos, el cálculo de indicadores y la aplicación de herramientas de análisis descriptivo, constituyendo un medio para el procesamiento estadístico de la información.

De manera complementaria, se efectuó una revisión puntual del manejo de residuos peligrosos (RESPEL) en el área de mantenimiento durante el periodo de práctica. Esta evaluación

incluyó la identificación y clasificación de los residuos según sus características fisicoquímicas (corrosivos, reactivos, inflamables y tóxicos), la verificación de su correcta segregación y almacenamiento temporal en el cuarto de residuos peligrosos, el registro de pesaje y la comprobación de su entrega a gestores autorizados conforme a la normativa ambiental vigente. Esta revisión permitió integrar el análisis de consumos con la gestión ambiental operativa de la planta.



*Figure 1. Clasificación de RESPEL en el área de mantenimiento.*

La validez interna del estudio se sustenta en la utilización de datos reales obtenidos directamente de sistemas de medición calibrados y empleados en el control operativo de la empresa, garantizando que los resultados reflejen el comportamiento real de los consumos sin manipulación externa. La validez externa radica en que la metodología descrita puede replicarse en otras plantas industriales con sistemas de medición similares, permitiendo comparar resultados en contextos productivos equivalentes. La confiabilidad se garantiza mediante el registro sistemático diario de los datos, la verificación con reportes históricos y la aplicación de procedimientos estandarizados de consolidación y análisis que permiten reproducir el estudio en periodos posteriores.

Finalmente, el desarrollo de la investigación respetó los principios de confidencialidad y uso responsable de la información empresarial. Los datos analizados corresponden exclusivamente a registros operativos de consumo de recursos y no involucran información personal ni datos sensibles de trabajadores. La información fue utilizada únicamente con fines académicos y de mejora ambiental, contando con autorización institucional durante el periodo de práctica profesional.



*Figure 2. fotografía del medidor de agua del área de charolas.*



*Figure 3 fotografía del medidor de gas.*



Figure 4 . fotografía de los medidores de energía del área de los compresores.

## Resultados

A continuación, se presentan los resultados derivados del análisis comparativo de los consumos de agua, energía eléctrica y energía térmica (gas natural) correspondientes a los años 2024 y 2025, así como de la gestión de residuos peligrosos (RESPEL). La información fue normalizada por tonelada producida (TPE), permitiendo evaluar los eco-indicadores de manera objetiva. El análisis comparativo evidencia una mejora general en el desempeño ambiental durante el año 2025, destacándose una reducción significativa en el indicador de energía térmica gracias a los paros y arranques de hornos y los enfriadores de pan, lo cual impacta directamente la huella de carbono térmica del proceso productivo.

Desde la perspectiva del impacto ambiental, la energía térmica (gas natural) constituye el recurso de mayor incidencia estratégica. A diferencia de la energía eléctrica y el agua, el consumo de gas natural tiene una relación directa con las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la combustión, lo que lo convierte en el principal contribuyente a la huella de carbono del proceso productivo. En este sentido, la reducción acumulada entre 6 % y 10 % registrada en 2025 no solo representa una mejora operativa, sino una disminución efectiva en emisiones atmosféricas. Esto posiciona a la energía térmica como el recurso con mayor impacto ambiental absoluto y, por tanto, como el eje prioritario en términos de sostenibilidad climática.

En cuanto a oportunidad de mejora, el análisis revela comportamientos diferenciados. La energía eléctrica muestra una estructura de consumo relativamente rígida, con una proporción importante de cargas base independientes del volumen de producción. Esta condición limita el margen de reducción inmediata, ya que gran parte del consumo corresponde a iluminación, ventilación y equipos auxiliares que deben permanecer en funcionamiento continuo. Aunque se evidenció una mejora acumulada del 2 % al 4 %, el potencial de optimización depende principalmente de intervenciones estructurales (modernización tecnológica, automatización o sustitución de equipos), más que de ajustes operativos de corto plazo.

