



Reducción del consumo de servicios públicos de planta La Estrella

Disminución del consumo de energía, gas y agua mediante la identificación y corrección de ineficiencias en algunas áreas o procesos actuales de la planta.

Luisa Fernanda Echavarría Pareja

Ingeniera Industrial

Modalidad de Práctica

Semestre de Industria o Práctica Empresarial

Asesor

Luis Fernando Córdoba Henao, Magíster en Antropología

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Industrial

Medellín

2025

Cita

(Echavarría Pareja, 2024)

Referencia

Echavarría Pareja, L. (2024). *Reducción del consumo energético e hídrico de planta La Estrella* [Semestre de industria]. Universidad de Antioquia, Medellín.

Estilo APA 7 (2020)



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A todas las personas que, con su generosidad y disposición, me brindaron la información, el conocimiento y el apoyo necesarios para el desarrollo de este proyecto.

Gracias por su paciencia, su tiempo y por compartir conmigo su experiencia, permitiéndome aprender y crecer tanto profesional como personalmente. Este trabajo no habría sido posible sin su colaboración y confianza.

Mi más sincero agradecimiento a cada uno de ustedes por ser parte esencial de este proceso.

Agradecimientos

Expreso mi más sincero agradecimiento a los empleados de la empresa, por su disposición y generosidad al compartir su conocimiento y ayudarme a comprender mejor los procesos que fueron clave para este trabajo. A mi asesor externo y jefe, quien no solo me orientó con profesionalismo, sino que también confió en mis capacidades, ofreciéndome el espacio para proponer y aprender. Su liderazgo y apoyo fueron fundamentales.

Por otro lado, agradezco a mi asesor interno, docente de la universidad, por su paciencia, su orientación académica, su constante motivación para llevar este proyecto al nivel esperado y por su maravillosa forma de manifestar su apoyo y empatía en mi proceso. A todos los profesores que a lo largo de mi formación me transmitieron no solo conocimientos técnicos, sino también valores humanos. Cada lección ha dejado una huella significativa en mi desarrollo personal y profesional. A la Universidad de Antioquia, por ser un espacio maravilloso de aprendizaje y crecimiento, donde he podido construir bases sólidas para mi futuro.

Y finalmente, agradezco a mi familia, por criarme con amor, enseñarme valores y apoyarme en cada paso de mi vida. Ustedes son mi mayor inspiración y la razón por la que siempre busco dar lo mejor de mí.

Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
1. Introducción	11
2. Planteamiento del problema	12
3. Objetivos	13
3.1 Objetivo general	13
3.2 Objetivos específicos.....	13
3. Marco teórico	14
4. Metodología	19
4.1 Contextualización:.....	19
4.2 Revisión de antecedentes de consumo:	21
4.3 Análisis del recurso hídrico utilizado:.....	22
4.4 Exploración de iniciativas:	22
4.5 Gestión de pérdidas de aire:	23
5. Análisis de resultados.....	24
5.1 Contextualización y mejora sistema de contadores:	24
5.2 Tendencias de consumos:.....	30
5.3 Clasificación del recurso hídrico en los subprocesos:.....	35
5.4 Implementación de iniciativas:.....	40
5.4.1 Prescendencia del evaporador de la ósmosis:.....	40
5.4.2 Apagado de quemadores y ventiladores de enfriamiento horno #1:.....	42
5.5 Corrección de fugas de aire comprimido:	44
6. Conclusiones y recomendaciones.....	47

7.Referencias	49
8.Anexos.....	50

Lista de tablas

Tabla 1- Unidades estándar	21
Tabla 2 - Contextualización contadores energía	24
Tabla 3- Contextualización contadores gas.....	25
Tabla 4 - Contextualización contadores agua	26
Tabla 5- Unidades de energía actualizadas	27
Tabla 6 - Formato contadores energía eléctrica	28
Tabla 7- Formato contadores gas	29
Tabla 8 - Formato contadores gas	30
Tabla 9 - Rangos de conductividad agua	36
Tabla 10 - Tipo de agua abastecida en los subprocesos	37
Tabla 11- Formato agua actualizado	38
Tabla 12 - kW consumidos por el evaporador	41
Tabla 13 - Ahorro económico por prescindencia evaporador	41
Tabla 14 - Ahorro económico por ventiladores enfriamiento	43
Tabla 15 - Ahorro económico por quemadores.....	44
Tabla 16 - Formato corrección fugas aire comprimido.....	46

Lista de ilustraciones

Ilustración 1 - Metodología empleada.....	19
Ilustración 2 - Diagrama Pareto consumos energía.....	31
Ilustración 3 - Diagrama Pareto consumos gas	32
Ilustración 4 - Diagrama Pareto consumos agua.....	34
Ilustración 5 - Tarjeta de fugas.....	46

Siglas, acrónimos y abreviaturas

LE	La Estrella
PTARI	Planta de Tratamiento de Agua Residual Industrial
EPM	Empresas Públicas de Medellín
kW	Kilovatio
kWh	Kilovatio hora
gWh	Gigavatio hora
mWh	Megavatio hora
m³	Metro cúbico
CI	Centro de información

Resumen

El alto consumo de servicios públicos no permite que la planta La estrella pueda reducir sus costos operativos y ser eficiente, así que con este proyecto se buscó identificar oportunidades de mejora por medio de una revisión exhaustiva de consumos con el fin de asegurar una correcta trazabilidad.

Para esto, se utilizó una metodología mixta, a través de 5 etapas que se basaron en la contextualización del sistema de medidores de servicios públicos de la planta; la identificación de subprocesos que generaran mayores consumos para así focalizar iniciativas de mejora; clasificar que tipo de agua es usada en los diferentes subprocesos, ya que la planta maneja 3 tipos de fuentes de agua: de EPM, de la PTARI y de la Ósmosis, esto con el fin de utilizar agua potable en la menor cantidad de procesos; proponer y aplicar estrategias de mejora para reducir consumos y, por último, corregir fugas de aire comprimido.

Durante el proyecto, se realizaron recorridos con personal directamente relacionado con el registro de los contadores y su posterior análisis; se construyeron diagramas de Pareto con datos históricos de consumo para identificar los subprocesos que aportaran significativamente a la problemática, se clasificó el tipo de agua abastecida en cada subproceso para contribuir a una trazabilidad correcta del uso de diferentes aguas según la necesidad; se propusieron y aplicaron estrategias para reducir consumos como dar de baja equipos no eficientes, apagar componentes del horno en planes puente de la planta y, por último, llevar a cabo un plan de corrección de fugas en colaboración con el área de mantenimiento.

Palabras clave: servicios públicos, energía, gas, agua, consumos, contadores, formatos, epm, ptari, ósmosis, subprocesos, evaporador, horno, fugas, aire comprimido.

Abstract

The high consumption of public services does not allow the La Estrella plant to reduce its operating costs and be efficient, so this project sought to identify improvement opportunities through an exhaustive review of consumption in order to ensure correct traceability.

To achieve this, a mixed methodology was employed, consisting of five stages: contextualizing the plant's utility meter system; identifying subprocesses with the highest consumption to focus improvement initiatives; classifying the types of water used in various subprocesses (since the plant relies on three water sources: EPM, PTARI, and Osmosis) to minimize the use of potable water in processes; proposing and implementing strategies to reduce consumption; and, finally, addressing compressed air leaks.

During the project, tours were carried out with personnel directly related to the registration of the meters and their subsequent analysis; Pareto diagrams were constructed with historical consumption data to identify the subprocesses that contributed significantly to the problem; the type of water supplied in each subprocess was classified to contribute to correct traceability of the use of different waters according to need; Strategies were proposed and applied to reduce consumption, such as decommissioning non-efficient equipment, turning off furnace components in plant bridge plans and, finally, carrying out a leak correction plan in collaboration with the maintenance area.

Keywords: public services, energy, gas, water, consumption, meters, formats, epm, ptari, osmosis, subprocesses, evaporator, oven, leaks, compressed air.

1. Introducción

En la industria manufacturera, el consumo eficiente de recursos como el agua, la energía eléctrica y el gas es fundamental para garantizar la sostenibilidad operativa y financiera de una planta y Corona, multinacional colombiana dedicada a la manufactura y comercialización de productos para el hogar, la construcción, la industria, la agricultura y el sector de la energía, no es una excepción de lo anterior.

La planta La Estrella, la cual es una de las plantas de manufactura de Corona (división Superficies, Materiales y Pinturas), especializada en la producción de baldosas de piso, pared, mosaicos de cerámica y vidrio, entre otros, enfrenta un desafío significativo en cuanto a la optimización de estos recursos, cuyo uso excesivo no solo incrementa los costos operativos, sino que también genera un impacto ambiental considerable. Ante esta situación, surge la necesidad de desarrollar un proyecto que permita controlar o reducir el consumo de estos recursos críticos, alineando las operaciones de la planta con prácticas más sostenibles y económicamente viables.

El proyecto propuesto tiene como objetivo principal disminuir el consumo de agua, energía eléctrica y gas, mediante la identificación de pérdidas y corrección de ineficiencias en los procesos actuales. Esta iniciativa busca no solo reducir los costos operativos asociados, sino también mejorar la competitividad de la planta.

Para abordar este desafío, el proyecto se desarrolló a través de una metodología mixta que combina análisis cualitativos y cuantitativos. Inicialmente, se realizó un diagnóstico exhaustivo de los procesos y sistemas actuales mediante la interacción directa con el personal de la planta, quienes poseen un conocimiento profundo de las operaciones diarias. Se emplearon herramientas de análisis para identificar las ineficiencias y priorizar las áreas con mayor potencial de mejora.

