

Diseño de un Sistema de Información para la Gestión de Indicadores de Desempeño Energético  
Enfocado hacia la Sustentabilidad en una planta de alimento balanceado para aves en Santander

Cristian Reina Garzón

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director

David Javier Fuentes Palomino

Ingeniero Mecánico

Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Mecánica

Especialización en Gerencia de Mantenimiento

Bucaramanga

2023

GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Aceptación**

Nota de aceptación

---

---

---

---

Jurado

---

Jurado

### **Dedicatoria**

A Dios por permitirme culminar satisfactoriamente esta etapa, por darme fortaleza y paciencia para seguir el sendero.

A mis padres Cristóbal y Edelmira, por apoyarme en cada proyecto, por ser la motivación para seguir luchando cada día por mis metas y sueños.

A mis hermanos Liliana y Alexander y mi sobrino Christopher, por estar siempre para la familia; motivarlos a seguir adelante con sus proyectos.

Al Ingeniero Oscar Mauricio Rincón Ramírez, gran amigo que siempre estará presente, por su incondicionalidad, apoyo, y consejo. Quien compartiría la felicidad de una meta cumplida.

### **Agradecimientos**

Al Ing. David Javier Fuentes Palomino, ha sido un mentor excepcional, brindándome orientación y retroalimentación constructiva en cada etapa del proceso. Su visión y conocimientos han enriquecido significativamente el contenido de este documento. Además, su paciencia y apoyo incondicional han sido fundamentales para superar los desafíos y alcanzar los objetivos establecidos.

Al Ing. Carlos Alberto Meneses Sierra, por su invaluable guía, apoyo y experiencia a lo largo del desarrollo de este proyecto. Sus comentarios perspicaces y críticas constructivas han sido fundamentales para dar forma a la dirección de este trabajo.

Al Ing. Jesús Garzón Araque, por sus valiosas contribuciones y asistencia en diversos aspectos de esta tesis. Su experiencia y disposición para compartir su conocimiento han enriquecido enormemente la calidad de este trabajo.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Tabla de Contenido**

	<b>Pág.</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>14</b>
<b>1. Objetivos.....</b>	<b>18</b>
<b>1.1 Objetivos Generales: .....</b>	<b>18</b>
<b>1.2 Objetivos Específicos:.....</b>	<b>18</b>
<b>2. Contextualización de la Operación de la Planta de Alimentos Balanceados en Santander.....</b>	<b>19</b>
<b>3. Indicadores de Desempeño para la Planta de Alimentos.....</b>	<b>34</b>
<b>4. Metodología .....</b>	<b>41</b>
<b>4.1 Identificación y Sectorización del Uso Significativo de la Energía.....</b>	<b>41</b>
<i>4.1.1 Registro de los equipos y el tipo de energía requerida para su operación en la línea de producción.....</i>	<b>41</b>
<i>4.1.2 Sectorización de los equipos para esquematizar con un diagrama Sankey el uso significativo de la energía. ....</i>	<b>43</b>
<b>4.2 Instalación de equipos de medición en los principales puntos de consumo energético.....</b>	<b>45</b>
<i>4.2.1 Cambio de medidor principal de consumo de agua de la planta, para mejorar la recolección de datos.....</i>	<b>45</b>
<i>4.2.2 Instalación de medidores de energía, en los diferentes sectores de la línea de producción. ....</i>	<b>47</b>
<b>4.3 Sistematizar el registro de datos .....</b>	<b>49</b>
<i>4.3.1 Implementar bases de datos para el registro de la información recolectada en los diferentes medidores (Energía, Gas y Agua).....</i>	<b>49</b>

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

4.3.2 Presentar los datos de consumo de energía y recursos en periodos específicos, y que estén correlacionados con la producción del mismo periodo de análisis. ....	53
4.4 Seleccionar la plataforma que más se adecue al desarrollo de la compañía, que permita presentar y compartir los datos, de forma que sea analizada y evaluada para tomar acciones inmediatas en cuanto los parámetros se desvíen de la línea base. ....	59
4.4.1 POWER BI.....	59
4.4.2 CYFE.....	61
4.4.3 Zoho .....	63
4.5 Diseñar un <i>DASHBOARD</i> para la presentación de indicadores de desempeño energético de la planta.....	65
5. Resultados.....	72
5.1 Ejemplo de respuesta a la desviación gracias a la implementación y seguimiento del <i>DASHBOARD</i> .....	78
6.Conclusiones .....	82
7.Recomendaciones.....	83
8. Referencias Bibliográficas.....	85

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Lista de Figuras**

<b>Figura 1.</b> Diagrama de Flujo de una Planta de Alimentos Balanceados en Santander .....	20
<b>Figura 2..</b> Plataforma Volcadora Marca SAUR.....	21
<b>Figura 3.</b> Diagrama de Flujo de una planta de cocción de frijol.....	22
<b>Figura 4.</b> Diagrama de flujo para la zona de almacenamiento y/o abastecimiento de aceite.....	23
<b>Figura 5.</b> Molino de Martillos de 400 KW marca Andritz .....	24
<b>Figura 6.</b> Diagrama de Dosificación y Mezcla.....	25
<b>Figura 7.</b> Mezcladora de doble eje marca Muyang - Famsun.....	26
<b>Figura 8.</b> Peletizadora CPM7730-8 y Acondicionador 30LTC13 .....	27
<b>Figura 9.</b> Enfriadora Contraflujo Hidráulica CPM.....	29
<b>Figura 10.</b> Quebrantador de Pelet marca CPM Referencia CMX.....	30
<b>Figura 11.</b> Sistema de post engrase marca Metalteco.....	31
<b>Figura 12.</b> Diagrama de flujo de servicios auxiliares para la generación de vapor para el plan.....	32
<b>Figura 13.</b> Diagrama de equipos en el cuarto de compresores – visto en el controlador SAM .....	33
<b>Figura 14.</b> Línea base de energía eléctrica .....	36
<b>Figura 15.</b> Línea base de gas natural. ....	38
<b>Figura 16.</b> Indicador de Consumo de Energía y Recursos.....	40
<b>Figura 17.</b> Diagrama Sankey de Distribución Energética de la Planta de Alimentos.....	44
<b>Figura 18.</b> Medidor de agua ultrasónico referencia BECO X .....	46
<b>Figura 19.</b> Analizador de Red Siemens PAC4200 .....	47
<b>Figura 20.</b> Software powerconfig con enlace a medidor de planta de frijol.....	48
<b>Figura 21.</b> Formulario de contadores planta de alimentos.....	50
<b>Figura 22.</b> Formulario de contadores planta de alimentos.....	51
<b>Figura 23.</b> Formulario de contadores planta de alimentos.....	52
<b>Figura 24.</b> Formulario de contadores planta de alimentos.....	53
<b>Figura 25.</b> Flujo de datos recolectados .....	54

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

<b>Figura 26.</b> Registro de consumo energía eléctrica (Celsia) .....	55
<b>Figura 27.</b> Tabla de consumo de gas (Vanti).....	55
<b>Figura 28.</b> Monitor de control de compresores .....	56
<b>Figura 29.</b> Tabla de consumo energía banco de compresores .....	57
<b>Figura 30.</b> Tabla de consumo total de las maquinas más significativas de la empresa .....	58
<b>Figura 31.</b> Panel de Power Bi.....	60
<b>Figura 32.</b> Panel de Cyfe .....	62
<b>Figura 33.</b> Panel de Zoho .....	63
<b>Figura 34.</b> Vista de linaje – credenciales de origen de datos.....	65
<b>Figura 35.</b> Vista 1 diagrama de relaciones entre tablas en Power Bi.....	66
<b>Figura 36.</b> Vista de modelo – relaciones entre tablas de datos .....	67
<b>Figura 37.</b> DASHBOARD principal – Presentación Gerencial.....	68
<b>Figura 38.</b> Presentación grafica de consumo mensual de energía eléctrica.....	70
<b>Figura 39.</b> Presentación grafica de consumo semanal de energía eléctrica .....	71
<b>Figura 40.</b> Presentación grafica de consumo diario de energía eléctrica .....	71
<b>Figura 41.</b> Pantalla principal .....	72
<b>Figura 42.</b> Dashboard Indicador de Desempeño – Energía Eléctrica .....	73
<b>Figura 43.</b> Dashboard Indicador de Desempeño – Energía Eléctrica .....	74
<b>Figura 44.</b> Dashboard Indicador de Desempeño – Consumo de Aire Comprimido .....	75
<b>Figura 45.</b> Dashboard Indicador de Desempeño – Consumo de Gas Natural .....	76
<b>Figura 46.</b> Dashboard Indicador de Desempeño – Consumo de Agua.....	77
<b>Figura 47.</b> Consumo mensual de servicio de energía eléctrica en el área de compresores.....	78
<b>Figura 48.</b> Medidor de ultrasonido Ultraprobe 3000 .....	79
<b>Figura 49.</b> Numero de fugas encontradas en cada área de trabajo.....	80
<b>Figura 50.</b> Consumo de energía de energía eléctrica en los compresores .....	81

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1.</b> Criterio de confiabilidad de la muestra.....	34
<b>Tabla 2.</b> Calculo de la línea base de energía eléctrica .....	35
<b>Tabla 3.</b> Producción en toneladas y consumo en m <sup>3</sup> de gas natural en el año 2022 .....	37
<b>Tabla 4.</b> Usos Significativos de la energía eléctrica .....	42
<b>Tabla 5.</b> Comparativo de Power Bi .....	61
<b>Tabla 6.</b> Comparativo de Cyfe.....	62
<b>Tabla 7.</b> Comparativo de Zoho .....	63

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Glosario**

**Ciclones:** Sin el uso de un filtro de aire, es un equipo que usa un vórtice para separar partículas sólidas suspendidas en un flujo de aire, gas o líquido.

**Extrusión:** dar forma a un material (plástica, metálica, mineral, orgánica) haciendo que pase por un orificio específico.

**Gelatinización:** proceso que ocurre cuando los gránulos de almidón se combinan para formar una red polimérica amorfa durante este proceso de transición de fase irreversible.

**Granulometría:** se conoce por granulometría a la distribución por tamaños de partículas de un determinado material.

**Indicador:** medidas cuantitativas o cualitativas que se pueden usar para mostrar cambios y progreso de una actividad hacia el logro de un objetivo específico.

**Pélet:** se conoce como pélet a los gránulos de masa compuestos por una determinada selección de materia prima rica en vitaminas y nutrientes para animales.

**Peletizadora:** máquina que utiliza presión, humedad y calor para combinar materiales y extruirlos por orificios pequeños y dar forma a los pellets.