Por su parte, el consumo de agua presenta la mayor sensibilidad ante eventos operativos puntuales. El pico extraordinario registrado en junio, asociado a una fuga no detectada oportunamente,

demuestra que el indicador hídrico puede distorsionarse significativamente por fallas específicas. Sin embargo, la rápida corrección posterior y la estabilización del segundo semestre indican que el sistema tiene capacidad de recuperación cuando se implementan medidas correctivas. Esto sugiere que el recurso hídrico posee una oportunidad de mejora importante en términos de prevención y mantenimiento predictivo, más que en eficiencia estructural del proceso. La variabilidad observada evidencia que el agua es el recurso más vulnerable a fallas operativas, aunque no necesariamente el de mayor impacto ambiental relativo frente al gas natural.

Desde un enfoque comparativo, puede afirmarse que:

- La energía térmica es el recurso que más impacta el desempeño ambiental, debido a su relación directa con emisiones de GEI y su peso en la huella de carbono del proceso.
- El agua es el recurso con mayor sensibilidad operativa, ya que presenta alta variabilidad ante eventos extraordinarios y requiere fortalecimiento en controles preventivos.
- La energía eléctrica es el recurso con mayor rigidez estructural, lo que limita reducciones significativas sin inversiones tecnológicas de mayor alcance.





*Figure 7. cuarto de almacenamiento de RESPEL*

### **Análisis del consumo de energía eléctrica**

El consumo de energía eléctrica representa uno de los principales componentes del desempeño ambiental de la planta, dado que está asociado al funcionamiento de múltiples equipos y sistemas que operan de manera continua o intermitente. A partir de los registros diarios y mensuales, se elaboraron gráficos comparativos que permiten analizar el comportamiento del consumo eléctrico en relación con el año anterior, la meta establecida y el acumulado anual.

Los resultados evidencian que el consumo eléctrico absoluto se mantiene relativamente estable durante los seis meses analizados. No obstante, al comparar estos valores con la meta establecida por la supervisión, se observa que en varios meses no se logró cumplir el objetivo planteado. Al normalizar el consumo en función de las toneladas producidas (kWh/TPE), se identifica un incremento del indicador en aquellos meses donde la producción disminuyó. Este comportamiento sugiere que una proporción significativa del consumo eléctrico corresponde a cargas independientes del volumen de producción, tales como sistemas de iluminación, ventilación, compresores y equipos auxiliares. En consecuencia, aunque el consumo total no

presenta variaciones significativas, la reducción en la producción impacta negativamente el indicador de eficiencia energética.

Asimismo, se identificaron meses en los que el consumo eléctrico por TPE supera la meta establecida, situación que se explica principalmente por la combinación de baja producción y la necesidad de mantener operativos ciertos equipos independientemente del nivel productivo.