Además, el proyecto se desarrolló en varias fases, comenzando con la familiarización con los procesos y la recopilación de datos históricos sobre el consumo de recursos. Posteriormente, se realizarán análisis detallados para evaluar la eficacia de propuestas o estrategias. Finalmente, se

documentaron los resultados y se reforzará el conocimiento del personal para asegurar la continuidad de las prácticas implementadas.

2. Planteamiento del problema

En las industrias, como la de producción de baldosas, el elevado consumo de energía, gas y agua se debe a la naturaleza intensiva de sus procesos, que incluyen maquinaria pesada, hornos de alta temperatura y el uso de agua en múltiples etapas. Este consumo representa un desafío debido a su impacto en los costos operativos, el cumplimiento de regulaciones ambientales y la creciente escasez de recursos como el agua potable. Además, el uso de tecnologías obsoletas y prácticas ineficientes agrava el problema, afectando la competitividad y aumentando la huella ambiental. Con el tiempo, la presión económica, ambiental y social ha impulsado a las empresas a buscar soluciones más sostenibles para optimizar estos recursos y garantizar la viabilidad operativa y financiera.

En la planta La Estrella, la inadecuada trazabilidad en los consumos de agua, energía eléctrica y gas ha derivado en un gasto operativo elevado, dificultando la identificación de posibles ineficiencias en los procesos. Este problema no solo incrementa de manera significativa los costos asociados, como lo reflejan los pagos realizados en lo que va del año 2024 (cierre al mes de octubre): En energía eléctrica \$1.032.152.234, en gas \$2.194.786.720 y en agua potable \$47.254.165, sino que también impide implementar estrategias de reducción basadas en datos precisos.

Un aspecto crítico de esta problemática es la incompatibilidad entre los consumos facturados por Empresas Públicas de Medellín (EPM) y los consumos internos registrados por los contadores de la planta. Esta discrepancia puede estar relacionada con varios factores, como la falta de control en algunos subprocesos o áreas, un sistema de medición inadecuado, posibles fugas que no son fácilmente detectadas o la falta de claridad sobre los criterios que se utilizan para calcular

los cobros. La falta de alineación no solo genera incertidumbre en la gestión de los recursos, sino que también dificulta la identificación de oportunidades.

La ausencia de un sistema eficiente de control afecta la gestión operativa, limita la competitividad económica de la empresa e incrementa el impacto ambiental debido al uso desmedido de recursos tan importantes.

3. Objetivos

A continuación, se presentan los objetivos que orientan este proyecto, comenzando con el objetivo general que define su propósito principal.

3.1 Objetivo general

Identificar oportunidades de mejora mediante la revisión exhaustiva del consumo de servicios públicos (energía eléctrica, gas y agua) en planta La Estrella, de la empresa Corona, con el fin de asegurar una correcta trazabilidad y disminución de pérdidas de recursos en los diferentes subprocesos o áreas.

3.2 Objetivos específicos

Para el logro del objetivo general fue necesario implementar cada uno de los siguientes objetivos

1. Conocer el sistema actual de contadores de energía, gas y agua de la planta a través de recorridos con los electricistas, controladores y encargados de mantenimiento para familiarizarse con el principal medio de control de estos servicios.

2. Identificar las áreas de mayor consumo de energía, gas y agua a través del análisis de datos históricos para focalizar estrategias de reconocimiento de posibles pérdidas y/o disminución del consumo de servicios públicos.
3. Reconocer qué tipo de agua es utilizada en las diferentes áreas o subprocesos de la planta mediante la utilización de conductímetros para el correcto seguimiento del consumo de agua EPM que es la que genera mayores costos.
4. Disminuir las horas de funcionamiento innecesario de equipos o dispositivos de la planta mediante el análisis de su uso para programar suspensiones, mitigar las consecuencias negativas y racionalizar el consumo de energía y gas.
5. Disminuir el consumo de aire comprimido mediante la corrección de fugas de dicho recurso en diferentes componentes y/o máquinas de la planta para generar un ahorro eléctrico derivado del funcionamiento de los compresores de aire.

3. Marco teórico

El consumo excesivo de recursos como el agua, medida en metros cúbicos (m³), la energía eléctrica, medida en kilovatios hora (kWh) y el gas, medido en metros cúbicos (m³) en La Estrella (planta de producción de revestimientos de Corona) no solo representa un desafío económico significativo, sino que también tiene un impacto ambiental considerable. En el contexto actual, donde la sostenibilidad y la eficiencia operativa son prioridades globales, el uso desmedido de estos recursos puede incrementar costos operativos, reducir la competitividad y contribuir negativamente a cambios ambientales. El agua, al ser un recurso cada vez más escaso, y la energía, con su implicación directa en la emisión de gases de efecto invernadero, demandan una gestión eficiente para minimizar desperdicios, optimizar procesos y reducir la huella ambiental de la planta. La dependencia de gas para procesos como el uso de hornos industriales, si no se gestiona adecuadamente, puede resultar en un consumo innecesario que encarece la producción. Por lo tanto,

abordar este problema se vuelve crucial para garantizar la viabilidad a largo plazo de las operaciones industriales y su alineación con las exigencias de un mundo cada vez más consciente de la importancia del uso responsable de los recursos.

La disponibilidad de agua de calidad es fundamental para una amplia gama de productos y servicios. Sin embargo, por la creciente demanda y el impacto ambiental asociado, este recurso está disminuyendo respecto al aumento de la población mundial. Según el Grupo Banco Mundial, las tasas de crecimiento económico de algunas regiones podrían disminuir hasta un 6% del PIB para el año 2050, debido a pérdidas relacionadas con el agua en sectores clave como la agricultura, la salud, los negocios y la vivienda. (Familia Institucional TORK, s.f.)

Para contrarrestar el excesivo consumo de agua potable dentro de la planta La Estrella, esta implementa la PTARI y la ósmosis para sus procesos productivos:

PTAR son las iniciales de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. Se refiere a un espacio físico, equipado y destinado para la realización de procesos químicos, físicos y biológicos que eliminan los contaminantes presentes en el agua residual. Las aguas residuales industriales, que resultan de procesos en las industrias, por ejemplo, la minería, hospitales, fábricas de todo tipo, etc. Generalmente este tipo de residuales contienen los contaminantes más peligrosos. Por lo que deben ser tratados de manera especial para cumplir con las normas de descarga o bien, poder reutilizarse en los mismos procesos. (GC Tratamiento, 2023)

Por otro lado, la tecnología de Ósmosis Inversa es un eficaz sistema de purificación industrial que consigue agua potable apta para el consumo humano, a partir, por ejemplo, de agua de mar o de aguas duras no aptas para su consumo, así como agua para proceso y agua para reutilización procedente de aguas residuales.

Este versátil y sofisticado sistema de filtración es uno de los más utilizados en el tratamiento del agua industrial, al cumplir las exigentes normativas sanitarias con objeto de garantizar la calidad, pureza y salubridad del agua de proceso mediante la eliminación

selectiva de partículas, microorganismos, cloro, plomo, fluoruros, impurezas y otros elementos contaminantes nocivos. Como también elimina las sales minerales de naturaleza saludable, el propio sistema incorpora diferentes etapas de dosificación para ajuste de pH, así como válvulas de regulación para ajustar el contenido en sales. (Sefiltra, s.f)

El consumo de energía eléctrica en las industrias es un aspecto crítico para el funcionamiento de cualquier planta de producción, ya que la electricidad es fundamental para operar maquinaria, sistemas de iluminación, calefacción, ventilación y aire acondicionado, entre otros procesos. Sin embargo, la alta demanda de electricidad puede generar costos significativos que representan una parte importante de los gastos operativos totales de la industria.

Según ABB (2024) la industria consume cerca del 40% de la electricidad, de la cual dos terceras partes son utilizadas por motores eléctricos y como si esto fuera poco, el consumo aumentó un 260% durante los últimos 30 años, lo que significa que dicho consumo se triplicó.

Además, el consumo de electricidad tiene implicaciones ambientales, especialmente si la energía proviene de fuentes no renovables. Esto contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero y al agotamiento de los recursos naturales. Por esta razón, muchas industrias están adoptando medidas para mejorar la eficiencia energética, como la implementación de tecnologías más eficientes, la automatización de procesos y el uso de energías renovables, con el objetivo de reducir tanto los costos operativos como el impacto ambiental.

Por otro lado, el gas natural es una fuente de energía ampliamente utilizada debido a su alta eficiencia energética y su menor emisión de contaminantes. En procesos que dependen de hornos industriales como lo es la producción de baldosas cerámicas, el gas es un insumo crítico y su uso excesivo o ineficiente puede resultar en un aumento considerable de los costos operativos. La optimización de su consumo es fundamental y, para lograrlo, muchas industrias están invirtiendo en tecnologías avanzadas, como sistemas de control de combustión, mantenimiento preventivo y la actualización de equipos. Además, la implementación de prácticas de eficiencia energética puede reducir significativamente el uso, contribuyendo a una operación más sostenible y económica.

Reducir el consumo de agua, energía eléctrica y gas en la empresa es fundamental no solo para disminuir los costos operativos, sino también para mejorar la competitividad y sostenibilidad de la organización a largo plazo. Al adoptar prácticas más sostenibles, la empresa no solo se alinea con las tendencias globales hacia la responsabilidad ambiental, sino que también fortalece su reputación y posicionamiento en el mercado, preparándose para un futuro en el que la eficiencia y la sostenibilidad serán claves para el éxito empresarial.

Para realizar los análisis necesarios en estos 3 servicios públicos en planta La Estrella, se utilizaron instrumentos y herramientas que se convierten en conceptos necesarios de entender en el trabajo, ya que fueron utilizados en actividades clave como: la medición del voltaje y el reconocimiento de quemadores y ventiladores de enfriamiento del horno para el tema de energía eléctrica; la verificación de la conductividad para el tema del agua o el entendimiento del contrato Take or pay en cuestiones de gas.