**PHVA:** metodología interactiva de solución de problemas para mejorar actividades en la empresa y promover el cambio.

**Pienso:** alimento balanceado para animales.

**Quebrantadores:** maquina que sirve para fracturar y quebrantar material, en especial granos.

**Raseras:** lamina metálica de ciclo ON/OFF utilizada para controlar el flujo de material por los ductos.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Sankey:** Diagrama de flujo que sirve para representar distribuciones de una empresa, donde el tamaño de la flecha es proporcional a la cantidad de flujo.

**SAP:** sistema informático de almacenamiento y tratamiento de datos, que produce la información necesaria para la toma de decisiones.

**SIEMENS:** es una corporación multinacional con raíces alemanas que se especializa en iluminación, transporte y telecomunicaciones.

**Tripsina:** es una enzima que hidroliza los enlaces peptídicos en las proteínas para crear péptidos y aminoácidos más pequeños.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Resumen**

**Título:** Diseño de un Sistema de Información para la Gestión de Indicadores de Desempeño Energético Enfocado hacia la Sustentabilidad en una Planta de Alimento Balanceado para Aves en Santander<sup>1</sup>

**Autor:** Cristian Reina Garzón<sup>2</sup>

**Palabras claves:** Eficiencia Energética, Indicadores, Consumo Energético, PHVA.

**Descripción:** El autor de este texto expone un sistema de información para la gestión de indicadores de desempeño enfocado a la sustentabilidad en una planta de alimento balanceado para aves de corral, el cual le facilitó a la empresa llevar un control más detallado del consumo energético y recursos (electricidad, gas y agua) y así obtener indicadores de desempeño ajustados a la realidad en comparación con datos históricos mensuales. Permitiendo a la empresa alcanzar el cumplimiento de las metas establecidas y la toma de decisiones rápidas, claras y concisas. Este sistema de información se compila de forma automática en la base de datos de la empresa, sin embargo, el ingreso de la información inicialmente se realiza mediante encuestas en Microsoft Forms llenados por el operario en una hora específica. Una vez la información se encuentra en el sistema, los datos se enlazan a Power Bi, en donde con una configuración establecida muestra en pantalla los indicadores de desempeño de la actividad productiva de la planta en el formato que se requiera (anual, mensual, semanal, diario), el porcentaje de meta cumplida y la desviación respecto a la meta establecida, permiten realizar un comparativo entre el consumo energético y la productividad de la planta, facilitando la identificación de acciones de corrección y mejora del proceso.

---

<sup>1</sup> Monografía

<sup>2</sup> Estudiante de posgrado, facultad de ingeniería físico-mecánicas, escuela de ingeniería mecánica, especialización en gerencia de mantenimiento. Director: David Fuente, especialista en gerencia de mantenimiento.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Abstract**

**Title:** Design of an Information System for the Management of Energy Performance Indicators Focused on Sustainability at a Feeding Plant for Birds in Santander<sup>3</sup>

**Author:** Cristian Reina Garzón<sup>4</sup>

**Key words:** Energy Efficiency, Indicators, Energy Consumption, PHVA.

**Description:** The author of this text presents an information system for performance indicator management focused on sustainability in a poultry feed plant. This system facilitated the company in having a more detailed control over energy consumption and resources (electricity, gas, and water), thus obtaining performance indicators adjusted to the reality compared to historical monthly data. It allowed the company to achieve the established goals and make quick, clear, and concise decisions. This information system is automatically compiled in the company's database, although the initial input of information is done through surveys in Microsoft Forms filled out by the operator at a specific time. Once the information is in the system, the data is linked to Power BI, where, with a predefined configuration, it displays on the screen the performance indicators of the plant's productive activity in the required format (annual, monthly, weekly, daily), the percentage of goal achieved, and the deviation from the established goal. This enables a comparison between energy consumption and plant productivity, facilitating the identification of corrective actions and process improvements.

---

<sup>3</sup> Monograph

<sup>4</sup> Graduate student, faculty of physical-mechanical engineering, school of mechanical engineering, specialization in maintenance management. Director: David Fuente, specialist in maintenance management.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

### **Introducción**

El uso eficiente de la energía es un factor muy importante para las empresas, ya que permite optimizar el consumo energético al obtener mejores resultados empleando una menor cantidad de recursos, además, contribuye a la reducción del impacto ambiental y de los costos operativos. La gestión energética es un componente estratégico que influye en la productividad y el posicionamiento a nivel empresarial. Por tal motivo, la competitividad en los costos de comercialización obliga a las compañías a desarrollar alternativas para optimizar los precios de producción y presentar un uso idóneo de los recursos disponibles. (Campos, 2013)

Los indicadores energéticos son estimaciones y valores utilizados para monitorear, supervisar y/o controlar los cambios en la producción y reducir las pérdidas de energía en cualquier proceso productivo. (Bustillo, 2008).

Basado en investigaciones realizadas por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), para el 2050 la demanda energética del país será 62.8% superior a la actual en el peor de los escenarios, cifra que debe sustentarse en la existencia de un enorme potencial renovable de recursos energéticos del país. (Kibria et al,2019). Por esta razón, las compañías han tenido la necesidad de analizar las orientaciones de los diferentes grupos de interés y de las futuras generaciones en la gestión de los compromisos ambientales como lo que ahora se denomina una empresa sustentable. Todo esto con el fin de dar un nuevo enfoque en la gestión energética de las empresas y así generar una trayectoria conforme a las normas que ya están establecidas. (Suarez, 2013). Por otro lado, el Consejo Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo define el desarrollo sostenible como lo que permite a la generación moderna satisfacer sus necesidades sin

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

comprometer la capacidad de las generaciones futuras para solventar sus propias necesidades. (*World Council on Environment and Development, 2005*)

Sin embargo, múltiples discusiones han contribuido a la aprobación del desarrollo sostenible, como un concepto multidimensional, que comprende dimensiones económicas, ambientales y sociales, es decir, un concepto amplio y complejo que va más allá de la construcción de teorías científicas tradicionales y debe ser visto desde una perspectiva interdisciplinaria y un intercambio racional de ideas. (Ramírez, 2004)

La norma ISO 50001 está planteada para ayudar a mejorar el desempeño energético haciendo un mejor uso de los activos en cualquier sector industrial. La norma es utilizada por organizaciones grandes y pequeñas de todo el mundo y sus beneficios pueden presentar muchos formatos.

En el sector agrícola en Santander, se busca conseguir un avance en el desarrollo de procesos, producción y logística. Colombia desde el año 2008 sigue la iniciativa presentada por EE. UU. y Brasil, con la cual se propone un plan de desarrollo energético hacia las operaciones industriales que tienden a mejorar basado en los estándares mundiales. (Dzene et al., 2015). Un buen manejo de variables como el aumento de la productividad, mayor aprovechamiento de los recursos y financiamiento de las acciones operacionales ocasiona un incremento en la competitividad de la empresa a nivel nacional.

La planta de alimento balanceado realizaba seguimiento a los consumos de energía y recursos, a partir de la información recibida en la facturación de servicios públicos frente a la producción mensual, esta metodología dificulta definir opciones de mejora y generación de estrategias para implementar nuevos sistemas en la misma planta, debido a que el análisis no es

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

realizado en tiempos específicos. Es por esto, que se hace necesario ejecutar una trazabilidad en función de estas variables operacionales para identificar los ahorros potenciales en la planta. Por esta razón, se creó la necesidad de implementar un sistema de información para la gestión de indicadores de desempeño energético enfocado hacia la sustentabilidad en una planta de alimento balanceado en Santander, que permitirá recopilar datos de consumo energético (energía, agua, gas) de las principales maquinas del proceso productivo y sectores estratégicos de la empresa de manera automática, analizarlos y diligenciar medidas que posibilitan la identificación de áreas de mejora y la toma de decisiones.

Este sistema de información genera indicadores que permiten evidenciar si el consumo energético está dentro de los límites establecidos por la compañía, El propósito de estos indicadores es monitorear cualquier cambio que haya en el proceso y corregirlo en tiempo real. Los indicadores que se determinan en estos periodos específicos tienen un balance de las ordenes de producción y tiempos inactivos, lo que conlleva a lograr una mayor productividad, con menores consumos de energía y recursos. De manera que, se consigue un alto desempeño en la administración de tiempo de ejecución y progreso en las actividades de implementación. Por ende, es importante poner en marcha un sistema integral, el cual se traduzca en un seguimiento a los datos más preciso.

La principal meta del proyecto es efectuar una metodología de evaluación sintetizada para la sustentabilidad en la planta de alimentos balanceados para aves en Santander, tomando como base la relación entre las toneladas de alimento para aves que produce la planta y el desempeño de su operación durante periodos fijos. Por otra parte, los sistemas de gestión energética presentan una condición hacia la mejora continua, lo cual se puede conseguir con ayuda del ciclo de

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

planificar-hacer-verificar-actuar (PHVA). Este proceso consta de cuatro etapas, las cuales se utilizan para mejorar las bases que abordan los procesos para encontrar respuestas a las problemáticas. Una vez completado el ciclo, se retorna a la etapa planificar, con esto el ciclo PHVA adquiere las características de mejora continua.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

### **1. Objetivos**

#### **1.1 Objetivos Generales:**

Diseñar un sistema de información para la gestión de indicadores de desempeño energético enfocado hacia la sustentabilidad en una planta de alimento balanceado para aves en Santander.

#### **1.2 Objetivos Específicos:**

Caracterizar la distribución de energías a partir de la identificación de la carga instalada, para la implementación de sistemas de medición en los puntos estratégicos de la línea de producción en la planta de alimentos.

Sistematizar el proceso de adquisición de datos de consumo de energías y recursos para recopilar la información de manera confiable en periodos específicos, con el fin de correlacionar la producción en dichos lapsos.

Diseñar una plataforma para la presentación de indicadores basados en los consumos energéticos y la producción de la planta de alimentos, que permita realizar un análisis y oriente la toma de decisiones e implementación de estrategias de mejora en los procesos.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**2. Contextualización de la Operación de la Planta de Alimentos Balanceados en Santander**

En las industrias de fabricación de alimentos para animales, se requiere de la implementación de métodos simultáneos orientados principalmente en la reducción de tamaño de partículas y procesos de extrusión (peletización) con el objetivo de lograr alimento balanceado nutritivamente.