### HUELLA TERMICA EE (KWh/TPE)

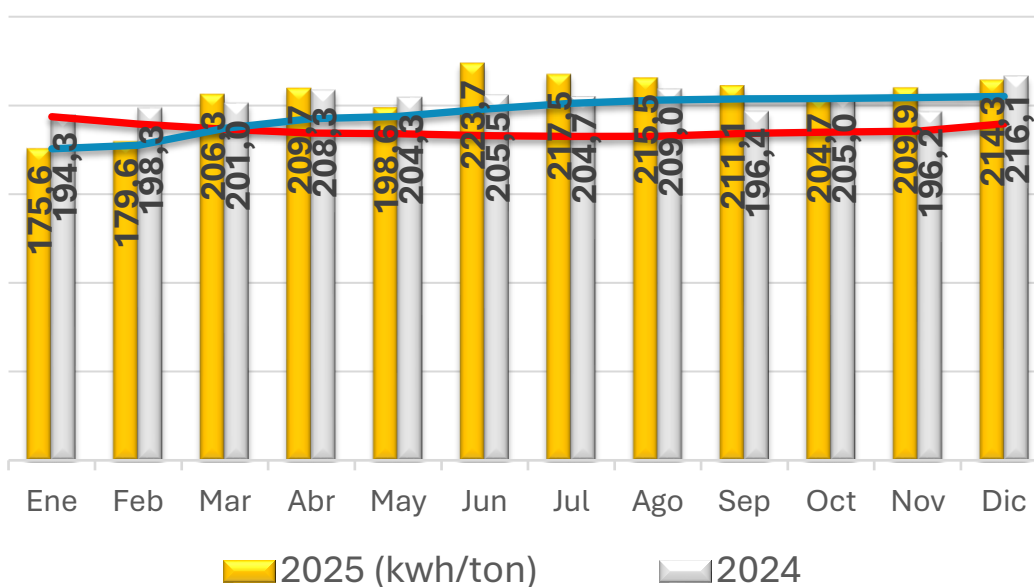


Tabla 1. la gráfica presenta la huella térmica en energía eléctrica (Gcal/TPE) durante el año 2025, comparado con el año anterior y la meta, reflejando la influencia de la producción en el indicador. Elaboración propia.

El análisis comparativo muestra que durante el 2025 varios meses registraron valores iguales o inferiores a los del 2024, especialmente en el segundo semestre. Los incrementos puntuales observados en determinados meses no superaron el 6 % respecto al mismo mes del año anterior y estuvieron asociados a mantenimientos programados y operación simultánea de equipos auxiliares.

El comportamiento acumulado anual evidencia una reducción estimada entre el 2 % y el 4 % en el indicador eléctrico por tonelada producida. La estabilidad del indicador demuestra que el consumo eléctrico fijo se mantiene relativamente constante, mientras que el consumo variable fue optimizado en función de la producción.

## **Resultados de la huella térmica (kWh/TPE)**

La huella térmica, expresada en kilovatios hora por tonelada producida (kWh/TPE), es un indicador clave para evaluar la eficiencia energética de la planta. En la Figura correspondiente se presenta la comparación mensual entre el año actual, el año anterior, la meta establecida y el comportamiento acumulado del indicador.

El análisis de la huella térmica (Gcal/TPE) evidencia que, en algunos meses del periodo evaluado, el valor correspondiente al año 2025 se situó cercano o ligeramente superior al registrado en 2024. Cuando la producción es menor, el consumo fijo de energía se distribuye entre un menor volumen de producto, generando un aumento en el indicador normalizado por tonelada.

Este efecto se observa particularmente en los meses donde el indicador supera la meta establecida, coincidiendo con periodos de menor actividad productiva porque no hacían pedidos o paradas parciales. La presencia de cargas térmicas base como mantenimiento de temperatura en hornos y sistemas auxiliares influye directamente en este comportamiento.

A pesar de estas variaciones puntuales, el desempeño global del año 2025 muestra una mejora significativa frente a 2024. Aunque se identificaron picos en marzo y junio asociados a mayores demandas térmicas y procesos de arranque de hornos, el segundo semestre presentó una tendencia descendente sostenida.

En términos acumulados, el 2025 registró una reducción aproximada entre el 6 % y el 10 % en el consumo térmico por tonelada producida respecto al año anterior. Esta disminución representa uno de los resultados más relevantes del periodo analizado, considerando que la energía térmica constituye uno de los principales aportantes a la huella de carbono del proceso productivo. La mejora observada puede vincularse con una optimización en los tiempos de encendido y apagado de hornos, un control más preciso de las temperaturas operativas y la reducción de periodos de estabilización innecesarios.

Desde la perspectiva ambiental, la reducción del indicador térmico implica una disminución directa en las emisiones asociadas al consumo de gas natural, fortaleciendo el desempeño en términos de huella de carbono y contribuyendo al cumplimiento de metas corporativas de sostenibilidad.

La huella térmica eléctrica del 2025 presentó un comportamiento estable frente a 2024, con una variación global inferior al 1 %. Sin embargo, se identificaron incrementos estacionales, particularmente en junio, donde se registró un aumento cercano al 8 %. En contraste, el mes de enero evidenció una reducción aproximada del 9,8 %, lo que demuestra la existencia de condiciones operativas bajo las cuales es posible optimizar significativamente el desempeño energético.