-Take or pay: Los contratos take or pay, también conocidos como ‘de compra garantizada’, son muy utilizados en el sector energético, especialmente en el suministro de gas natural. Las obligaciones contractuales de este tipo de contratos hacen que se pague por un porcentaje contratado independientemente de que se consuma o no en el periodo indicado. Así, el proveedor se compromete a garantizar ese suministro mensualmente y el cliente a pagar por el volumen total entregado y no por el consumido. (Estrategias de inversión, s.f)

Homologación de lenguaje o glosario

Es menester dar a conocer algunos conceptos que también serán relevantes durante el desarrollo del proyecto, los cuales son utilizados y explicados por los colaboradores de la planta. Se tiene que:

-Ventiladores de enfriamiento: Su función principal es controlar el descenso de la temperatura de las baldosas después de la cocción para garantizar su calidad e integridad estructural previniendo

choques térmicos que podrían generar grietas o deformaciones. Además, aceleran el enfriamiento lo suficiente para que las baldosas puedan ser manipuladas en los siguientes procesos.

-Quemadores del horno: Son dispositivos que generan el calor necesario para alcanzar y mantener las temperaturas requeridas en procesos térmicos, en este caso la cocción de baldosas cerámicas y/o vidrios. Funcionan quemando gas natural en presencia de aire para producir una llama y transferir energía térmica al interior del horno.

-Pinza voltiamperimétrica: Es un instrumento de medición utilizado para medir corrientes (amperios), voltajes (voltios) y, en algunos modelos, otras variables como la resistencia y la potencia sin necesidad de interrumpir el circuito. Esta herramienta es especialmente útil en instalaciones eléctricas y equipos industriales donde se necesita medir corriente en conductores sin desconectarlos.

La principal ventaja de la pinza voltiamperimétrica es su diseño en forma de pinza que permite sujetarse alrededor de un conductor para medir la corriente que fluye a través de él, aprovechando el campo magnético generado por el flujo de corriente.

-Aire comprimido: Es aire succionado del ambiente que ha sido presionado por una máquina llamada compresor, la cual lo aprieta y lo almacena en un espacio limitado para aumentar su presión. El objetivo principal del compresor es transformar la energía del aire en una fuente de energía que puede usarse para mover herramientas, máquinas o realizar tareas.

-Conductividad: La conductividad del agua es una medida de su capacidad para conducir electricidad, lo cual depende principalmente de la cantidad de sales y minerales disueltos en ella. Cuando el agua contiene iones, estos actúan como portadores de carga eléctrica, aumentando la conductividad.

En la industria, monitorear la conductividad del agua es esencial, especialmente en procesos de tratamiento de agua y en sistemas de enfriamiento, donde una alta conductividad puede indicar impurezas que podrían dañar equipos o afectar la calidad del producto.

-Conductímetro: Un conductímetro es un dispositivo utilizado para medir la conductividad eléctrica en una sustancia. Este dispositivo utiliza un par de electrodos sumergidos en la solución a medir, aplicando una corriente y, al aplicarla, los iones presentes en la solución se mueven creando un flujo de carga que el conductímetro detecta y mide.

4. Metodología

La metodología empleada en el proyecto se basó en un enfoque mixto, es decir, combinó análisis tanto cualitativos como cuantitativos, ya que esto aumenta las dimensiones de la investigación y ofrece un entendimiento más amplio e integral al ahondar en aspectos que no son solo explicados cuantitativamente. De forma cualitativa, esta metodología se centró en aprovechar el conocimiento y la experiencia de quienes trabajan diariamente con los sistemas de energía, gas y agua, garantizando que las soluciones propuestas sean tanto prácticas como efectivas.



Ilustración 1 - Metodología empleada

4.1 Contextualización: La primera etapa en la metodología fue la familiarización con los procesos y sistemas relacionados con el consumo de servicios públicos, con el objetivo de comprender cómo se gestionan y monitorean los contadores de electricidad, gas y agua dentro de la planta. Este proceso de integración y aprendizaje fue facilitado por una serie de encuentros y recorridos guiados

por el personal encargado de la planta. Dichos recorridos fueron esenciales para conocer los contadores y entender cómo se registran y se gestionan los consumos, lo cual es crucial para la implementación de mejoras en la eficiencia de los recursos.

Durante las visitas, los miembros del personal encargado proporcionaron una amplia contextualización sobre los servicios:

-Electricistas: El equipo de electricistas es responsable de revisar y monitorear los sistemas de control eléctrico de la planta. Ellos diagnostican posibles fallas y solucionan averías, lo que les permite mantener en funcionamiento los sistemas eléctricos. A su vez, el sistema de contadores eléctricos es manejado por este equipo, quienes registran los consumos y proporcionan datos para la medición de la energía utilizada. Los eléctricos no solo aseguran el funcionamiento de los sistemas, sino que también tienen un conocimiento profundo de cómo se distribuye la energía en la planta.

-Controladores (horneros): El personal encargado de la supervisión de los hornos juega un papel importante en la gestión del consumo de gas dentro de la planta. Estos colaboradores se encargan de supervisar el funcionamiento general de los hornos, entre sus tareas ajustar los quemadores y ventiladores para optimizar la combustión garantizando que los hornos operen de manera eficiente. Ellos toman las lecturas de los contadores de gas, pero no poseen un enfoque sobre las tendencias de consumo en los diferentes procesos o áreas de la planta, lo que provoca que no estén en la capacidad de identificar posibles ineficiencias u oportunidades de ahorro en el consumo de este recurso.

-Personal relacionado: Además de los electricistas y hornos, existen otros colaboradores que, aunque no están directamente involucrados en la medición de servicios públicos, tienen un conocimiento importante sobre su gestión. Por ejemplo, el personal de mantenimiento, encargado del cuidado de los equipos que consumen estos recursos y del correcto funcionamiento de los contadores y los analistas del centro de información, quienes procesan los datos recolectados y generan reportes. También se encuentran los encargados del tratamiento del agua, que monitorean este recurso y gestionan su uso dentro de los procesos productivos. La participación de este

personal fue fundamental para obtener una visión global de cómo los diferentes servicios públicos son gestionados y medidos en la planta.

Duración: Esta etapa tuvo una duración de aproximadamente 4 semanas.

4.2 Revisión de antecedentes de consumo: La segunda etapa de la metodología se centró en una revisión de los datos históricos de consumo de energía, gas y agua proporcionados por el centro de información (CI) con el objetivo de obtener una visión precisa del uso de estos recursos en la planta. Para ello, se requirió que los datos incluyeran no solo los consumos diarios, lo que permitiría una consolidación más exacta de la información, sino también que estuvieran desglosados por áreas específicas o subprocesos de la planta. Este desglose era esencial para identificar patrones de consumo y posibles ineficiencias en sectores particulares de la planta. Además, se prestó especial atención a la estandarización de las unidades de medida utilizadas en los contadores de estos servicios, de manera que todas las mediciones y comparaciones pudieran realizarse en las unidades correctas. Este proceso de estandarización fue crucial para garantizar la consistencia y precisión de los totales, permitiendo que las comparaciones entre diferentes períodos o áreas fueran válidas y significativas.

Unidades estándar	
Servicio	Unidad
Energía	kWh
Gas	m ³
Agua	m ³

Tabla 1- Unidades estándar

Con base en la información recolectada y debidamente organizada, se utilizaron herramientas gráficas que ayudaron a visualizar de manera clara y sencilla las áreas de mayores consumos para así, focalizar intereses y estrategias.

Duración: Esta etapa tuvo una duración de aproximadamente 4 semanas.

4.3 Análisis del recurso hídrico utilizado: La tercera etapa consistió en la evaluación de los tipos de agua utilizados en los diferentes subprocesos de la planta, considerando que esta no solo emplea agua proveniente de EPM, sino también de la PTARI y de la Ósmosis. Dada esta diversidad, fue necesario identificar con precisión el tipo de agua empleado en cada subproceso, ya que el uso indebido de agua de EPM en lugar de alternativas más económicas podría estar generando desbalances en los consumos registrados y aumentando innecesariamente los costos operativos.

Para lograr esta identificación, se llevó a cabo un análisis de la conductividad del agua en todos los subprocesos, utilizando un conductómetro, dispositivo capaz de medir la conductividad eléctrica del agua y determinar su contenido de sales. La recopilación de estos datos se realizó en colaboración con el personal encargado de las lecturas de los contadores de agua.

Además de identificar el tipo de agua utilizada, se analizaron y discutieron estrategias para reducir el consumo de agua de EPM al ser la más costosa, así que la optimización del uso de agua de la PTARI y de la Ósmosis en procesos donde no se requiera agua de alta calidad siempre es la mejor apuesta e iniciativa de la planta.

Duración: Esta etapa tuvo una duración de aproximadamente 3 semanas.

4.4 Exploración de iniciativas: Para la cuarta etapa de la metodología se tuvo que, al identificarse y analizarse las áreas con los mayores consumos de energía y gas, se llevó a cabo una serie de sesiones de lluvias de ideas (brainstorming) con los colaboradores directamente involucrados, incluyendo operarios, técnicos y expertos. El objetivo de estas sesiones fue generar un conjunto de propuestas innovadoras que se pudieran abordar de manera efectiva en las máquinas y procesos responsables de los mayores consumos detectados. A través de la colaboración y el apoyo, se buscó identificar soluciones prácticas que no solo optimizaran el uso de los recursos en cuestión, sino que también consideraran iniciativas más amplias que pudieran tener un impacto positivo en la reducción de costos y en la mejora general de la eficiencia de la planta. Esta aproximación no solo se centró en los problemas inmediatos, sino que también buscó estrategias de optimización a largo plazo que favorecieran tanto la sostenibilidad económica como la eficiencia operativa.