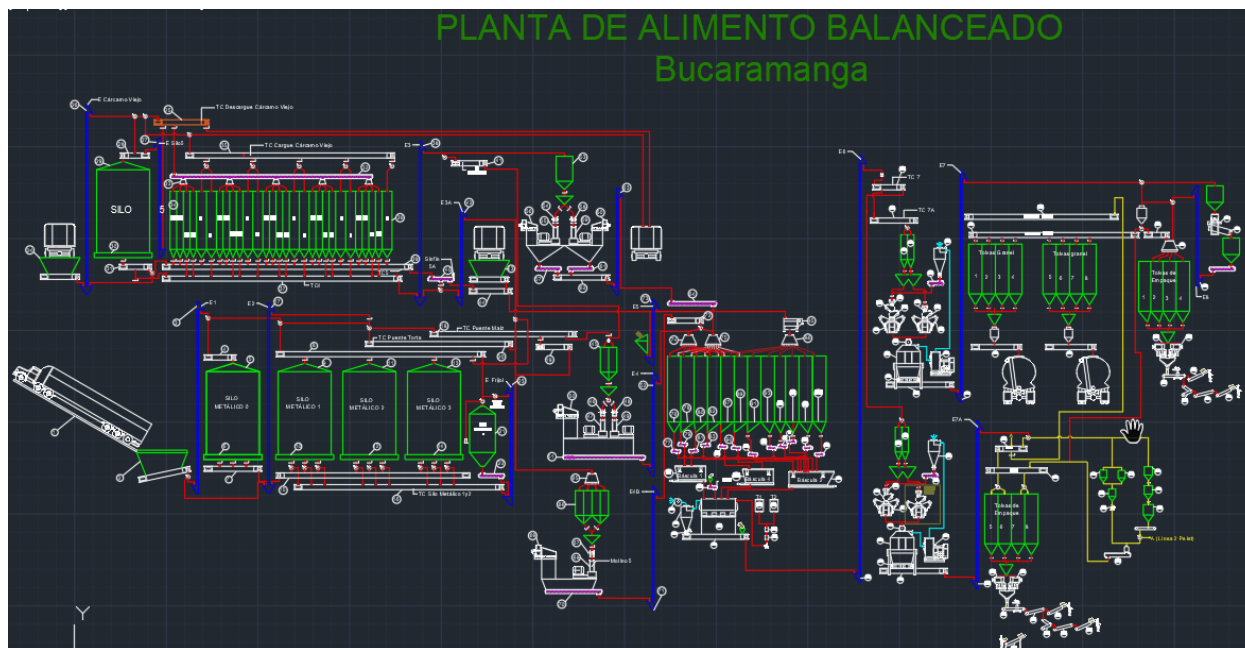
Por un lado, cabe destacar que el pienso se puede utilizar como único alimento porque aporta al ave todos los nutrientes que necesita. Por otro lado, las necesidades nutricionales de los animales varían según su edad, nivel de actividad o sensibilidades específicas. En proporción a la cantidad, el cuerpo requiere más calcio y proteínas durante el crecimiento. La creación de soluciones particulares para cada raza es gracias a las empresas de fabricación de piensos. Estas fórmulas están hechas para cumplir con requisitos nutricionales particulares.

El pienso se puede realizar utilizando tanto residuos de la industria alimentaria (como restos animales no aptos para el consumo humano) como materias primas especialmente preparadas para este fin (como cereales u otro cultivo). Para evitar dañar al animal o a los humanos que consumen el animal o sus productos (leche, huevos, etc.), todo alimento balanceado debe pasar pruebas específicas. El siguiente diagrama de proceso es para una planta de alimentación balanceada.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Figura 1.**

*Diagrama de Flujo de una Planta de Alimentos Balanceados en Santander*



*Nota.* El diagrama muestra el flujo desde el recibo de materias primas, hasta la salida como producto terminado (empacado en bulto o granel). Fuente: Autor

Como se muestra en la Figura 1 la primera etapa de la planta es la encargada de recibir las materias primas en la planta: maíz (almacenamiento en 3 silos metálicos de 2000 Ton), frijol soya (almacenamiento en silo 1 silo metálico de 2000 Ton y 1 de respaldo de 100 Ton), torta de soya (almacenamiento en 9 silos de concreto de 80 Ton), harinas de origen animal (víscera, pluma), aceites y micro ingredientes.

Para descargar las materias primas macros se utiliza una plataforma volcadora, la cual permite descargar aproximadamente 50 tractocamiones por día en planta.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Figura 2.***Plataforma Volcadora Marca SAUR*

*Nota.* La imagen de la izquierda muestra una plataforma volcadora, con la cual se levantan los tractocamiones para hacer fluir el grano a una tolva de recibo y de allí trasladarlo a los diferentes silos a través de transportadores de cadena y elevadores, la imagen de la derecha muestra la unidad hidráulica utilizada por el sistema para el movimiento de los cilindros. Tomada de <https://www.saur.com.br/es/agricola/plataformas-volcadoras>

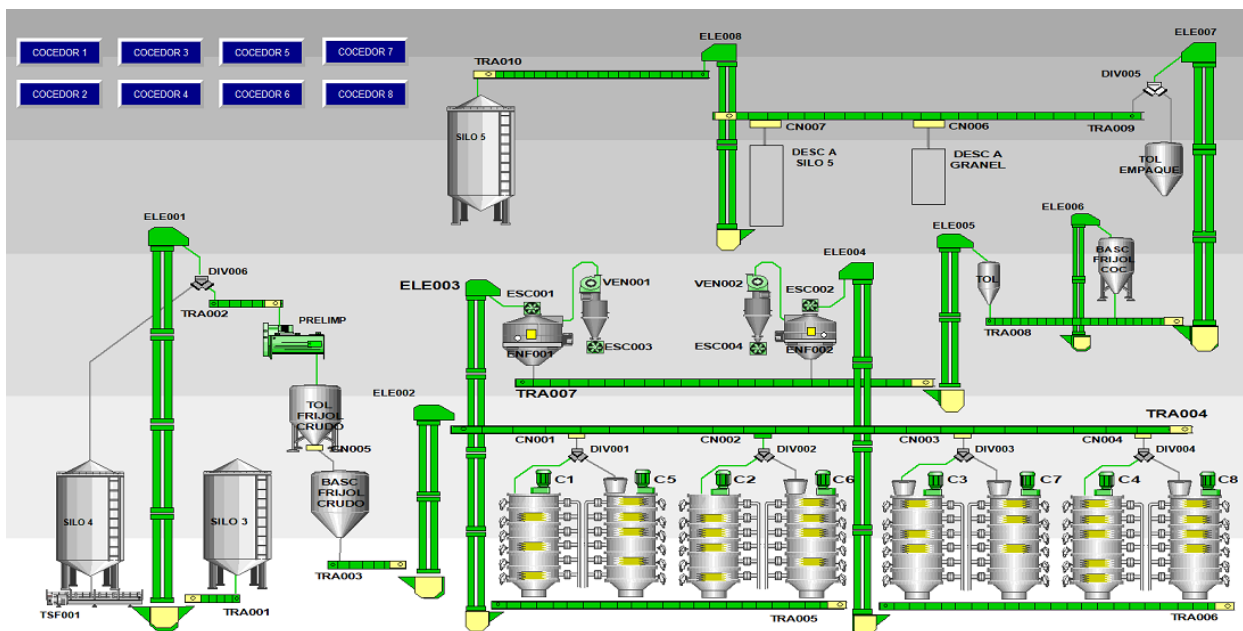
El frijol soya hace parte fundamental en la formulación por considerarse una importante fuente de proteína, sin embargo, debe someterse a un tratamiento térmico para neutralizar factores anti nutricionales y maximizar su uso, la intensidad de la temperatura y el tiempo del proceso, son los factores más importantes en la cocción del frijol soya, el objetivo de este proceso es inactivar los inhibidores de tripsina, para evitar que afecte la digestión de las aves.

A continuación, se muestra la distribución del proceso de la planta de inactivación de frijol soya ubicada en las mismas instalaciones de la planta de fabricación de alimento balanceado.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Figura 3.**

*Diagrama de Flujo de una planta de cocción de frijol*



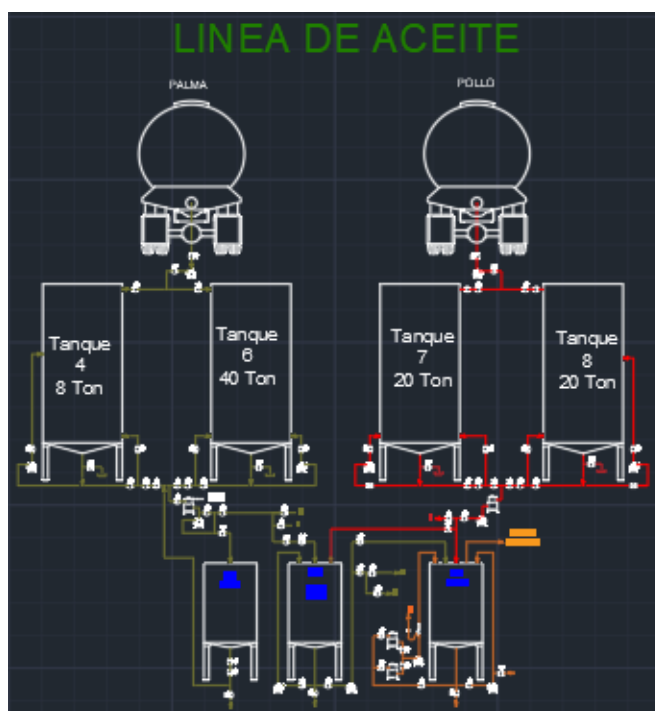
*Nota.* El diagrama muestra el flujo desde el ingreso a la planta del frijol crudo, hasta la salida como frijol inactivado. Fuente: *Pantalla de Control en Planta de Frijol – Desarrollo Ingelam*

En la formulación está incluido un porcentaje de aceite (animal o vegetal), utilizados por su poder nutritivo y humectante, lo cual facilita el proceso en la etapa de extrusión (peletizado). A continuación, se muestra la distribución de equipos estáticos y rotativos para el almacenamiento y abastecimiento en planta de los aceites.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Figura 4.**

*Diagrama de flujo para la zona de almacenamiento y/o abastecimiento de aceite (vegetal y/o animal)*



*Nota.* En el diagrama se muestra el recibo de los dos tipos de aceite, vegetal (palma) y animal: específicamente de una planta de procesamiento de subproductos de pollo. Fuente: *Autor*

Debido a que las necesidades animales varían considerablemente, el grado de procesamiento para dietas variadas también debe variar. Las aves tienen un sistema digestivo corto, el tamaño y la edad afecta directamente los requerimientos dietarios, hasta el grado que el tamaño de la partícula es importante. Por ello se utilizan equipos de molienda con la flexibilidad para cambiar el tamaño de partícula en el proceso, para el caso de esta planta de alimentos, se utilizan

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

molinos de martillos (figura 5), a los cuales se les realiza cambio de las cribas, para alterar el tamaño de la partícula, este equipo cuenta con un variador de frecuencia, que permite cambiar la velocidad de rotación influyendo en el tamaño de la partícula.