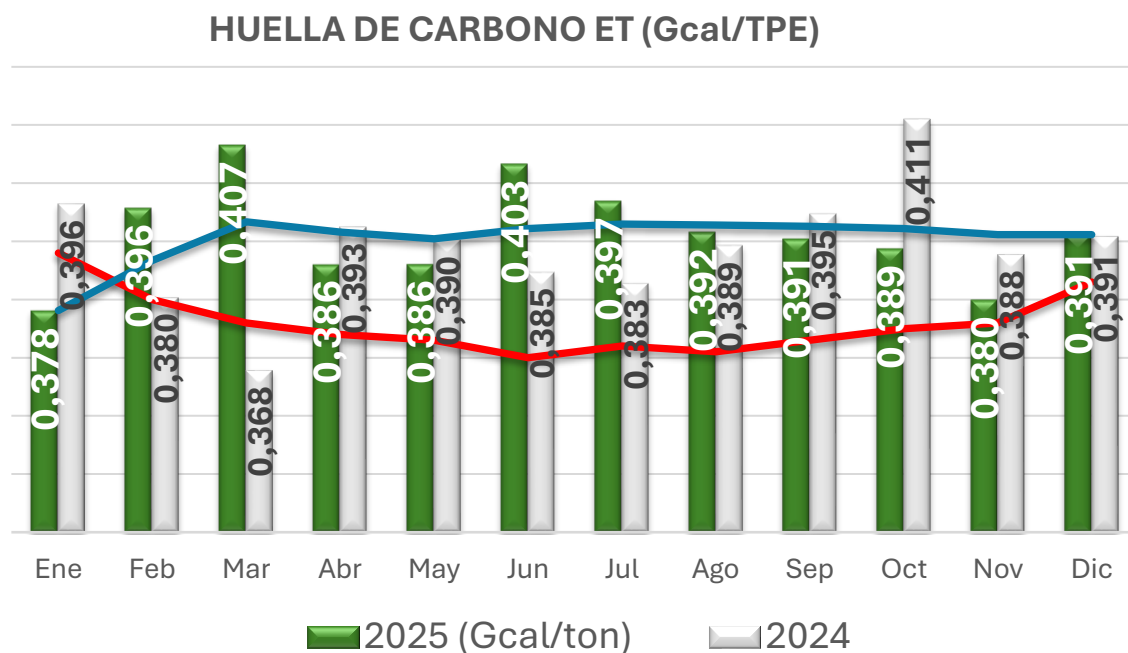


Table 2. la gráfica presenta el comportamiento mensual de la huella de carbono térmica (Gcal/TPE) durante el año 2025, comparado con el año anterior y la meta, reflejando la influencia de la producción en el indicador. Elaboración propia.

El análisis comparativo demuestra que la energía térmica presenta mayor potencial de mejora ambiental debido a su impacto directo en emisiones, mientras que la energía eléctrica muestra mayor rigidez estructural por su alta proporción de cargas fijas.

### **Resultados del consumo de agua y huella hídrica (m<sup>3</sup>/TPE)**

El análisis del consumo de agua y la huella hídrica constituye uno de los aspectos más relevantes del estudio, debido a la importancia del recurso hídrico en los procesos de limpieza, sanitización y operación de equipos. La huella hídrica, expresada en metros cúbicos por tonelada producida (m<sup>3</sup>/TPE), permite evaluar la eficiencia en el uso del agua de manera comparable entre diferentes periodos.

Los resultados muestran que el consumo de agua presenta picos significativos en determinados meses, los cuales coinciden principalmente con jornadas de lavado intensivo y actividades de limpieza profunda. En estos meses, la huella hídrica del año actual supera tanto el valor del año anterior como la meta establecida, situación que se ve amplificada por la reducción en la producción.

A pesar de estas variaciones, el análisis acumulado indica que el consumo de agua se mantiene dentro de rangos controlables, aunque con un margen evidente para la implementación de mejoras orientadas a la reducción del consumo y al fortalecimiento de la conciencia operativa en el uso del recurso.

La huella térmica por combustión mostró una variabilidad anual del 10,7 %, con pico máximo en junio (0,402 Gcal/Tn). El comportamiento indica estabilidad operativa en el segundo semestre, manteniéndose cercano al promedio anual de 0,389 Gcal/Tn.