Duración: Esta etapa tuvo una duración de aproximadamente 6 semanas.

Por último, se promovió una cultura de responsabilidad en el uso de los recursos (energía, gas y agua) alineando a todos los colaboradores con las nuevas prácticas y procedimientos implementados para reducir el consumo para generar conciencia sobre el impacto del uso ineficiente de los recursos.

Se utilizó un enfoque educativo y motivador, resaltando los beneficios de estas acciones para la planta y el medio ambiente con mensajes claros y específicos que explicaran las nuevas prácticas. Con esto se esperó lograr mayor compromiso de los colaboradores con las estrategias de la planta construyendo una cultura organizacional y una reducción tangible en el consumo de recursos gracias al cumplimiento de las prácticas establecidas.

4.5 Gestión de pérdidas de aire: La última etapa de la metodología consistió en la identificación de posibles fugas en el sistema de aire comprimido, un problema común que puede incrementar significativamente los costos energéticos y reducir la eficiencia operativa. Para realizar esta tarea, fue necesario coordinar previamente con el personal de mantenimiento, compuesto por electricistas y mecánicos, quienes asumirían esta labor como parte de sus responsabilidades.

Para garantizar que la actividad se desarrollara de manera eficiente y sin afectar las operaciones regulares, se acordó con el equipo de mantenimiento que la identificación de fugas se llevaría a cabo cuando el personal tuviera disponibilidad, ya que su prioridad debía seguir siendo las tareas principales de sus turnos.

Duración: Esta etapa tuvo una duración de aproximadamente 3 semanas.

5. Análisis de resultados

De acuerdo con los objetivos específicos planteados en este proyecto y la metodología establecida para desarrollarlo, se presentan los siguientes resultados:

5.1 Contextualización y mejora sistema de contadores: Para llevar a cabo una contextualización del sistema de contadores, con los empleados encargados de recolectar las lecturas de dichos contadores (de energía, gas y agua) se hicieron recorridos en planta para conocer la cantidad de medidores instalados por servicio y la ubicación en la que se encontraban.

El electricista asignado de los medidores de energía hizo el recorrido de los que a este servicio público correspondieran, además dio a conocer el formato en el que son registrados los valores. En la siguiente tabla puede observarse los nombres de los contadores tal cual como aparecían en el formato físico que usa el electricista, su unidad y a cuál subproceso hacen referencia.

CONTADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA			
CANTIDAD	CONTADOR	UNIDAD	SUBPROCESO
1	Energía Sedas	kWh	Pantallas
2	Energía Alumbrado	kWh	Planta Diesel
3	Energía Edificio	kWh	Edificio administrativo
4	Energía Prensas	mWh	Prensas
5	Energía Línea 1	kWh	Línea 1
6	Energía Línea 2	kWh	Línea 2
7	Energía Línea 3	kWh	Línea 3
8	Energía Línea 4	kWh	Línea 4
9	Energía Línea 5	kWh	Línea 5
10	Energía Horno 2	kWh	Horno 2
11	Energía Horno 3	kWh	Horno 3
12	Energía Horno 1	kWh	Horno 1
13	Energía Corte	kWh	Corte
14	Energía Recuperadores De Polvo	kWh	Recuperadores de polvo

Tabla 2 - Contextualización contadores energía

Los medidores de energía se toman cada 24 horas al iniciar el turno 1 de la planta, es decir, a las 6:00am.

Los horneros, mejor conocidos en planta LE como controladores, por lo cual será el término utilizado, son los encargados de realizar la lectura de los contadores de gas, los cuales son registrados en un formato físico, esta lectura también se lleva a cabo cada 24 horas. Sin embargo, esta se hace en el turno 3 de la planta (10:00pm – 6:00am) a las 12:00am, por lo cual, no hay solo un asignado, sino que lo hace quien se encuentre en dicho turno. A continuación, se muestra la tabla en donde se registró la información obtenida del recorrido hecho por el controlador para conocer los contadores y su ubicación. Al igual que en el caso anterior, los nombres encontrados en el ítem “Contador” hacen referencia a los nombres del formato utilizado.

CONTADORES DE GAS			
CANTIDAD	CONTADOR	UNIDAD	SUBPROCESO
1	Mecanico	m ³	Contador total
2	Corrector Planta	m ³	Contador corrector
3	Cont Gas Horno #3	m ³	Horno 3
4	Cont Gas Sec #1 Listellos	m ³	Secador 1 de listellos
5	Cont Gas Sec #2 Listellos	m ³	Secador 2 de listellos
6	Cont Gas Sec Prensa 1	m ³	Prensa 1
7	Cont Gas Sec Prensa 2	m ³	Prensa 2
8	Contador Portabandejas	m ³	Secador portabandejas
9	Cont Gas Horno 1	m ³	Horno 1
10	Cont Gas Horno 2	m ³	Horno 2
11	Cont Gas Cafeteria	m ³	Cafetería
12	Cant Gas Linea 4	m ³	Línea 4
13	Cont Gas Ensamble	m ³	Ensamble fichos

Tabla 3- Contextualización contadores gas

Por último, el registro de los contadores de agua es realizado por un empleado asignado del área de mantenimiento que lo hace, de igual modo, cada 24 horas al inicio del turno 1 (6:00am). En el recorrido en donde se dio la contextualización de los contadores de agua, se conoció la cantidad, la ubicación y el formato físico en donde se registran los valores. En la siguiente tabla,

puede verse dicha información. De la misma manera, el ítem “Contador” hace referencia a los nombres que se tienen en el formato.

CONTADORES DE AGUA			
CANTIDAD	CONTADOR	UNIDAD	SUBPROCESO
1	Cont Eepp	m ³	Contador total en portería norte
2	Cont P Diesel	m ³	Suministros y baños de planta
3	Cont Arm Sedas	m ³	Pantallas
4	Cont L Eepp	m ³	Líneas 1, 2, 3
5	Cont Tanque Le	m ³	Tanque de reserva
6	Cont Edif	m ³	Edificio administrativo
7	Cont Cafet	m ³	Cafetería
8	Cont Portería	m ³	Portería sur
9	Cont Taller	m ³	Mantenimiento, serigrafía, laboratorio
10	Cont Corte	m ³	Corte
11	Cont Agua Lluvia Corte	m ³	Ajuste EPM a corte
12	Línea 4 Agua Tratada	m ³	Línea 4
13	Esmaltes	m ³	Tanques de esmalte
14	T Alm Agua Tratada	m ³	Ajuste EPM tanque de almacenamiento ósmosis
15	Taller Montajes	m ³	Contador total en taller de montajes
16	Tanque Agua Tratada	m ³	Tanque de agua tratada PTARI
17	Consumo Epm Ptari	m ³	Ajuste EPM PTARI
18	Consumo Epm Osmosis	m ³	Tanque de almacenamiento ósmosis

Tabla 4 - Contextualización contadores agua

Al finalizar cada mes, un empleado asignado del centro de información, que es la oficina donde se registra, controla, analiza y guarda información operacional de la planta, digitalizaba los valores de los formatos físicos en una base de datos, tanto de energía como de gas y agua para construir y enviar informes ambientales mensuales.

Ahora bien, gracias a la contextualización brindada por los colaboradores relacionados directamente con el registro de medidores, se decidió comenzar por modificar los formatos físicos que ellos utilizaban, ya que estos estaban desactualizados, tenían datos erróneos y sus nombres no eran claros ni fáciles de entender para personas que tuvieran que realizar esta actividad por cuestiones de “reemplazo” en algún momento.

En el caso de la energía eléctrica, para modificar su formato, fue necesario revisar las unidades de medida correspondientes, ya que como se indica en la tabla #1, cada contador tiene su unidad. La unidad estándar del consumo de energía eléctrica es el kilovatio/hora (kWh), pero algunos de los contadores, por altos consumos, registran los datos en otras unidades como pueden serlo megavatios/ hora (MWh) o gigavatios/hora (GWh). Además, una unidad correcta es necesaria para el análisis posterior de datos que se lleva a cabo en el centro de información, buscando uniformidad y estandarización en los consumos.

CONTADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA	
CONTADOR	UNIDAD ACTUALIZADA
Energía Sedas	kWh
Energía Alumbrado	kWh
Energía Edificio	kWh
Energía Prensas	MWh
Energía Línea 1	GWh
Energía Línea 2	GWh
Energía Línea 3	MWh
Energía Línea 4	MWh
Energía Línea 5	MWh
Energía Horno 2	kWh
Energía Horno 3	MWh
Energía Horno 1	kWh
Energía Corte	MWh
Energía Recuperadores De Polvo	kWh

Tabla 5- Unidades de energía actualizadas

Después de haber actualizado correctamente las unidades de los medidores para que el electricista tenga en cuenta qué consumo se está presentando y para que en el CI pueda realizarse un análisis homogeneizado, se procedió a actualizarse el formato físico. Además, la colocación de nombres en dicho formato se organizó de tal manera que siga el mismo orden que el electricista tiene para hacer el registro de datos cada día, con el fin de que sea más rápido y sencillo dicho registro. A continuación, el formato actualizado de contadores de energía:

OCTUBRE 2024		CONTADORES DE ENERGÍA PLANTA LA ESTRELLA						ColCerámica <i>Organización</i> Corona						
UND	KWH	KWH	KWH	MWH	MWH	GWH	GWH	KWH	MWH	MWH	MWH	KWH	KWH	MWH
DIA	SEDAS	ALUMBRADO (PL DIESEL)	EDIFICIO Y CAFETERÍA	LINEA 5	LINEA 3	LINEA 2	LINEA 1	RECUPERADORES DE POLVO	PRENSAS	CORTE	HORNO 3	HORNO 2	HORNO 1	LINEA 4
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														

Tabla 6 - Formato contadores energía eléctrica

En el caso del gas, solo fueron actualizados los nombres de los contadores y su colocación también se hizo de acuerdo con el orden que utilizan los controladores para hacer el registro de una manera eficiente. El formato puede verse en la siguiente imagen:

OCTUBRE 2024		CONTADORES DE GAS PLANTA LA ESTRELLA											ColCerámica Organización Corona	
UND														
M3														
DIA	HORNO 1	CAFETERÍA	CONTADOR MECÁNICO	CORRECTOR PLANTA	LÍNEA 4	HORNO 2	PORTABANDEJAS	SECADERO 1 LISTELLOS	SECADERO 2 LISTELLOS	BULLNOSE	SECADERO PRENSA L1	SECADERO PRENSA L2	HORNO 3	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														

Tabla 7- Formato contadores gas

Para finalizar, en el caso del agua, al formato de este servicio se le modificaron los nombres y se le agregó una numeración, para que cada medidor cuente con un número y pueda relacionarse fácilmente con un control visual que, posteriormente, va a colocarse en cada contador del sistema de agua y así el proceso sea más sencillo.