**Figura 5.**

*Molino de Martillos de 400 KW marca Andritz*



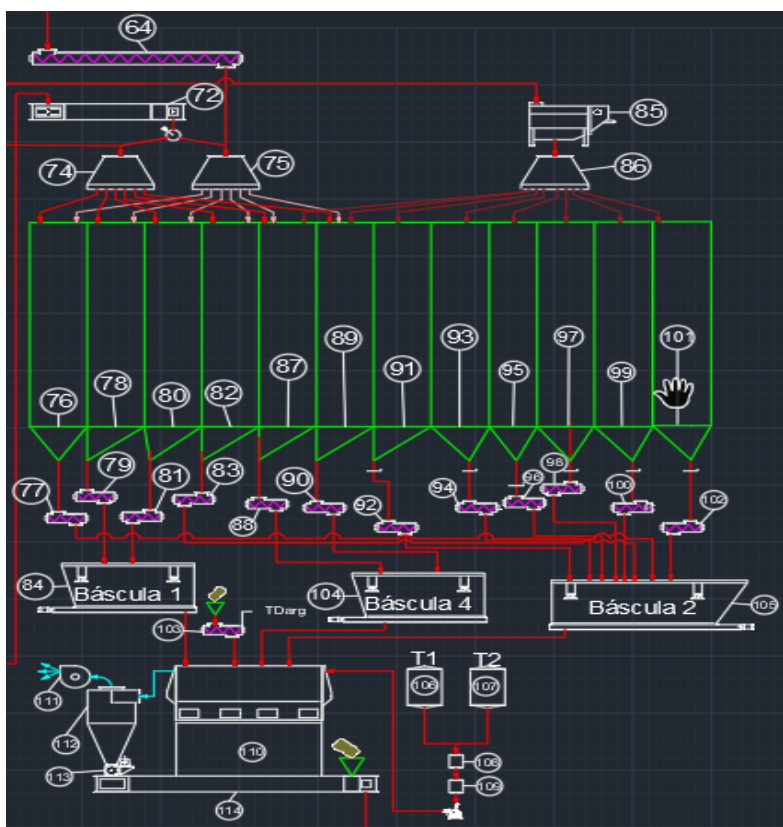
Fuente: <https://www.andritz.com/products-en/group/feed-biofuel/hammer-mills>

La durabilidad del pelet es aumentada a causa de la fineza de las partículas que van a formar el pelet (menos partículas gruesas que causen fracturas). La gelatinización adicional del almidón puede ocurrir también a causa de una molienda más fina. Con un alimento consistentemente fino y uniforme, introducido en el equipo de proceso (peletizadora) el producto final de la máquina será mejor, y requiere menos KWH/Kg, alcanzando la misma calidad y capacidad del producto final.

Una vez procesadas todas las materias primas, se almacenan en las tolvas de dosificación (ver figura 6), donde se encuentran: maíz molido, frijol soya inactivado molido, torta de soya molida, harina de víscera (pollo), harina de sangre y pluma (pollo), calcios, y micro ingredientes. El área de nutrición evalúa y presenta la formulación con base en las necesidades nutricionales en

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

cada etapa de vida del ave, dicha formulación indica los porcentajes de inclusión de los diferentes ingredientes, para esto se cuenta con 5 sistemas de pesaje: 2 básculas de ingredientes macro, 1 bascula para micro ingredientes, 1 sistema de vacío para la inclusión de materias primas volátiles y un sistema de bombeo de aceites.

**Figura 6.***Diagrama de Dosificación y Mezcla*

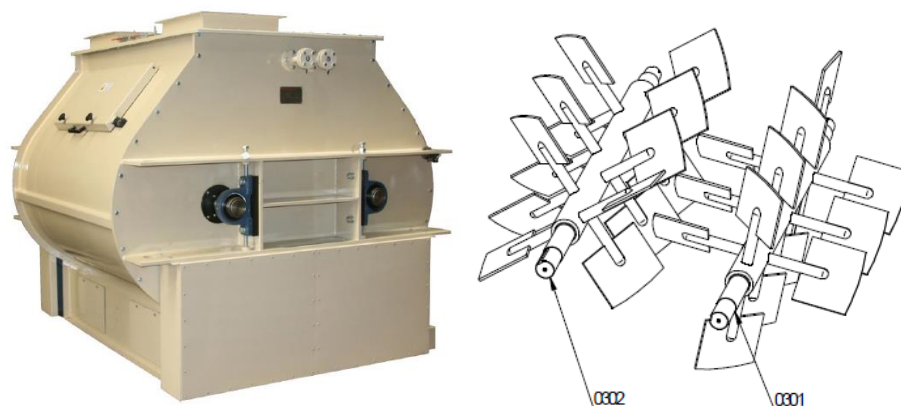
*Nota.* En el diagrama se ilustra los diferentes compartimentos para almacenar y dosificar los ingredientes a la mezcladora. Fuente: Autor.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

Una vez pesados todos los ingredientes según la formulación, se adicionan en la mezcladora (ver figura 7), la meta es obtener una mezcla homogénea con una distribución uniforme de los nutrientes, vitaminas y minerales; es importante mezclar adecuadamente para garantizar pellets de excelente calidad: en el equipo se mezcla por 90 segundos con ingredientes solidos (secos) y 90 segundos más con la adición de aceites, suficientes para alcanzar un bajo coeficiente de variación en la mezcla final de productos.

### **Figura 7.**

*Mezcladora de doble eje marca Muyang - Famsun*



*Nota.* En la imagen se muestra una mezcladora de doble eje con sistema de adición de líquidos marca Muyang con capacidad para baches de 3.5 Ton. Tomado de *Catálogo de Jiangsu Muyang Holdings Co., Ltd.*

Después de lograr una mezcla homogénea con la granulometría ideal, se lleva a cabo el proceso de peletizado, el cual permite mejorar las características del alimento formulado, obteniendo grandes ventajas, como lo son: mejoras en las conversiones de alimento a carne en el

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

ave, el acondicionador genera en el alimento cambios directos por gelatinización de los almidones, facilita una rápida digestión en los animales para alcanzar las metas por conversión, así mismo obliga a las aves a ingerir todos los ingredientes de la mezcla, y atenúa la segregación de los micro ingredientes, garantizando una alimentación balanceada.

Bacterias nocivas pueden ser ingeridas por el animal al consumir alimento en harina, sin embargo, al llevarse a cabo la peletización nos permite destruir estas enfermedades, ya que el acondicionador pasa vapor directo al alimento sometándolo a altas temperaturas, y en la peletizadora por la combinación de fricción y presión.

**Figura 8.**

*Peletizadora CPM7730-8 y Acondicionador 30LTC13*



*Nota.* En la imagen se muestra una Peletizadora con sus accesorios de acondicionamiento por vapor, iniciando por un alimentador, posterior un preacondicionador y acondicionador, con los cuales se inyecta vapor al alimento, para alcanzar parámetros como, humedad y temperatura.

Tomada de <https://www.cpm.net/downloads/Pellet-Mill-7700-Series-web.pdf>

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

Para iniciar el proceso de peletización se debe regular la alimentación, para esto se cuenta con un tornillo sinfín controlado por un variador de frecuencia; este le entrega al acondicionador donde se inyecta vapor para elevar la temperatura y lograr la gelatinización de los almidones, adicional incrementa la humedad y homogeniza la mezcla, las paletas internas del acondicionador son graduables, para ajustar el tiempo de retención antes de ingresar a la peletizadora, donde un juego de rodillos obligan a pasar el alimento por los múltiples agujeros del dado, para formar los gránulos o pelet como comúnmente es llamado; a la salida del dado lo esperan un juego de cuchillas de corte para dar la longitud deseada y cumplir los parámetros de granulometría.

Para continuar el proceso y disminuir la temperatura del alimento, se utilizan enfriadoras de contraflujo (ver figura 9). A estas enfriadoras se le controla por alto nivel para retener el alimento en el equipo, conservando una capa no tan elevada que permita el flujo de aire a través del sistema, el aire es extraído por un ventilador que pasa a un ciclón para estancar el material particulado fino y retornar al proceso de peletizado la harina recuperada.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Figura 9.***Enfriadora Contraflujo Hidráulica CPM*

Fuente: <http://www.cpmasia.com/cooler.php?page=counterflow>

Dependiendo de la edad del ave, no solo requiere de una formulación especial, sino de una granulometría específica; para la fase inicial de crecimiento, el pollo requiere de una granulometría más fina, y con el crecimiento del ave, se va aumentando el tamaño de los gránulos, este es un parámetro importante a tener en cuenta, ya que el pollo puede rechazar el alimento por una inadecuada granulometría, o desperdiciar el alimento, por contener demasiados finos. Para dar el tamaño requerido al pelet, se utilizan quebrantadores (ver figura 10), los cuales se gradúan para cortar el alimento, no tritararlo, ya que se pueden generar más finos en el producto.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Figura 10.**

*Quebrantador de Pelet marca CPM Referencia CMX*



*Nota.* La imagen muestra un quebrantador de pelet, el cual internamente contiene un juego de 2 rodillos macizos con estrías afiladas, que realizan el corte del pelet. Tomado de <https://www.cpm.net/equipment/pellet-crumpers/cm-x-r-series>

La formulación depende en gran medida de las materias primas disponibles, y el precio de comercialización de los mismos, por lo que en ocasiones, se requiere incluir un mayor porcentaje de aceite, que a pesar de facilitar el paso del alimento en harina por la peletizadora por su efecto hidratante o lubricante, esto puede generar menores rendimientos en la producción, debido a la dificultad para evitar que se deforme el pelet una vez pasado por la peletizadora, sumado al porcentaje de humedad que agrega el acondicionador este queda muy blando. Para poder incluir este excedente de aceite a la fórmula, se divide en dos inclusiones, una parte en la mezcladora y otra parte después del quebrantado a través de un sistema de post engrase (ver figura 11), en el cual se dosifica por peso el porcentaje de aceite, y por medio de un sistema mezclador de dos ejes, se impregna al alimento, entregando un producto homogenizado.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Figura 11.**