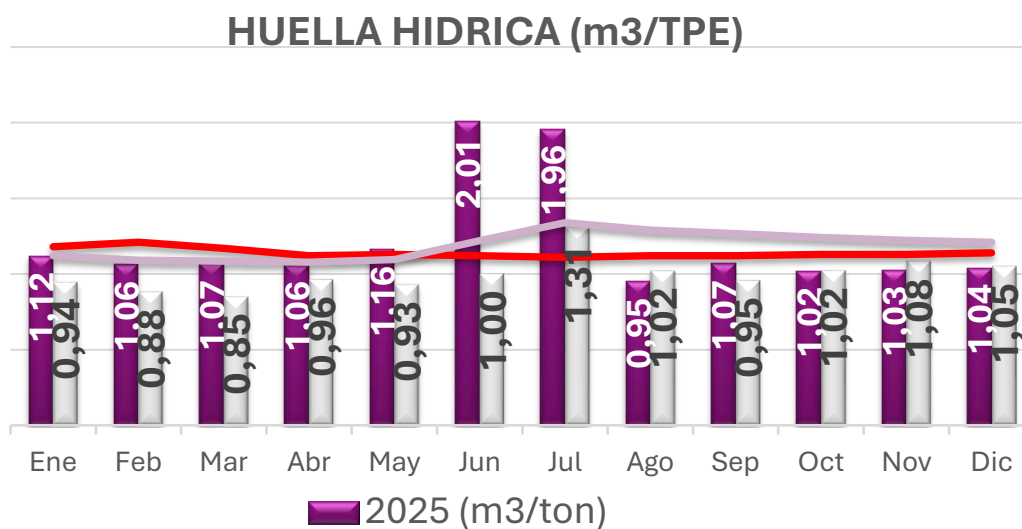


Table 3. la gráfica presenta el comportamiento mensual de la huella de carbono energética (Gcal/TPE) durante el año 2025, comparado con el año anterior y la meta, reflejando la influencia de la producción en el indicador. Elaboración propia.

La comparación entre el año actual y el año anterior permite identificar tendencias, avances y retrocesos en la gestión de los recursos. En general, los resultados indican que las diferencias observadas en los indicadores no responden a la falta de medición o control, sino a factores operativos y productivos. Esta comparación interanual resalta la importancia de utilizar indicadores normalizados por tonelada producida, ya que estos ofrecen una visión más precisa del desempeño ambiental de la planta y permiten realizar análisis más justos y objetivos en términos acumulados anuales, la huella hídrica del 2025 presentó una disminución aproximada del 3 % al 5 % respecto al 2024, lo cual refleja una mejora en la eficiencia del uso del recurso hídrico. Esta reducción sugiere mayor control en procesos de limpieza, verificación de fugas y optimización de tiempos de lavado, contribuyendo positivamente al desempeño ambiental de la planta.

La gráfica de Huella Hídrica (m<sup>3</sup>/TPE) – 2025 evidencia un comportamiento anual con tres fases claramente diferenciadas y variaciones porcentuales significativas. Entre enero (1,12

m<sup>3</sup>/TPE) y febrero (1,08 m<sup>3</sup>/TPE) se presenta una disminución del -3,6 %, seguida de reducciones leves en marzo (1,07 -0,9 %) y abril (1,06 -0,9 %), acumulando una mejora aproximada del -5,3 % en el primer cuatrimestre, lo que indica eficiencia operativa y estabilidad en el consumo específico de agua. No obstante, en mayo (1,16 m<sup>3</sup>/TPE) ocurre un incremento del +9,4 % respecto a abril, marcando el inicio de una fase crítica que se intensifica en junio (2,01 m<sup>3</sup>/TPE) con un aumento extraordinario del +73,3 % frente a mayo y un incremento acumulado cercano al +89 % respecto a abril, alcanzando el valor máximo anual y casi duplicando el promedio del año este debido a una fuga que no fue detectada a tiempo un mes antes de yo entrar; en julio (1,96 m<sup>3</sup>/TPE) se observa una leve reducción del -2,5 %, manteniéndose aún en niveles elevados. Posteriormente, agosto (1,05 m<sup>3</sup>/TPE) registra una fuerte corrección del -46,4 % frente a julio, retornando a valores cercanos al comportamiento histórico, lo que sugiere que el pico anterior fue coyuntural y no estructural. Desde septiembre hasta diciembre se evidencia estabilización con variaciones moderadas: septiembre (1,07 +1,9 %), octubre (1,02 -4,7 %), noviembre (1,03 +1,0 %) y diciembre (1,04 +1,0 %), manteniéndose dentro de un rango estrecho entre 1,02 y 1,07 m<sup>3</sup>/TPE. En términos de dispersión, el rango anual es aproximadamente 0,99 m<sup>3</sup>/TPE (2,01 – 1,02), mostrando que el pico de junio distorsiona significativamente el promedio anual (1,15–1,20 m<sup>3</sup>/TPE), mientras que el resto del año presenta variaciones inferiores al 5 %, reflejando un desempeño general estable con alta sensibilidad del indicador ante eventos operativos puntuales, probablemente asociados a disminución de producción, mantenimientos o incrementos temporales en el consumo específico de agua.