Además de esto, se agregaron al formato contadores que no estaban siendo registrados por el encargado del área de mantenimiento, es decir que, aunque el contador esté instalado, no se está tomando registro de su consumo. Los medidores agregados son uno del subproceso de aspersión de agua en el patio norte de la planta y el otro de un ajuste de agua tratada que se le hace al área de corte.

A continuación, puede observarse el formato:

OCTUBRE 2024		CONTADORES DE AGUA PLANTA LA ESTRELLA										ColCerámica S.A. Organización Corona								
UND	M ³																			
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	CONTADOR TOTAL (PORTERÍA NORTE)	SUMINISTROS Y BAÑOS DE PLANTA	PANTALLAS	L1, L2, L3	TANQUE DE RESERVA CORTE	EDIFICIO ADMINISTRATIVO	CAFETERÍA	PORTERÍA SUR	MANTEN. SERVO. LABORAT.	CORTE	AJUSTE A CORTE	L4 AG TRATADA	TANQUES DE ESMALTES	AJUSTE TANQUE ALM.	CONTADOR TOTAL EPW (MONTAJES)	TANQUE AGUA TRATADA (PTARI)	PTARI	TANQUE ALM. OSMOSIS	ASPERSIÓN	AJUSTE A CORTE
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
26																				
27																				
28																				
29																				
30																				
31																				

Tabla 8 - Formato contadores gas

5.2 Tendencias de consumos: Ahora bien, para conocer las tendencias de los consumos de los servicios analizados (energía, gas y agua) y poder focalizar estrategias, se construyeron diagramas de Pareto (herramienta que permite clasificar gráficamente la información de mayor a menor relevancia con el objetivo de reconocer problemas) con datos históricos de consumo suministrados por CI.

En el caso de la energía eléctrica, el pareto se construyó tomando datos diarios de los meses julio, agosto, septiembre y octubre del 2024 para obtener promedios mensuales. A continuación, se presenta el diagrama:

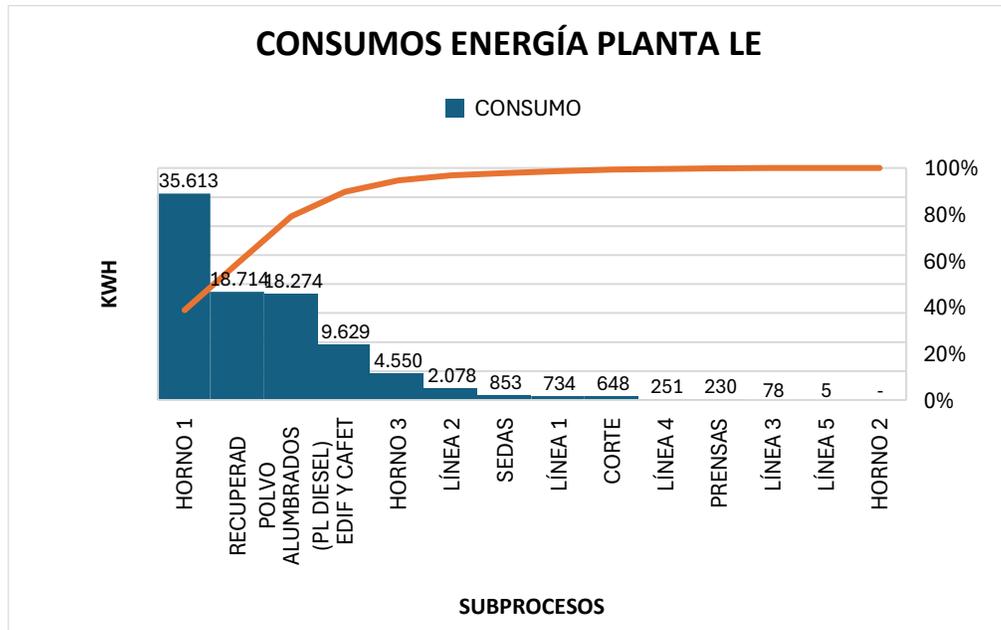


Ilustración 2 - Diagrama Pareto consumos energía

De acuerdo con lo anterior y dando mayor importancia a los subprocesos que generan el 80% de las consecuencias, puede observarse que el subproceso que más consumo de energía tiene es el horno 1 de la planta, esto se debe a que la cocción de baldosas requiere sistemas de control de temperatura que incluyen motores eléctricos, sensores, ventiladores de enfriamiento, controladores y resistencias que consumen energía de manera significativa y más por ser un horno de gran tamaño. Por otro lado, este horno opera de manera continua para mantener la estabilidad térmica, ya que apagarlo y prenderlo además de no ser eficiente por las temperaturas que se requieren para la cocción, puede causar graves problemas de funcionamiento.

En segundo lugar, se encuentran los recuperadores de polvo, su gran consumo se debe a que utilizan ventiladores o sopladores de gran capacidad para generar la succión necesaria para captar y transportar el polvo generado durante la manipulación de la pasta de las baldosas. Mantener un flujo constante a través de los conductos requiere motores eléctricos de alta potencia que deben trabajar más cuando el polvo se vuelve fino, pesado y abrasivo. Además, estos funcionan

con sistemas de filtrado que separan las partículas sólidas del flujo de aire y al crearse una resistencia con el aire, se obliga a los motores a trabajar más para mantener la succión adecuada.

En tercer lugar, está la planta diesel, en planta LE el alumbrado es extenso para garantizar un ambiente de trabajo seguro y bien iluminado en todas las áreas, esto incluye áreas de producción, almacenamiento y exteriores. Además, se trabajan múltiples turnos (24 horas), el alumbrado está encendido durante largos periodos, aumentando el consumo acumulado y, por último, el contador también incluye el consumo de otros sistemas auxiliares conectados al circuito de alumbrado como lo es la iluminación de emergencia (planta diesel).

Para el caso del gas, el pareto también se construyó tomando datos diarios de los meses julio, agosto, septiembre y octubre del 2024 para obtener promedios mensuales. Esto puede verse en la siguiente imagen:

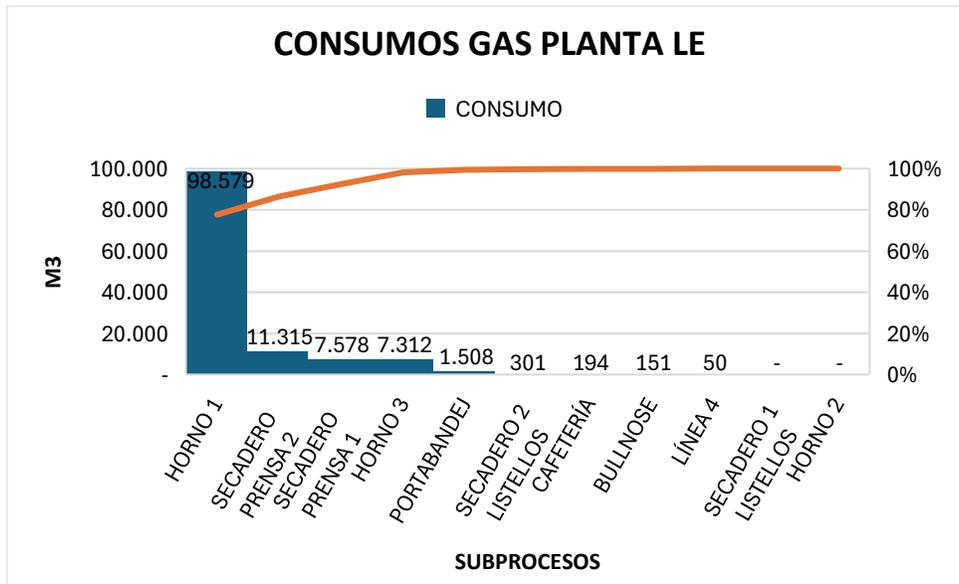


Ilustración 3 - Diagrama Pareto consumos gas

Conforme a lo anterior y dando mayor importancia a los subprocesos que generan el 80% de las consecuencias, puede observarse que el único subproceso que genera importantes problemáticas de consumo en la planta es el horno 1, lo cual se debe a que a que el proceso de

cocción requiere alcanzar temperaturas extremadamente altas, generalmente entre 1100 °C y 1200°C, así que el gas se utiliza como fuente principal para generar el calor necesario con los quemadores de manera rápida y a la vez sostenida cuando es necesario. Además, las baldosas se quedan dentro del horno un tiempo considerable, estos periodos prolongados requieren un suministro exigente de gas. Por otro lado, aunque el horno tenga componentes refractarios y aislantes, siempre hay pérdida de calor a través de paredes, puertas, chimeneas, y sistemas de ventilación, lo que genera mayor consumo para compensar y mantener temperaturas. Por último, el horno funciona de manera continua para evitar pérdidas de energía y/o calor que dificulten alcanzar la condición perfecta para la cocción o que se presenten averías, así que el funcionamiento constante es una razón importante de alto consumo.