*Sistema de post engrase marca Metalteco*



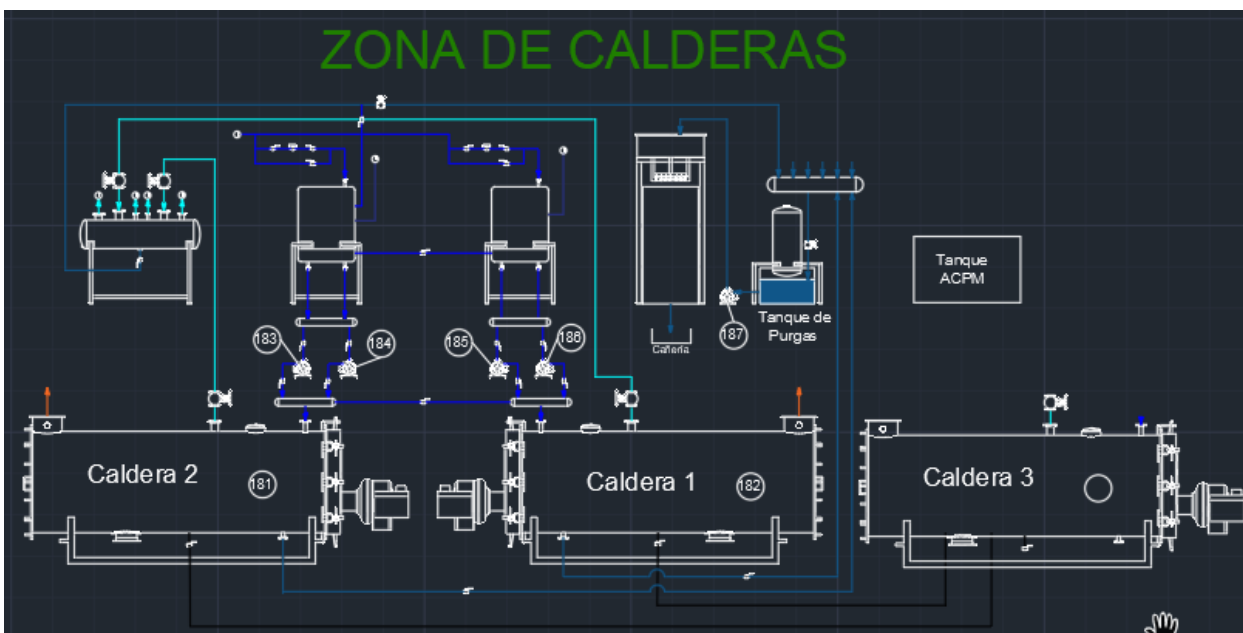
Fuente: <https://metalteco.com/engrasador-recubridor-de-pellets/>

Al finalizar el proceso de producción el producto debe ser empacado y/o almacenado a granel, para la distribución correspondientes a las diferentes granjas. La presentación utilizada en producto empacado es bulto de 40 Kg, y se utilizan vehículos graneleros para transportar a las granjas automatizadas, que cuentan con silos metálicos.

Para la ejecución de cocción de frijol y el proceso de peletizado se utiliza vapor, que es suministrado desde el área auxiliar de calderas, la planta cuenta con 3 calderas a gas de 200 BHP (ver figura 12), de las cuales se utilizan 2, y se rotan con la caldera back up.

**Figura 12.**

*Diagrama de flujo de servicios auxiliares para la generación de vapor para la planta*



Fuente: Autor

La planta cuenta con sistemas neumáticos, encargados de actuar según el control de la circulación de los productos, a través de ductos, transportadores y elevadores, que son direccionados por raseras y cambia vías, con las cuales pueden seleccionar y/o intervenir las rutas de las materias primas y producto terminado.

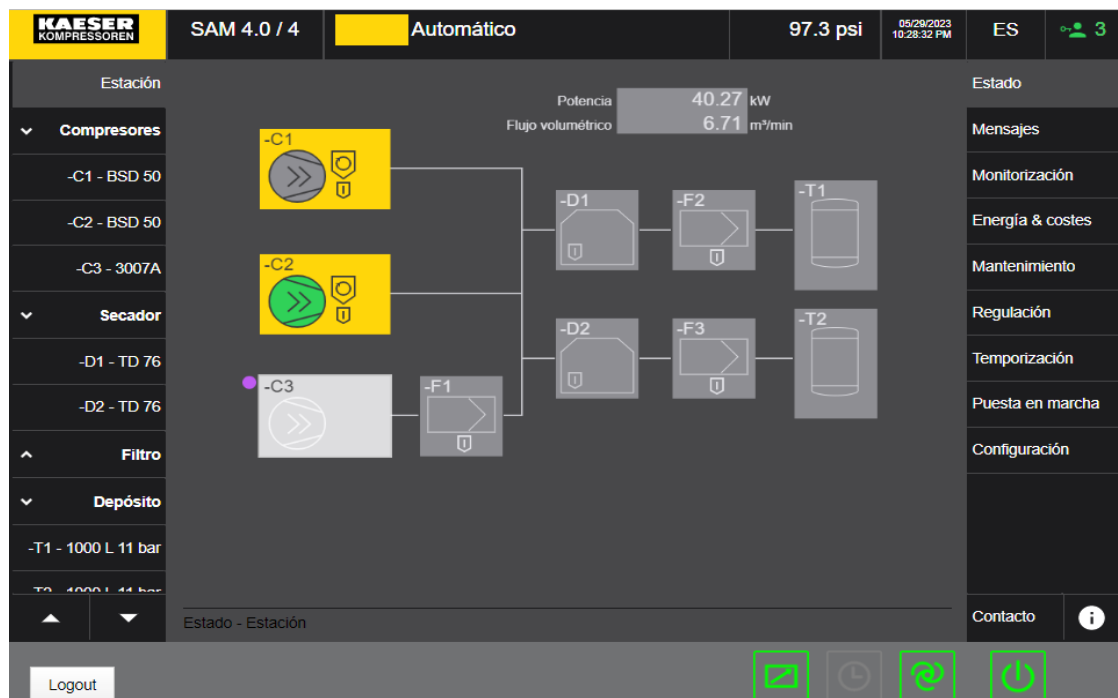
Para sostener estos sistemas neumáticos, se cuenta con un área auxiliar de compresores, y los diferentes accesorios, para su correcto funcionamiento, como tanques pulmón, secadores, filtros para retiro de humedad y aceite. Así mismo, este sistema cuenta con un control de operación marca Kaeser, referenciado como SAM, el cual se encargada de realizar seguimiento a la presión y flujo en el sistema, encendiendo y/o apagando los compresores según la necesidad, controla y

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO

contabiliza el consumo de energía, tiene como objetivo mejorar la eficiencia energética del sistema.

**Figura 13.**

*Diagrama de equipos en el cuarto de compresores – visto desde el controlador SAM de Kaeser*



**Fuente:** *Pantalla de control - sistema SAM - Kaeser*

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**3. Indicadores de Desempeño para la Planta de Alimentos****3.1. Estimación de las líneas base energéticas.**

La línea base es la medida del desempeño energético de un proceso, para el caso presentado en este documento, las líneas base que son de nuestro interés son la de la energía eléctrica y las del gas natural. Para realizar el cálculo basado en la norma ISO 50001 se debe tomar una muestra mínima de 12 datos de la producción de la planta y su respectivo consumo, para nuestro caso usaremos la data del 2022 es decir producción y consumo de los 12 meses del año. (Campos,2013)

**Tabla 1.**

*Criterio de confiabilidad de la muestra*

<b>VALOR R2</b>	<b>RELACIÓN E Y P</b>
0 - 0.04	Despreciable
0.04 - 0.16	Débil
0.16 - 0.49	Moderada
0.49 - 0.8	Fuerte
0.8 - 1	Muy Fuerte

*Nota.* La tabla muestra el criterio de relación establecida por manual de implementación de la norma ISO 50001, donde clasifica los valores de R2 en rangos y les asigna una categoría.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

La línea base es una regresión lineal que como tal nos entrega una parte gráfica y la ecuación de la recta, esta es de la forma “ $Y=mx + b$ ” donde “ $Y$ ” es el consumo, la pendiente es la razón de cambio medio entre el consumo de energía respecto a la producción, la “ $x$ ” es la producción y la “ $b$ ” es la energía no asociada a la producción. También la regresión nos entrega el valor del factor de correlación “ $R^2$ ” determina que tan confiables son los datos de la muestra, el criterio de confiabilidad que entrega la norma se evidencia en la siguiente tabla:

### 3.1.1. Cálculo de la línea base de energía eléctrica:

A continuación, se presenta el cálculo de la línea de base del consumo energía eléctrica de acuerdo con los datos registrados por la planta de alimentos en el sistema.

**Tabla 2.**

*Cálculo de la línea base de energía eléctrica*

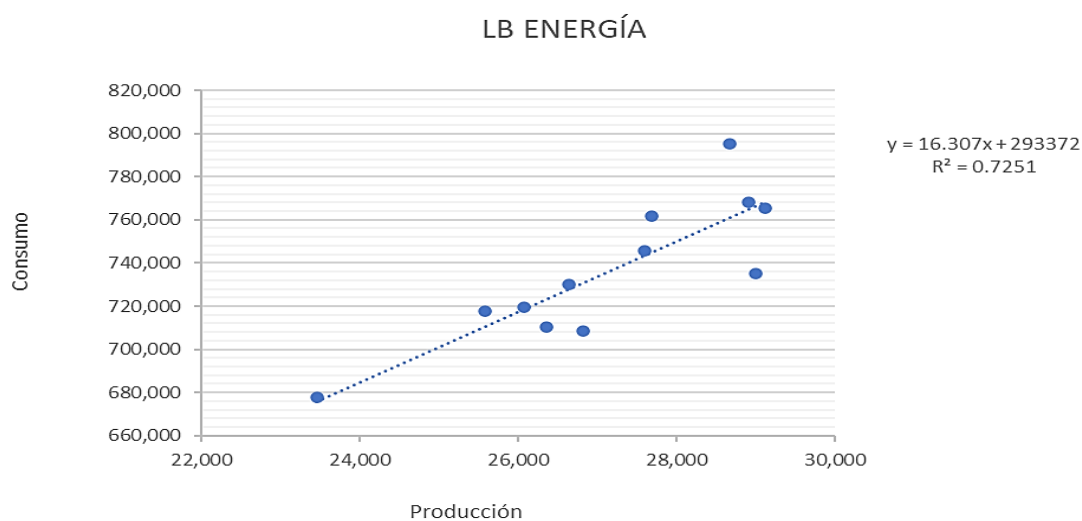
2022		
Mes	Producción [Ton]	Consumo (KWh)
Enero	25,587	717,767
Febrero	23,455	677,951
Marzo	26,818	708,723
Abril	26,359	710,336
Mayo	27,684	761,724
Junio	26,072	719,533
Julio	28,671	795,039
Agosto	28,908	768,120
Septiembre	26,647	730,098
Octubre	29,124	765,245
Noviembre	27,592	745,676
Diciembre	29,004	734,942

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

*Nota.* Los datos presentados en la tabla corresponden a la producción en toneladas y al consumo en kilovatios hora de los doce meses del 2022.

**Figura 14.**

*Representación gráfica de la línea base de consumo energía eléctrica*



Fuente: Autor

De la línea base de energía eléctrica es preciso observar que el factor de correlación presenta un criterio de confiabilidad fuerte de acuerdo con el criterio de confiabilidad de la muestra establecido en el manual de implementación de la norma ISO 50001, puede apreciar que los datos presentan una dispersión moderada.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**3.1.2. Cálculo de la línea base de gas natural:**

A continuación, se presenta el cálculo de la línea de base consumo de gas de acuerdo con los datos registrados por la planta de alimentos en el sistema.