## Discusión

Los resultados obtenidos confirman la importancia de la gestión integral de los recursos ambientales como eje estratégico dentro de la sostenibilidad industrial. La mejora general observada en 2025, especialmente en el indicador de energía térmica, respalda lo planteado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2019), quien sostiene que el monitoreo sistemático y la medición continua de indicadores ambientales permiten reducir impactos negativos y optimizar el desempeño operativo. En este caso, la reducción acumulada del consumo térmico entre 6 % y 10 % demuestra que el seguimiento permanente de los hornos y el control de tiempos de encendido y estabilización generan efectos ambientales medibles.

Desde la perspectiva energética, el comportamiento de la energía eléctrica y del gas natural coincide con lo señalado por la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2020; 2021), en cuanto a la existencia de consumos base independientes del nivel de producción. Los incrementos observados en los indicadores específicos durante meses de baja producción no necesariamente reflejan ineficiencia técnica, sino el mayor peso relativo de las cargas fijas. Este fenómeno, descrito también por la ONUDI (2019) al diferenciar entre consumos fijos y variables, explica por qué la reducción en toneladas producidas no se traduce en disminuciones proporcionales en los consumos totales. En consecuencia, el análisis confirma que la interpretación de los ecoindicadores debe contextualizarse dentro de la dinámica productiva para evitar conclusiones erróneas.

En términos de impacto ambiental, la energía térmica se consolida como el recurso de mayor incidencia estratégica, dado su vínculo directo con las emisiones de gases de efecto invernadero. Este hallazgo se alinea con el IPCC (2018), que enfatiza la necesidad de priorizar la eficiencia energética y la optimización de combustibles fósiles en el sector industrial como mecanismo clave de mitigación climática. La reducción observada en el consumo específico de gas natural no solo mejora el indicador energético, sino que contribuye directamente a la disminución de la huella de carbono del proceso productivo, posicionando este recurso como la principal oportunidad de mejora con impacto ambiental significativo.

En cuanto al recurso hídrico, el comportamiento registrado confirma lo señalado por la FAO (2018) y el Banco Mundial (2017), quienes destacan que el consumo de agua en la industria alimentaria depende tanto del volumen de producción como de las prácticas operativas. El pico extraordinario asociado a una fuga no detectada evidencia la alta sensibilidad del indicador hídrico ante fallas puntuales, reforzando la necesidad de fortalecer los mecanismos de control preventivo y mantenimiento predictivo. Asimismo, la estabilización posterior demuestra que pequeñas acciones correctivas pueden generar reducciones sustanciales, tal como lo plantea el PNUMA (2019) al referirse a la mejora continua en procesos de lavado y sanitización.

En relación con la gestión de residuos peligrosos, los resultados evidencian cumplimiento normativo y trazabilidad adecuada, coherente con lo establecido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (s.f.), que resalta la importancia del almacenamiento seguro, registro y disposición final autorizada como pilares de la sostenibilidad industrial. Aunque el impacto cuantitativo de los RESPEL es menor frente a los consumos energéticos, su correcta gestión reduce riesgos ambientales y fortalece la responsabilidad corporativa.