Aunque los secaderos de las prensas de producción no generen un significativo consumo de gas como lo hace el horno 1, presentan un alto consumo, lo que se debe a que después del prensado, las baldosas contienen un porcentaje de agua, así que el secado implica evaporar dicha agua, lo que requiere una cantidad considerable de energía térmica, es decir, de gas. Además, para acelerar el proceso, las temperaturas oscilan entre 100 °C y 200 °C y, aunque los secaderos estén aislados, siempre hay pérdida de calor a través de paredes, puertas y/o conductos, lo que aumenta el consumo de este servicio.

Para el agua, el pareto se construyó de manera similar a los otros servicios (energía y gas). Sin embargo, los consumos diarios utilizados fueron de los meses abril, mayo, junio y julio y solo se tuvieron en cuenta los subprocesos que utilizaran agua de EPM, ya que es el tipo de agua que a la empresa le genera mayores costos operativos, además, el agua tratada es recirculante. A continuación, puede observarse el diagrama:

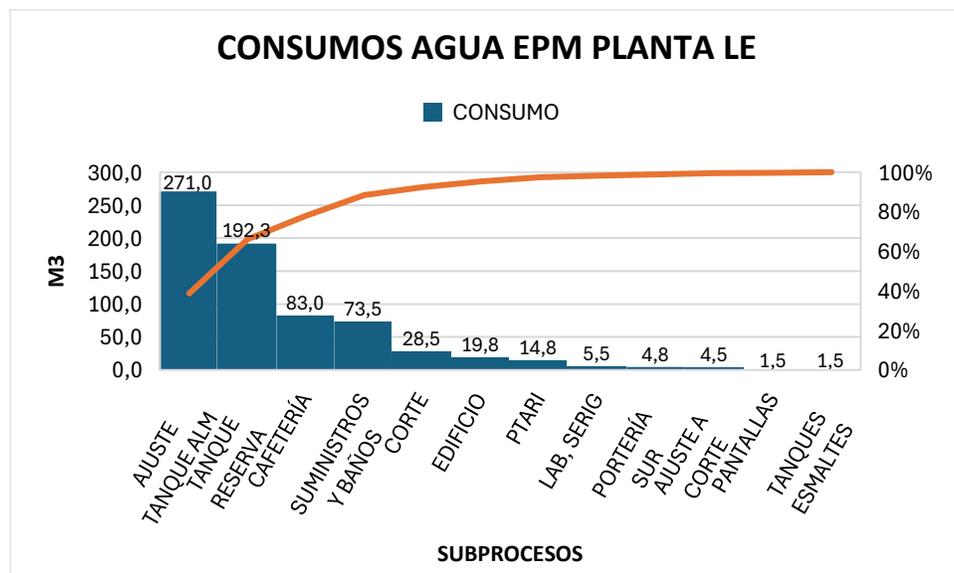


Ilustración 4 - Diagrama Pareto consumos agua

Según lo anterior, puede observarse que el consumo más significativo de agua EPM en la planta se debe a dos subprocesos. Por un lado, está el ajuste de agua EPM al tanque de almacenamiento, este consumo se debe a que el tanque normalmente almacena agua tratada proveniente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales (PTARI), EL cual suministra agua a las líneas de producción que, además de permanecer en funcionamiento, están equipadas con máquinas Airless (equipos que pulverizan el agua a alta presión y que se utilizan para aplicaciones específicas donde se requiere una distribución uniforme) y con mangueras para lavar los sistemas de las líneas constantemente. Así que el ajuste de EPM se utiliza para cuando la cantidad de agua tratada está disminuyendo, pero sobre todo para reducir la conductividad (nivel de sales) que maneja dicha agua, ya que, al ser tratada, contiene sales/minerales y es sometida a productos químicos para ser un poco más pura; la razón por la que se busca reducir dicha conductividad es para que los sistemas no vayan a corroerse o los procesos de las líneas de producción no se afecten en cuestión de calidad.

Por el otro lado, está el tanque de reserva, su consumo se debe a que este tanque suministra agua a la torre de enfriamiento, la cual es un subsistema que abastece a las prensas para evitar el

sobrecalentamiento por la alta presión y fricción en el momento de la compactación de la pasta de las baldosas, proceso que es casi continuo en la planta. Además, de este tanque sale el agua que es utilizada en las mangueras con las que se lavan los sistemas y pisos de la zona de tratamiento de lodos y se utiliza agua de EPM, ya que el agua tratada puede generar corrosión en los sistemas de bombeo y transporte.

5.3 Clasificación del recurso hídrico en los subprocesos: Como se mencionó en la metodología, fue necesario evaluar qué tipo de agua estaba siendo utilizada en los diferentes subprocesos de la planta, ya que la correcta trazabilidad del consumo de agua EPM y los informes ambientales en donde se hacían los análisis correspondientes de consumo se estaban viendo afectados por la información desactualizada o errónea sobre los tipos de agua abastecida, es decir, agua de la PTARI, agua osmotizada o agua EPM.

El agua de la PTARI se somete a un proceso de tratamiento para eliminar contaminantes y sustancias nocivas, por medio de etapas de sedimentación, filtración, tratamiento químico, entre otras. Aunque es adecuada para ciertos usos, aún contiene microorganismos y compuestos, por lo que se dispone de ella en áreas como corte, sedas, preparación de fijador, lavado de cárcamos, montacargas, etc., y/o en procesos que no impliquen daño por posible corrosión en los sistemas al ser agua tratada.

Por otro lado, el agua de la Ósmosis pasa por un método de purificación que permite eliminar la mayoría de impurezas, microorganismos y sales, así que puede utilizarse en procesos que implican mayor pureza que los que son abastecidos con agua de la PTARI, tales como en las líneas de producción o en la preparación de esmaltes y engobes.

Para verificar qué tipo de agua es abastecida en cada proceso, se utiliza un conductímetro, el cual es un instrumento que mide la conductividad eléctrica del agua (sales presentes en el agua), así que con la ayuda del personal del área de mantenimiento se tomaron muestras en cada subproceso para verificar esta información. Cada tipo de agua cumple con un rango de valores de conductividad o de microsiemens (μS), la cual es la unidad de medida de la conductividad, con lo

que es posible determinar si es agua EPM, de la PTARI o de la Ósmosis. En la siguiente tabla se pueden observar los rangos mencionados:

TIPO DE AGUA	RANGO MICROSIEMENS (μs)
EPM	$0 < x > 100$
Ósmosis	$100 < x > 500$
PTARI	$500 < x > 1000$

Tabla 9 - Rangos de conductividad agua

Teniendo en cuenta la información anterior, en la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos de las muestras de los subprocesos:

CONTADOR	CONDUCTIVIDAD (μ s)	TIPO DE AGUA
Contador Total (Portería Norte)	75,3	EPM
Suministros Y Baños De Planta	82,4	EPM
Pantallas	91,8	EPM
L1, L2, L3	207,8	Ósmosis
Tanque De Reserva Corte	90,4	EPM
Edificio Administrativo	73,2	EPM
Cafetería	76,1	EPM
Portería Sur	79,9	EPM
Manten, Serig, Laborat.	89,8	EPM
Corte	95,6	EPM
Ajuste a Corte	98,3	EPM
L4 Ag Tratada	230,3	Ósmosis
Tanques De Esmaltes	85	EPM
Ajuste Tanque Alm.	90	EPM
Contador Total Epm (Montajes)	79,7	EPM
Tanque Agua Tratada (Ptari)	890	PTARI
Ptari	86,1	EPM
Tanque Alm. En Ósmosis	402,2	PTARI (ajuste EPM)
Aspersión	66,4	EPM
Ajuste a Corte	851,2	PTARI

Tabla 10 - Tipo de agua abastecida en los subprocesos

Con estos análisis se espera hacer una mejor trazabilidad del consumo de agua en la empresa, ya que se tenían registros equívocos del tipo de agua suministrada en algunos subprocesos, ya que era agua de EPM y se registraba otra o era otro tipo de agua y se registraba de

EPM. Esto le genera a la planta irregularidades, desniveles y altas diferencias de consumo entre las facturas proporcionadas por la empresa EPM y los datos proporcionados por los medidores internos, desconociendo si se trata de posibles fugas o incorrecto análisis de datos.

Por otro lado, tratándose de una exploración referente a este servicio público, se decidió actualizar nuevamente el formato físico de los contadores, agregando el tipo de agua que mide cada contador en su subproceso. En la siguiente imagen puede observarse modificación:

SEPTIEMBRE 2024		CONTADORES DE AGUA PLANTA LA ESTRELLA														ColCerámica Organización Corona						
UND	M ³														M ³							
DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
	CONTADOR TOTAL EPM (PORTENA NORTE)	SUMINISTROS Y BAÑOS DE PLANTA EPM	PANTALLAS EPM	L1, L2, L3 AG TRATADA	TANQUE DE RESERVA CORTE EPM	EDIFICIO ADMINISTRATIVO EPM	CAFETERIA EPM	PORTENA SUR EPM	MANTEN. SERVO. LABORAT. EPM	CORTE EPM	AJUSTE A CORTE EPM	L4 AG TRATADA OSMOSIS	TANQUES DE ESMALTES EPM	AJUSTE TANQUE ALM. EPM	CONTADOR TOTAL EPM (MONTAJES)	TANQUE AGUA TRATADA (PTARI)	PTARI EPM	TANQUE ALM. PTARI	ASPERSIÓN EPM	AJUST. TINAS ESMALTE EPM	AJUSTE A CORTE AG. TRATADA PTARI	
1																						
2																						
3																						
4																						
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						
12																						
13																						
14																						
15																						
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						
21																						
22																						
23																						
24																						
25																						
26																						
27																						
28																						
29																						
30																						
31																						

Tabla 11- Formato agua actualizado

Además, se elaboraron controles visuales para contador de agua ubicado en planta, por lo cual se había agregado anteriormente una numeración al formato, esto proporciona facilidad en el proceso de tomar el registro de los medidores, ya que, si debe hacerlo un empleado nuevo, puede guiarse por esta pequeña mejora. Los controles visuales pueden observarse en el anexo #1 de este trabajo.