**Tabla 3.**

*Producción en toneladas y consumo en m<sup>3</sup> de gas natural en el año 2022*

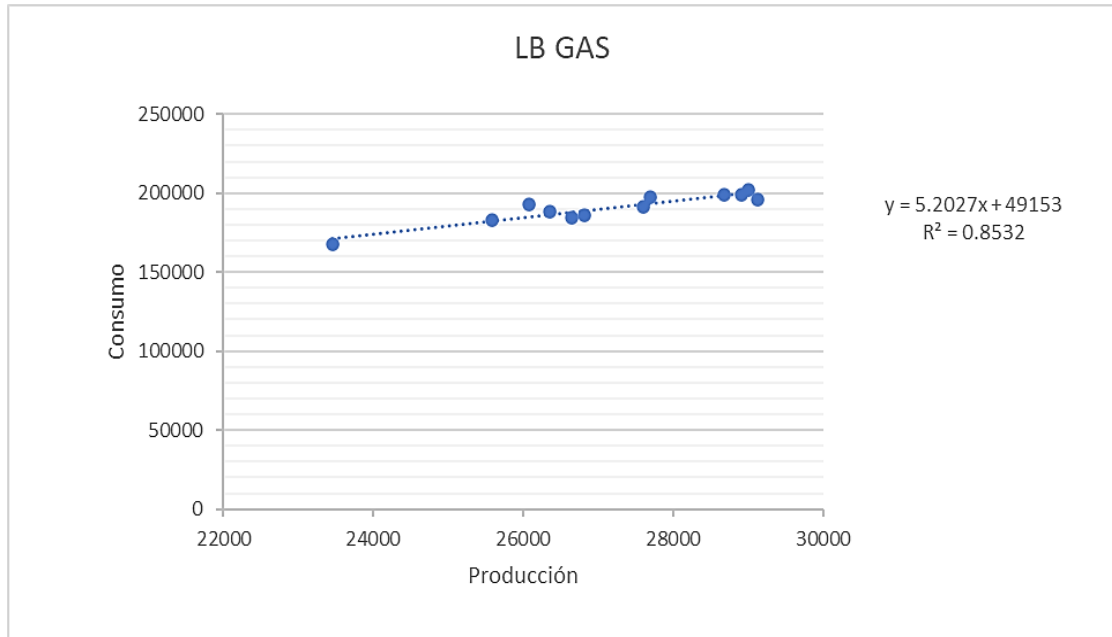
<b>2022</b>		
Mes	Producción [Ton]	Consumo [ m <sup>3</sup> ]
Enero	25587	183215
Febrero	23455	167429
Marzo	26818	185880
Abril	26359	188430
Mayo	27684	197116
Junio	26072	192627
Julio	28671	199066
Agosto	28908	198787
Septiembre	26647	184167
Octubre	29124	195927
Noviembre	27592	191072
Diciembre	29004	201775

*Nota.* Los datos presentados en la *tabla 3* corresponden a la producción en toneladas y al consumo en metros cúbicos de los doce meses del 2022.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Figura 15.**

*Representación gráfica de la línea base de consumo de gas natural.*



Fuente. Autor

De la línea base de gas natural observamos que su factor de correlación es alto mostrando un criterio de confiabilidad muy fuerte según la norma, ligado a una mínima dispersión de los datos.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

### **3.2. Indicadores de desempeño energético**

Los indicadores de desempeño energético (IDE) son indicadores diseñados para monitorear y controlar la eficiencia energética de un determinado proceso, área o dispositivo. Son cuantificables y determinados para cada uso significativo de energía y cada tipo de energía utilizada. IDE es un valor medible cuantitativo que refleja la eficiencia, el uso y el consumo de energía del elemento en el que se define permite evaluar su cambio desde la línea de base y puede medirse y monitorearse a lo largo del tiempo. (Campos, 2013, p. 66)

Para el caso de la planta de alimentos, los indicadores se definieron como la relación entre el tipo de energía consumida o recurso y la producción (expresada en Kg de alimento). Facilitando la comparación con otros procesos productivos de la compañía.

Para reflejar el comportamiento de los resultados de eficiencia energética utilizamos el indicador de base 100 que muestra la relación a la línea base energética, tomado como valor de 100.

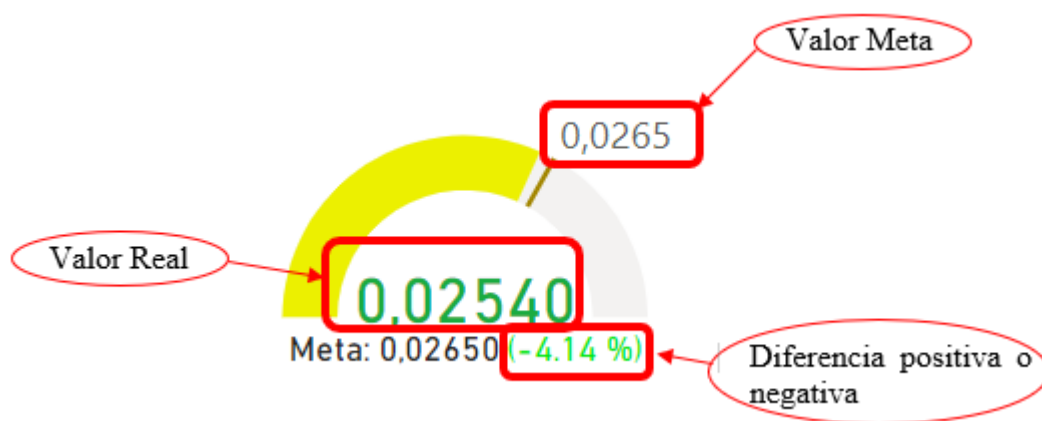
El indicador de base 100 no permite calcular el porcentaje en que el consumo de energía ha alcanzado el valor básico de consumo de energía para la misma cantidad producida. Se utiliza para conocer el porcentaje de aumento o disminución de la eficiencia energética debido a un cambio en la eficiencia energética de una tecnología o proceso, un cambio en las prácticas de uso de la energía o un cambio en el consumo que se ve afectado por el mantenimiento.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

A continuación, se muestra cómo se definieron los indicadores, para su cálculo y presentación:

**Figura 16.**

*Indicador de Consumo de Energía y Recursos*



Fuente: Autor

$$\text{Indicador Energía Eléctrica} = \frac{\text{Consumo de Energía Eléctrica (KWh)}}{\text{Kilogramos de Alimento Producido}} \quad (1)$$

$$\text{Indicador de Gas} = \frac{\text{Consumo de Gas (m}^3\text{)}}{\text{Kilogramos de Alimento Producido}} \quad (2)$$

$$\text{Indicador de Consumo de Agua} = \frac{\text{Consumo de Agua (m}^3\text{)}}{\text{Kilogramos de Alimento Producido}} \quad (3)$$

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**4. Metodología**

En capítulos anteriores se presenta el proceso de producción y los equipos más representativos en la planta, para identificar los tipos de energía, y sus usos en el proceso. A continuación, se presenta las diferentes actividades de forma organizada según cronograma, con el fin de alcanzar los objetivos de este diseño, todo relacionado con el proceso de una planta de alimento balanceado en Santander.

**4.1 Identificación y Sectorización del Uso Significativo de la Energía**

Como inicio de partida del proceso se actualiza el inventario de equipos de la planta, con las especificaciones técnicas, para identificar el tipo de energía y el consumo de esta; dicho inventario se inicia verificando los activos a través de la herramienta SAP, con la cual cuenta la planta para la administración de recursos, registro y procesos de mantenimiento.

***4.1.1 Registro de los equipos y el tipo de energía requerida para su operación en la línea de producción***

Una vez verificado y actualizado el inventario, registrando el consumo de energía, según ficha técnica, se debe analizar e incluir los tiempos de operación, así mismo su función en el proceso de fabricación de alimento.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Tabla 4.***Usos Significativos de la energía eléctrica*

<b>Fuente de Energía</b>	<b>Zona</b>	<b>Uso Específico</b>	<b>Número de Equipos</b>	<b>Consumo Estimado (KWh-Mes)</b>	<b>% Consumo por Área</b>
	Recibo de Materias Primas	Sistema de elevación Volcador, Elevadores, Transportadores	33	37005	4.6
	Molienda	Molinos de Martillos, Ciclones, Elevadores, Transportadores	24	309931	38.7
Energía Eléctrica	Dosificación y Mezclado	Mezcladora, Elevadores, Transportadores, Bombas	20	34231	4.3
	Peletizado	Peletizadora, Acondicionador, Enfriadora, Ciclones, Quebrantador, Engrasador, Elevadores, Transportadores	32	332357	41.4
	Despacho	Ensacadoras, Elevadores, Transportadores	21	16258	2
	Planta Frijol Soya	Cocedores de frijol, Elevadores, Transportadores, Enfriadoras, Ciclones	28	46465	5.8
	Servicios Auxiliares	Calderas, Bombas	8	12890	1.6
		Compresores, Secadores	5	12720	1.6
Total			168	801860	100%

*Nota.* Esta tabla muestra la distribución energética con su respectivo porcentaje de consumo, teniendo en cuenta las horas de trabajo de cada equipo en el proceso. Tomado de inventario de activos registrados en SAP.

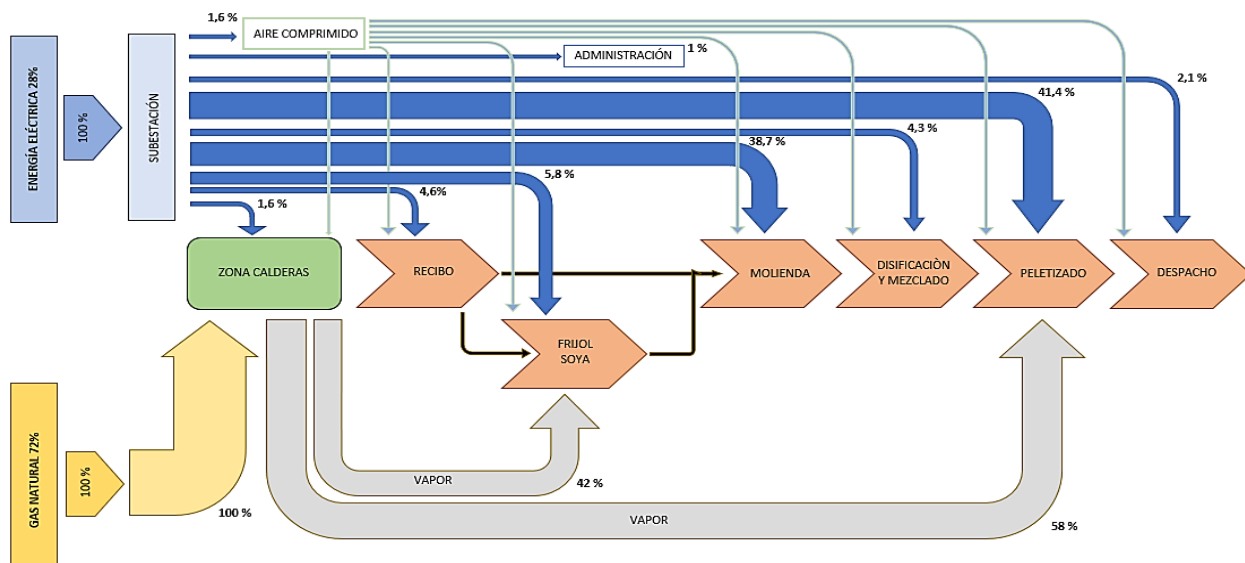
## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

Los usos de vapor en la planta, están dirigidos a dos actividades puntuales, acondicionamiento de alimento mezclado y cocción de frijol, para determinar la distribución de vapor en la planta, y al no contar con equipos de medición puntuales, se registraron los datos de consumo de gas de la caldera, cuando cada uno de los procesos se encontraba en parada de mantenimiento, con los registros de consumo de gas, se realizó equivalencia en porcentaje de vapor.