De manera integral, la discusión confirma que el desempeño ambiental de la planta está determinado por la interacción entre eficiencia operativa, estructura de consumo fijo y comportamiento productivo. La priorización estratégica debería orientarse hacia la optimización térmica por su mayor impacto en emisiones, el fortalecimiento del control hídrico preventivo por su alta sensibilidad operativa y, en el mediano plazo, la modernización de sistemas eléctricos para reducir cargas base estructurales. Estos resultados no solo validan los fundamentos teóricos sobre gestión ambiental industrial, sino que demuestran la aplicabilidad práctica de los sistemas de medición y control como herramientas clave para la mejora.

## **Conclusiones y recomendaciones**

El presente estudio permitió evaluar de manera integral la gestión de los consumos de agua, energía eléctrica y gas natural, así como el manejo de residuos peligrosos (RESPEL) en la planta BIMBO, durante el periodo de prácticas profesionales. Los hallazgos evidencian que la eficiencia operativa no depende únicamente de la infraestructura de medición disponible, sino también de la interpretación y análisis de los datos, así como de la capacidad de convertir la información en herramientas estratégicas para la toma de decisiones ambientales.

En relación con el primer objetivo específico, el análisis de los patrones de consumo energético reveló que los indicadores normalizados por tonelada producida reflejan la influencia combinada de la dinámica productiva y de los consumos fijos asociados a arranque, paro de equipos y procesos de lavado. Los puntos críticos identificados no corresponden a deficiencias en los sistemas de medición, sino a factores operativos y planificación de producción. En particular, se observó que la huella térmica presentó la mayor oportunidad de mejora, mientras que los consumos eléctricos y de agua mostraron comportamientos más estables y controlados. Estos resultados confirman que la optimización de recursos requiere un enfoque sistémico, integrando eficiencia técnica y gestión operativa.

Respecto al segundo objetivo, la caracterización del manejo de RESPEL permitió identificar que el área de taller de mantenimiento cuenta con procedimientos establecidos para segregación, almacenamiento temporal y disposición final a través de un gestor externo autorizado. No obstante, el análisis evidenció limitaciones significativas: no existía registro formalizado en hojas de cálculo ni documentación detallada que permitiera profundizar en el control cuantitativo de los residuos generados. La responsabilidad de la entrega y pesaje de los residuos recaía en otra practicante, mientras que el manejo diario estaba a cargo de la autora del estudio. Se identificó la necesidad urgente de fortalecer la gestión mediante la implementación de capacitaciones específicas para el personal, enfocadas en clasificación, riesgos asociados y procedimientos de manipulación. Asimismo, se detectó la importancia de establecer señalización adicional y contenedores claramente identificados para cada tipo de residuo, lo cual garantizaría una segregación más rigurosa y uniforme, mejorando la trazabilidad y reduciendo riesgos ambientales y de seguridad.

En cuanto al tercer objetivo, el estudio permitió identificar oportunidades de mejora orientadas a consolidar una gestión más estratégica de los recursos. Entre estas se destacan: optimizar la operación en periodos de baja producción, controlar las cargas base de consumo energético, implementar registros formales de eventos operativos y estandarizar la gestión de residuos peligrosos mediante señalización, documentación y capacitación continua. La evidencia sugiere que la eficiencia en la gestión ambiental depende de la interacción entre infraestructura, procedimientos y cultura organizacional, siendo esta última un componente transversal que impacta directamente en la sostenibilidad operativa.

En términos estratégicos, la priorización de acciones debería orientarse primero hacia la optimización térmica, por su mayor efecto en la reducción de emisiones; en segundo lugar, hacia el fortalecimiento de sistemas de detección temprana y control preventivo en el consumo hídrico; y finalmente, hacia planes de eficiencia energética estructural en el sistema eléctrico, enfocados en reducción de cargas base y modernización de equipos.