Continuando con la segunda parte de esta etapa, respecto a las estrategias de disminución de consumo, durante el periodo de prácticas no fue posible disminuirlo en los subprocesos que más demandan el servicio de agua de EPM como lo mostró el diagrama de Pareto de la fase anterior,

ya que las razones de consumo son muy válidas por su gran importancia dentro del proceso productivo de la planta. Sin embargo, se implementaron algunos cambios y/o mejoras que aportan a la disminución de este gasto:

-En la zona de esmaltes, como su nombre lo indica, es la zona donde se alistan los esmaltes que serán utilizados en la fabricación de las baldosas, los colaboradores encargados de esta tarea y otros como montacarguistas de la planta y empleados de una empresa terciaria de aseo, estaban utilizando una llave de agua de EPM para lavados que podrían hacerse con agua tratada, tales como lavado de pisos, cárcamos, montacargas, traperas, tinas de esmaltes, entre otras. Así que, primero, se propuso realizar dichos lavados con agua osmotizada, considerando que esta zona cuenta con otra llave de agua tratada, además de que esto no necesita calidad de agua de EPM. Segundo, se concientizó a los operarios implicados para que fueran responsables y tuvieran sentido de pertenencia en el momento de utilizar agua tratada y no de EPM, conectando la manguera utilizada donde correspondiera según la actividad a realizar.

Al analizar el cambio efectuado, se concluyó que el agua tratada a utilizar para dichos lavados no tiene que ser necesariamente agua osmotizada, podía ser agua proveniente de la PTARI, con lo cual no se desperdiciaría el proceso de ósmosis por el que pasa esta cantidad de agua. Para esto es necesario pedir al área de mantenimiento que disminuya el diámetro de una de las tuberías por la que fluye agua de la PTARI en la zona de esmaltes para conectar otra manguera y así tener un control de dos mangueras, una para la llave de agua de EPM y otra para la de agua tratada, ya que esto ayuda a que los colaboradores empiecen a adaptarse y sean conscientes de qué agua utilizar según la actividad requerida.

Durante el periodo de prácticas no fue posible constatar el trabajo solicitado al área de mantenimiento sobre la disminución del diámetro de la tubería de agua de la PTARI. Sin embargo, es un plan de acción que quedó registrado para el año 2025 cuando dicha área cuente con disponibilidad. Hasta el último mes de prácticas, se evidenció que los colaboradores relacionados con los lavados usan agua osmotizada y no de EPM.

5.4 Implementación de iniciativas: De acuerdo con la cuarta etapa de la metodología, en donde se planteó realizar encuentros con colaboradores específicos de la planta, ya fuera operarios, técnicos, profesionales, etc. para generar lluvias de ideas que contribuyeran a la disminución del consumo de los servicios públicos tratados en este proyecto, se implementaron las siguientes estrategias:

5.4.1 Prescendencia del evaporador de la ósmosis: El proceso de la ósmosis está diseñado para reducir la concentración de minerales, sales y otras impurezas en el agua. Una parte del agua tratada es un poco más pura y pasa a través de una membrana semipermeable, generando que algunos solutos no puedan pasar por dicha membrana y se forme el agua rechazo, la cual contiene los mismos minerales, sales e impurezas, pero en mayor concentración. Una parte del agua de rechazo vuelve a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industrial (PTARI) para ser procesada nuevamente mientras que la otra parte se dirigía al evaporador, el cual es un equipo utilizado para convertir el agua en vapor mediante la aplicación de calor. Sin embargo, dicho evaporador no estaba presentando la eficiencia requerida en el proceso y, aun así, pasaba la mayor parte del día encendido consumiendo una considerable cantidad de energía, así que, con el acompañamiento del área ambiental, se decidió parar el funcionamiento de este equipo.

De acuerdo con datos suministrados por el área de mantenimiento sobre el tipo de motor que tiene el evaporador, pudo calcularse la cantidad de kilovatios que consumía (consumo energético) y el beneficio económico que podría generarse al prescindir de este. En la siguiente imagen, se observa la tabla con los datos suministrados por mantenimiento para calcular los kW consumidos:

Amperios (A):	20,0
Tipo de corriente:	AC
Numero de fases:	3
Factor de potencia (0.7-0.8...):	0,8
Ingresar voltaje L-L (220v, 480v, 13200v...)	440
Resultado en kW:	12,19

Tabla 12 - kW consumidos por el evaporador

Al conocer el consumo energético del evaporador durante una hora debido al motor eléctrico que posee, pudo calcularse su consumo mensual, en este caso, se solicitó el valor del kW de septiembre, ya que fue el mes en que dejó de funcionar el equipo, así que, si hubiera seguido en funcionamiento, este sería su gasto de energía. En la siguiente tabla, puede observarse como el consumo se presenta en forma de beneficio económico mensual:

BENEFICIO ECONÓMICO POR AHORRO ENERGÉTICO	
Consumo kWh	12,19
Cantidad de horas encendido por día	16
Total kW por día	195,04
Total kW por mes	5851,2
Valor kW mes septiembre	\$ 468,60
Promedio beneficio económico	\$ 2.741.872,32

Tabla 13 - Ahorro económico por prescindencia evaporador

Por último, cabe resaltar que la cantidad de agua de rechazo que debería ser evaporada pasó a ser vertida en la red de alcantarillado sanitaria, ya que no presenta una concentración de sales y/o minerales que sean contaminantes o perjudiciales por ser ahí vertidas.

5.4.2 Apagado de quemadores y ventiladores de enfriamiento horno #1: Cuando el horno #1 está en plena operación, sus 136 quemadores están encendidos alcanzando temperaturas de hasta 1150°C. Este nivel de operación es necesario para procesar la producción de baldosas, garantizando las condiciones óptimas para su fabricación. Sin embargo, durante los llamados planes puente, es decir, cuando las líneas de producción no están activas porque la mayoría del personal descansa, el horno no se utiliza productivamente así que, en este período, se procedió a solo dejar encendidos 20 quemadores, los cuales mantienen el horno a una temperatura de 900°C, lo cual se conoce como curva de sostenimiento, un ajuste térmico que permite mantener el horno sin apagarse (no debe apagarse si no es estrictamente necesario) y ayuda a que sea más sencilla su reactivación cuando vuelve a recibir producción.

Por otro lado, este horno también cuenta con ventiladores de enfriamiento ubicados en la zona de enfriamiento, los cuales son esenciales para disminuir la temperatura de las baldosas tras su cocción. Estos ventiladores desempeñan funciones específicas: el ventilador de enfriamiento rápido reduce la temperatura de las baldosas desde 1130°C hasta 630°C, mientras que el ventilador de enfriamiento directo las enfría aún más, dejándolas a unos 60°C, una temperatura segura para que puedan ser manipuladas por el personal a la salida del horno. Durante los planes puente, dado que no hay producción activa que atraviese el horno, se identificó que no es necesario mantener encendidos estos dos ventiladores. Esta decisión, junto con la reducción del número de quemadores en operación, genera un ahorro significativo tanto de energía y gas.

Los quemadores encendidos representan la principal fuente de consumo de gas en el horno, reducir su número a menos del 15% del total disminuye drásticamente el gas requerido para mantener el horno operativo y la curva de sostenimiento requiere menos para mantener los **900°C** que para alcanzar y sostener los **1150°C** necesarios en plena producción. Los ventiladores de enfriamiento son dispositivos que operan con motores eléctricos de alta potencia para mover grandes volúmenes de aire y enfriar las baldosas, al apagar los ventiladores durante los planes puente, se elimina este consumo de electricidad, que de otro modo sería innecesario al no haber producción pasando por el horno. Además, al evitar el enfriamiento innecesario, se preserva parte

del calor en el horno, lo que contribuye indirectamente a reducir el consumo de gas para sostener la temperatura.

Para ilustrar lo que esta propuesta podría ahorrarle a la planta, se hizo seguimiento a varios planes puente de la segunda mitad del año 2024. Sin embargo, uno de los más representativos se llevó a cabo el 13 y 14 de octubre, en donde la planta dejó de producir el sábado 13 de octubre a las 10:00pm (finalizando turno 2) y se reactivó el 16 de octubre a las 6:00am (iniciando turno 1).

Para cuantificar el ahorro de energía eléctrica, es decir, disminución de kW durante el plan puente, se analizaron los datos arrojados por el contador de energía del horno 1. Además, y para mayor precisión, se utilizó la pinza voltiamperimétrica, la cual contribuyó a conocer el voltaje de ambos ventiladores y así, poder calcular los kilovatios que, de manera constante, son consumidos por los motores de dichos ventiladores al estar encendidos.