### *4.1.2 Sectorización de los equipos para esquematizar con un diagrama Sankey el uso significativo de la energía.*

Una manera fácil y rápida para la esquematización de los consumos energéticos de la empresa, es la implementación de un diagrama Sankey que permite visualizar mediante flechas cuales sectores son los más demandantes, ya que el anchor de las flechas es proporcional a la cantidad de flujo. Para facilitar y agilizar la interpretación del diagrama, se agregan en un mismo gráfico los flujos de energía eléctrica y de gas natural en los procesos productivos de la empresa. A continuación, se presenta el diagrama Sankey para la distribución energética en la planta de alimentos:

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Figura 17.***Diagrama Sankey de Distribución Energética de la Planta de Alimentos*

Fuente: Autor

#### 4.1.3 Identificación de los principales puntos de consumo de las energías para la implementación de medidores

De acuerdo con el diagrama Sankey de distribución energética de la planta de alimentos, se puede apreciar que los procesos más demandantes en cuanto a energía eléctrica son el peletizado y la molienda, ya que son los procesos donde se encuentran las máquinas con motores de gran tamaño.

Para el proceso de peletizado, la máquina cuenta con un motor de 300 Hp y para molienda se cuenta con dos molinos de 550 Hp y 200 hp, esto hace que los procesos demanden gran cantidad de energía eléctrica, primero para hacer el arranque de cada motor y luego para continuar con su

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

operación nominal. También hay que tener en cuenta que estas máquinas trabajan 24 horas al día 7 días a la semana, para cumplir con la demanda del producto final.

Por otra parte, el consumo de gas está ligado directamente a la zona de calderas, porque es el único proceso de la empresa que requiere de este servicio para la generación de vapor, ya que son cerca de 200 toneladas de frijol y 1000 toneladas de alimento peletizado que requieren de un flujo constante de vapor para la cocción y acondicionamiento del alimento.

### **4.2 Instalación de equipos de medición en los principales puntos de consumo energético**

De acuerdo con la información ofrecida por el diagrama Sankey y la identificación de los principales puntos de consumo de las energías, se realizan los cambios e instalaciones de los equipos de medición para la recepción de los datos de consumo de cada servicio. A continuación, se presenta algunos de los cambios realizados en la empresa.

#### ***4.2.1 Cambio de medidor principal de consumo de agua de la planta, para mejorar la recolección de datos.***

Para la medición de consumo de agua, se cuenta con un medidor frontera, instalado directamente por el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (AMB), quienes seleccionan marcas y referencias para la instalación de los usuarios, para nuestro caso la AMB nos presentó 2 propuestas, optando por la instalación de un medidor ultrasónico, que permitiera enlazar la toma

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

de registros directamente con la base de datos. Una vez autorizado el montó del equipo, la AMB realiza el cambio del medidor mecánico por uno referencia Beco X (ver figura 18).

**Figura 18.**

*Medidor de agua ultrasónico referencia BECO X*



Fuente. *Autor*

Este medidor permite la conexión automática, para registrar los datos de consumo de la planta, con la frecuencia estipulada necesaria, la cual debe ser igual al periodo de producción, para realizar los comparativos correspondientes. La interconexión de cada uno de los medidores, de forma automática a las bases de datos, facilita la evaluación de los indicadores de desempeño, permitiendo identificar desviaciones en los consumos, y así tomar acciones correctivas en tiempo real.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**4.2.2 Instalación de medidores de energía, en los diferentes sectores de la línea de producción.**

La distribución Sankey nos muestra los procesos donde tenemos los mayores consumo de energía, siendo Peletizado, Molienda y Planta de Frijol, las más representativas en la planta; para obtener información detallada de los consumos en estos sectores nos vemos en la necesidad de medir individualmente los equipos en proceso de mayor consumo, sin embargo, para mantener estable los costos indirectos de fabricación, se realiza la compra de los equipos de forma progresiva, inicialmente se adquieren 3 analizadores de red marca Siemens PAC4200 (ver figura 19).

Se instalan en los equipos principales individualmente, para las zonas de Peletizado y Molienda, para el caso de la planta de frijol, se registrará el total de consumo de este proceso.

**Figura 19.**

*Analizador de Red Siemens PAC4200*



Fuente: *Catálogo Siemens Sentron Multímetro*

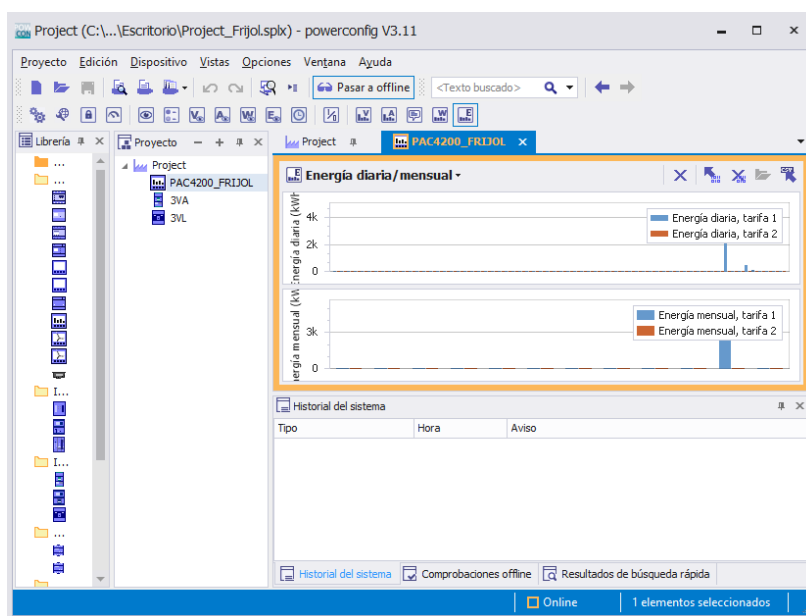
## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

Por la facilidad en la conexión al punto de red más cercano en planta, se cablea y reciben los datos de la planta de frijol, a través del software *powerconfig* (ver figura 20) con capacidad de comunicación con los productos Siemens – Sentron.

La plataforma da la opción para descargar los datos en formato CSV, de donde se toman para registrarse en la base de datos, y ser analizados desde la plataforma, una vez avanzado el proyecto, e ingresado un mayor número de analizadores, se realizará la interconexión automática con la base de datos.

**Figura 20.**

*Software powerconfig con enlace a medidor de planta de frijol*



*Nota.* La imagen muestra los registros tomados de la comunicación entre el software *powerconfig* con el equipo de medición instalado a la planta de frijol – Sentron PAC4200. Tomado de *software powerconfig*.

### 4.3 Sistematizar el registro de datos

#### *4.3.1 Implementar bases de datos para el registro de la información recolectada en los diferentes medidores (Energía, Gas y Agua).*

En un principio se planteó como medio de recolección de información el uso de los formularios de *Google*, primero por ser una plataforma gratuita, que permitió visualizar la viabilidad del método, y generar la cultura del uso de formularios al personal técnico, por otro lado al utilizarse la plataforma en modo gratuito, la información queda desvinculada de los sistemas propios de la compañía, sin condición de protegerse o confirmar la integridad de los datos, así mismo la posibilidad de enlazarse con las aplicaciones actuales de la empresa. Por tal motivo se solicitó la implementación de licencias de *Microsoft*, donde se encuentra el aplicativo *Microsoft Forms*, para la generación y administración de formularios, con ello facilitar el acceso incluso desde el celular con una cuenta institucional, para ingresar los datos de los contadores frontera, y compartirlos corporativamente sin riesgo de integridad de los datos, a través de la misma plataforma de *Microsoft*.

En la *Figura 21* se puede observar el encabezado del formulario diario que deben llenar los técnicos, comenzando con ingresar la fecha y el nombre de quien realiza la operación, en caso de que los valores se salgan de rango, se consulta al técnico que realizó el registro, y confirmar el valor, dado que no se está exento del error humano.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Figura 21.**

*Formulario de contadores planta de alimentos*

Registro de contadores - Planta Alimentos

\* Obligatorio

1  
Fecha \*

Especifique la fecha (d/M/yyyy)

2  
Nombre \*

Selecciona la respuesta

Fuente: Microsoft

En la *figura 22* se muestra la continuación del formulario donde solicita ingresar el registro de energía activa y reactiva tomado del medidor frontera y adicional los valores de consumo de gas, de un indicador digital, el cual toma el valor del medidor mecánico y lo ajusta teniendo en cuenta los valores de presión en la red; cada uno de estos campos establece rangos limite, teniendo en cuenta el último registro del medidor a modo *Poka-Yoke*, y así mitigar el error de registro.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Figura 22.***Formulario de contadores planta de alimentos*

<p><b>3</b></p> <p><b>Energía Activa (KWH) *</b></p> <p>Registre el valor del contador Energía Activa (KWH). En caso de encontrarse fuera de servicio registrar el valor del medidor de respaldo.</p>  <p>El número debe estar comprendido entre 8000000 y 12000000</p>	<p><b>5</b></p> <p><b>Gas Medidor Digital (m<sup>3</sup>) *</b></p> <p>Registre el valor del contador Digital (m<sup>3</sup>). (No registrar decimales)</p>  <p>El número debe estar comprendido entre 4370000 y 10000000</p>
<p><b>4</b></p> <p><b>Energía Reactiva (KVAR-H) *</b></p> <p>Registre el valor del contador Energía Reactiva (KVAR-H). En caso de encontrarse fuera de servicio registrar el valor del medidor de respaldo.</p>  <p>El número debe estar comprendido entre 2500000 y 4000000</p>	<p><b>6</b></p> <p><b>Gas Medidor Mecánico (m<sup>3</sup>) *</b></p> <p>Registre el valor del contador Mecánico (m<sup>3</sup>). (No registrar decimales)</p>  <p>El número debe estar comprendido entre 777000 y 1500000</p>

Fuente: *Microsoft Forms*

Para determinar los consumos de gas en las calderas, se adquirió un medidor para registrar el consumo de gas de una de ellas, debido a que inicialmente se tenía separada la distribución de vapor, una caldera para el proceso de cocción de frijol soya, y otra para el acondicionamiento de alimento mezclado; con este medidor realizar seguimiento al consumo en cada proceso, y determinar por diferencia entre el consumo global y el consumo de la caldera con medidor; adicional a esto el formulario solicita indicar cuales calderas se encuentran encendidas o apagadas al momento de tomar el registro, ver *figura 23*.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Figura 23.***Formulario de contadores planta de alimentos*

The image shows a Microsoft Forms survey with four questions related to boiler plant meters. Each question includes a title, a description, a reference image, and a dropdown menu for the answer.