Desde una perspectiva crítica, el alcance del estudio estuvo delimitado al análisis de consumos y al manejo de RESPEL en un área específica, lo cual limita la generalización a otras zonas de la planta. Sin embargo, los hallazgos ofrecen información valiosa para la formulación de estrategias de mejora aplicables a otras áreas, fortaleciendo la eficiencia en el uso de recursos y la gestión de residuos. La integración de indicadores normalizados, seguimiento de desviaciones y fortalecimiento de la capacitación del personal constituye un aporte relevante para la toma de decisiones ambientales y la consolidación de buenas prácticas industriales.

En conclusión, la sostenibilidad industrial en la planta BIMBO no se logra únicamente mediante sistemas de medición o cumplimiento normativo, sino a través de un enfoque activo y crítico de gestión de recursos, respaldado por análisis técnico y compromiso del personal. Para el manejo de RESPEL, la principal estrategia identificada fue la implementación de capacitaciones al personal, junto con la necesidad de contenedores y señalización específicos para cada tipo de residuo, así como la formalización de registros que permitan un seguimiento más riguroso de las cantidades generadas y entregadas a disposición final. Estas acciones constituyen la base para fortalecer la cultura de sostenibilidad, garantizar la seguridad y optimizar el desempeño ambiental de la planta.

## Referencias

Agencia Internacional de la Energía. (2022). Energy efficiency 2022. International Energy Agency.

Agencia Internacional de la Energía. (2023). Water–energy nexus. International Energy Agency.

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2019). Guía para el uso eficiente y ahorro del agua en el sector industrial. Secretaría Distrital de Ambiente.

Carbon Trust. (2021). Carbon footprinting guide. Carbon Trust.

Congreso de la República de Colombia. (2005). Decreto 4741 de 2005 por el cual se reglamenta la prevención y manejo de residuos o desechos peligrosos. Diario Oficial.

Consejo Colombiano de Seguridad. (2024). Gestión eficiente y sostenible (PS-408). <https://ccs.org.co/wp-content/uploads/2024/01/Gestion-eficiente-y-sostenible-PS-408.pdf>

García, M., & Pérez, R. (2019). Indicadores de desempeño ambiental aplicados a la industria manufacturera. *Revista Producción Limpia*, 14(1), 33–45.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2019). Informe nacional de residuos o desechos peligrosos en Colombia. IDEAM.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2024). Informe nacional de generación y manejo de residuos o desechos peligrosos en Colombia 2023. <https://www.ideam.gov.co>

International Organization for Standardization. (2015). ISO 14001:2015 Environmental management systems — Requirements with guidance for use. ISO.

International Organization for Standardization. (2018a). ISO 14064-1: Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals. ISO.

International Organization for Standardization. (2018b). ISO 50001: Energy management systems — Requirements with guidance for use. ISO.

International Organization for Standardization. (2015). ISO 14001:2015 Environmental management systems — Requirements with guidance for use. <https://www.iso.org/standard/60857.html>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2018). Global warming of 1.5°C: Summary for policymakers. <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/summary-for-policy-makers/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Decreto 1076 de 2015: Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. República de Colombia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Política para la gestión integral de residuos sólidos. Gobierno de Colombia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020). Política de gestión integral del recurso hídrico. Gobierno de Colombia.

Ministerio de Minas y Energía. (2021). Guía de eficiencia energética para el sector industrial. Gobierno de Colombia.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2024). Informe de gestión ambiental 2024: Uso eficiente de energía y gestión integral de residuos. <https://www.mintic.gov.co>

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. (2020). Industrial energy efficiency and sustainable manufacturing. UNIDO.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2022). Evaluaciones del desempeño ambiental: Colombia 2022. OCDE Publishing. <https://www.oecd.org>

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2023). Perspectivas del medio ambiente mundial: Informe regional para América Latina y el Caribe. PNUMA. <https://www.unep.org>

Autor desconocido. (2000). Escenarios energéticos para Colombia [Documento PDF].

Tovar Artunduaga, M., Losada Salazar, G. M., & García, T. F. (2015). Impacto en la salud por el inadecuado manejo de los residuos peligrosos. *Ingenierías USBMed*, 6(2), 46–50. Recuperado de <https://revistas.usb.edu.co/index.php/IngUSBmed/article/view/1731/1497>