En la siguiente tabla puede observarse el ahorro de energía que se presentó al apagar los ventiladores durante 56 horas y considerando que el valor del kW fue de \$471 para el mes de octubre:

VENTILADOR	AMPERIOS (A)	KWH	KW	\$
Enfriamiento rápido	20	13,72	768,32	\$ 361.878,72
Enfriamiento directo	5	3,43	192,08	\$ 90.469,68
Total ahorro económico			960,4	\$ 452.348,40

Tabla 14 - Ahorro económico por ventiladores enfriamiento

Durante este plan puente, se ahorraron 960 kW que significaron para la empresa un ahorro económico de aproximadamente \$452.348,40

Por otro lado, la reducción de consumo de gas fue analizado por medio del contador de gas del horno #1 y debía tenerse en cuenta que los quemadores apagados no podían dejarse en ese estado hasta el momento en que el horno fuera a recibir producción, así que debían encenderse

aproximadamente 4 horas antes del ingreso de las baldosas para prepararlo y alcanzar la temperatura requerida de cocción.

En la siguiente tabla puede observarse el ahorro de gas que se presentó al apagar 126 quemadores durante 52 horas y considerando que el valor del m³ fue de \$1.670 para el mes de octubre:

BENEFICIO ECONÓMICO POR AHORRO DE GAS	
Total quemadores horno #1	136
Quemadores apagados plan puente	116
Cant. horas quemadores apagados	52
M ³ ahorrados según contador de gas	4.240
Valor unitario m ³	\$ 1.670
Total ahorro económico	\$ 7.080.800,00

Tabla 15 - Ahorro económico por quemadores

Ahora bien, en “condiciones normales”, durante este plan puente, se ahorraron 4.240 m³ que significaron para la empresa un ahorro económico de aproximadamente \$7.080.800. Sin embargo, el contexto energético de la empresa se basa en un contrato Take or pay (explicado en el marco teórico de este trabajo), así que debe pagarse por una cantidad pactada, con antelación, de metros cúbicos así no sea consumida. De igual forma, el análisis presentado anteriormente puede permitir a la empresa pactar una menor cantidad de gas al conocer los planes puente que vayan a programarse durante el mes y así no presentar desfases tan significativos entre proyección y consumo.

5.5 Corrección de fugas de aire comprimido: Para finalizar con la metodología planteada, se procedió a organizar un plan de acción sobre las fugas de aire comprimido que se presentan constantemente en algunas máquinas de la planta.

La existencia de estas fugas no representa un descuido por parte del personal de mantenimiento, sino que, al existir nivel de ruido elevado debido al funcionamiento de la

maquinaria, esto dificulta escuchar el sonido característico de las fugas (un silbido agudo o zumbido), especialmente si esta es pequeña. A diferencia de fugas de líquidos, las de aire comprimido no dejan rastros físicos visibles como charcos o manchas, lo que hace que la detección visual sea imposible y en algunos casos, son lo suficientemente pequeñas como para no causar un ruido evidente.

Las fugas de aire no solo generan un desperdicio de este recurso, sino que se tratan en este proyecto debido al consumo de energía eléctrica que generan. Las fugas hacen que el aire escape del sistema y para compensar esta pérdida, los compresores de aire trabajan más tiempo o a mayor capacidad para mantener la presión deseada, lo que incrementa el consumo de electricidad porque tienen que arrancar y detenerse con mayor frecuencia y se consume más energía en estos arranques y durante su funcionamiento continuo. Además, el sistema está diseñado para operar con una cierta capacidad, si debe sobrepasarla por esta razón, hay ineficiencias en su propósito, ya que parte del aire producido nunca llega a los equipos que lo necesitan.

Debido a la naturaleza de esta actividad, se determinó con el equipo de mantenimiento que debía realizarse durante los planes puente de la planta, es decir, en los períodos en los que las líneas de producción se encontraran detenidas. Esto debido a que identificar fugas de aire requiere un ambiente silencioso por el ruido característico que emiten. Este ruido se produce cuando el aire escapa a través de grietas, uniones defectuosas, válvulas mal selladas, entre otras. También se recomendó que fuera durante esas ocasiones porque las fugas pueden detectarse mediante el tacto, al sentir el flujo de aire en puntos donde no debería haber escape, lo que exige disponibilidad necesaria del personal.

Para llevar a cabo esta actividad, se construyó un formato físico para que los colaboradores, tanto mecánicos como electricistas, pudieran registrar las fugas en situaciones donde no pudieran ser corregidas inmediatamente, pero que al menos pudieran anotarse para tenerlas en cuenta en momentos indicados.

A continuación, se muestra el formato elaborado:

CORRECCIÓN DE FUGAS DE AIRE - PLANTA LE						
FECHA DE IDENTIF. DE FUGA	UBICACIÓN	MÁQUINA	COMPONENTE	FECHA DE CORREC. DE FUGA	RESPONSABLE	OBSERVACIÓN
NOTA: TARJETEAR LAS FUGAS						

Tabla 16 - Formato corrección fugas aire comprimido

Sin embargo, este no es el único medio que deben utilizar los colaboradores para registrar las fugas de aire. Se utiliza un sistema de tarjeteo, el cual permite marcar el punto (máquina) donde se encuentra la fuga en planta, es decir, para identificarla visualmente. En la siguiente imagen se puede observar dicha tarjeta, en la cual también se especifica fecha, máquina, responsable, motivo:

:

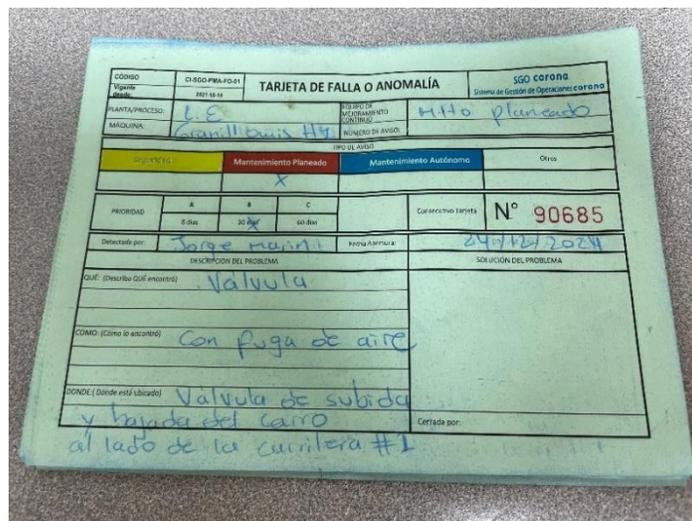


Ilustración 5 - Tarjeta de fugas

Cuando la fuga es corregida, la tarjeta se retira del lugar en donde estaba colocada. Además, es cerrada, es decir, se especifica cómo se solucionó y pasa a ser evaluada por un colaborador encargado de subirlas al sistema SAP, ya que todas las fugas deben ser digitalizadas y reportadas.

Hasta el 31 de diciembre del 2024 fueron reportadas 26 fugas de aire comprimido y cerradas aproximadamente 10. Sin embargo, por cuestiones de tiempo, no pudo ser evaluado su ahorro energético y, por ende, económico.

6. Conclusiones y recomendaciones

Con el desarrollo de este proyecto se concluyó que:

- Los medidores de energía, gas y agua son un sistema que le brinda a la planta un control útil y sencillo de consumo. Sin embargo, si estos no están correctamente instalados o no abarcan todas las posibles cargas de la planta, no podrá llevarse a cabo una eficiente trazabilidad.
- La PTARI y las Ósmosis son dos sistemas que contribuyen significativamente al ahorro de agua potable, ya que los costos de tratamiento y mantenimiento de estas infraestructuras son menores a lo que el consumo de agua EPM podría costarle a la empresa. Además, al tratarse de recirculación, también se presenta un menor consumo del agua que estos sistemas abastecen.
- Para reducir consumos y obtener ahorros económicos, a veces no basta la creatividad, el ingenio, la proactividad y la inteligencia del personal de una empresa, también es necesario invertir recursos en ideas innovadoras que, aunque signifiquen un alto presupuesto, a largo plazo pueden generarle a la empresa mayores beneficios.

- En la academia se plantean variables que, de forma teórica, pueden controlarse. Sin embargo, en lo práctica, los profesionales deben enfrentarse a una realidad caótica y cambiante que a veces no da cabida a soluciones y mejoras programadas. Las expectativas del proyecto son aterrizadas a medida que este se va desarrollando.

7.Referencias

Admin. (2023b, agosto 30). *Qué es una PTAR: función y relevancia | GC Tratamiento*. GC

Tratamiento. <https://gctratamiento.mx/que-es-una-ptar/>

El gasto energético en la industria. (s. f.-b). Drives. <https://new.abb.com/drives/es/eficiencia-energetica/gasto-energetico-industria>

Estrategias de Inversión. (s. f.). *Cotizaciones y análisis para invertir en bolsa*.

<https://www.estrategiasdeinversion.com/herramientas/diccionario/economia/contrato-take-or-pay-t-1449>

Institucional, F. (2024b, marzo 20). Ahorro de agua en las empresas – Familia Institucional ®

Tork® - Familia Institucional. *Familia Institucional*.

<https://familiainstitucional.com/blog/ahorro-de-agua-en-las-empresas/>

Martínez, E. (2024b, marzo 6). 5 HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD: AMFE, SIPOC, los 5 porqués, espina de pez, y afinidad - ATRIA Innovation. *ATRIA Innovation*.

<https://atriainnovation.com/blog/5-herramientas-de-calidad/>

Sefiltra. (2020b, octubre 28). *La Ósmosis Inversa en la industria - Sefiltra*. Sefiltra.

<https://www.sefiltra.com/la-osmosis-inversa-en-la-industria/>

8.Anexos

1.**Controles visuales:** A continuación, se pueden observar los controles visuales realizados para los medidores de agua de la planta.