**7 Medidor Caldera No. 3 (m<sup>3</sup>) \***  
Registre el valor del contador diario (m<sup>3</sup>) de la caldera No. 3. En la pantalla de control de la caldera No. 3.  
*El valor debe ser un número.*

**8 Operación Caldera 1 \***

**9 Operación Caldera 2 \***

**10 Operación Caldera 3 \***

Fuente: *Microsoft Forms*

Finalmente se pide ingresar el valor del consumo de agua del medidor ultrasónico, el cual se incluirá de forma automática con registros hora a hora, para finalizar sí el técnico observó alguna irregularidad en los medidores la registra en el recuadro de observaciones, una vez terminado el registro el operario presiona enviar las respuestas del formulario.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Figura 24.**

*Formulario de contadores planta de alimentos*

11

Agua (m<sup>3</sup>) \*

Registre el valor del contador de agua (m<sup>3</sup>); No registrar decimales (los 3 últimos dígitos).

El número debe estar comprendido entre 7000 y 20000

12

Observaciones

Este espacio es para registrar observaciones. (Ejemplo: Contador digital de gas fuera de servicio)

Escriba su respuesta

Enviar

No revele nunca su contraseña. [Reportar abuso](#)

Fuente: *Microsoft Forms*

***4.3.2 Presentar los datos de consumo de energía y recursos en periodos específicos, y que estén correlacionados con la producción del mismo periodo de análisis.***

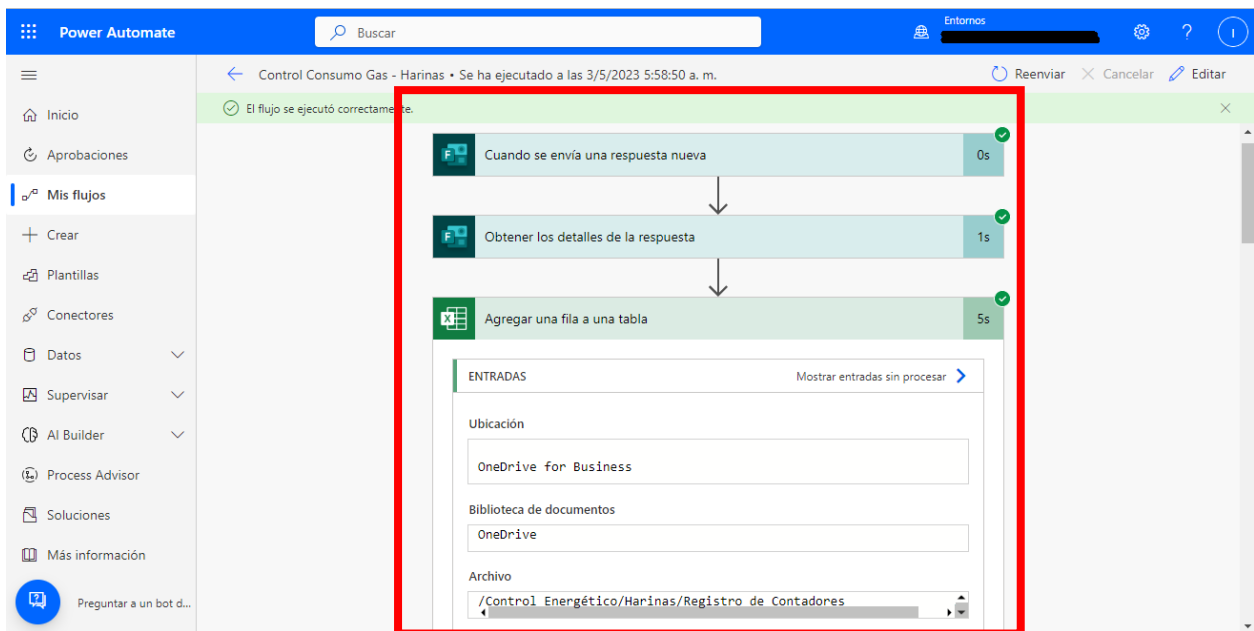
Una vez enviada la información diaria de los contadores de consumo a través de los formularios de *Microsoft Forms* se enlazan directamente con *Microsoft Excel*, estableciendo un flujo de datos con la aplicación *Microsoft Power Automate* (ver figura 25), este aplicativo toma los datos registrados en el formulario y los ubica en la columna correspondiente de la tabla de datos almacenada en *Microsoft OneDrive*. Así mismo guarda un historial de cada respuesta enviada a través del formulario, el cual funciona como soporte de la integridad de la información archivada

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

en las tablas de datos, cabe mencionar que los de datos recibidos corresponden a los valores del medidor y deben ser procesados, para calcular el consumo, por la diferencia entre un registro y el anterior.

**Figura 25.**

*Flujo de datos recolectados*



**I**

Fuente: *Microsoft Power Automate*

Una vez la información es ubicada en las distintas celdas, se pueden observar y compartir los datos en una tabla de *Excel*, en la *figura 6* se muestra la organización de la información recibida y el valor del consumo diario del servicio de energía eléctrica en la planta.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

Figura 26.

Registro de consumo energía eléctrica (Celsia)

FECHA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1/01/2023	44,20	43,70	43,40	43,40	43,40	42,5	41,80	33,10	33,80	33,80	34,60	34,80	34,80	35,00	35,50	35,30	35,30	39,10	
2/01/2023	43,90	43,90	43,70	76,80	91,20	92,6	134,60	309,60	626,60	655,40	140,90	669,10	911,00	856,60	589,00	722,20	335,00	0,20	4
3/01/2023	958,30	800,40	774,50	949,70	801,10	817,2	755,80	796,10	716,20	908,60	944,40	846,50	882,70	1.016,20	884,90	1.241,00	1.190,60	1.143,10	1,1
4/01/2023	1.187,00	931,40	1.143,80	1.109,50	808,30	1092	1.174,30	1.174,30	1.039,20	987,80	887,50	815,00	1.178,90	1.222,60	1.220,20	1.105,70	1.344,50	1.158,20	1,0
5/01/2023	1.160,40	1.311,10	1.240,30	1.190,60	1.248,20	1026,2	1.367,30	1.399,90	1.063,00	1.288,30	1.159,20	1.416,20	1.245,60	1.094,60	1.116,70	1.272,00	1.135,20	983,50	9
6/01/2023	1.252,80	997,70	1.250,60	1.162,30	1.207,00	961,9	1.148,90	1.266,00	1.090,10	1.262,90	986,40	1.230,70	1.058,20	1.213,90	1.282,60	1.187,30	939,40	976,80	1,0
7/01/2023	1.088,20	899,50	1.129,20	998,60	1.245,40	958,6	1.173,60	796,80	987,60	1.165,40	1.266,50	1.304,60	1.281,40	1.130,90	1.007,50	1.272,50	1.288,80	1.300,80	1,1
8/01/2023	1.088,20	1.185,40	1.206,00	1.015,70	1.116,50	1105,7	1.150,60	1.216,80	1.285,90	1.190,40	1.267,20	1.022,40	1.091,80	1.204,10	1.003,00	1.164,00	1.154,40	1.164,50	1,2
9/01/2023	1.088,40	997,20	313,20	223,40	211,20	212,2	210,00	206,60	213,40	209,30	205,40	207,40	199,90	198,20	199,70	200,20	195,10	201,60	2
10/01/2023	983,50	1.153,70	1.287,80	991,00	1.190,90	853,9	1.081,00	1.114,10	1.135,40	1.128,00	1.308,20	1.184,60	897,80	1.257,40	1.185,40	1.281,80	1.245,60	898,10	1,2
11/01/2023	1.106,20	1.290,50	1.135,70	1.290,00	1.260,00	1169,5	1.205,80	1.158,70	1.245,40	1.235,50	1.206,20	1.167,60	1.212,70	1.291,40	1.071,60	1.340,20	1.196,90	1.228,10	1,1
12/01/2023	1.159,90	998,20	1.046,20	785,00	347,30	388,8	1.082,90	1.207,40	1.239,80	1.202,60	1.354,30	1.125,40	1.329,40	1.238,20	1.019,80	1.090,60	852,00	734,20	1,0
13/01/2023	901,40	955,00	770,20	1.013,30	905,50	843,4	697,40	953,00	811,20	1.204,10	1.051,20	1.066,80	778,60	1.280,40	1.273,20	1.320,70	1.246,10	1.123,20	1,0
14/01/2023	1.263,10	1.243,20	1.296,70	1.104,70	1.235,80	1050,5	1.097,50	1.422,20	1.180,10	1.343,50	1.135,00	1.299,60	1.193,00	1.285,00	1.035,80	1.202,40	1.184,90	1.139,30	1,1
15/01/2023	1.169,00	1.192,60	971,00	883,00	472,60	802,3	1.141,90	1.108,30	1.248,70	1.228,30	1.235,50	1.077,40	1.234,10	1.115,50	1.246,10	969,40	927,60	1.158,70	1,1
16/01/2023	1.126,30	878,20	1.125,80	848,60	751,20	808,3	217,90	0,00	0,00	641,30	1.016,60	1.333,00	991,40	1.246,10	1.295,50	967,20	954,50	1.051,00	1,2
17/01/2023	1.187,30	991,90	1.279,20	1.306,30	1.033,00	1098,5	1.316,40	1.002,50	903,80	1.116,50	1.150,30	1.180,60	1.232,60	1.257,10	1.041,10	1.060,60	1.254,50	1.278,50	1,3

Fuente: Autor

Para el procesamiento de los productos, la planta presenta una alta demanda de vapor, que es proporcionado por 2 calderas encendidas, más 1 caldera back up, siendo los únicos equipos que requieren del suministro de gas en planta; el registro de consumo se hace a través del medidor frontera (proveedor Vanti) y es almacenado en el mismo grupo de tablas de *Excel*.

Figura 27.

Tabla de consumo de gas (Vanti)

Fecha	Semana	Mes	Año	Consumo (m <sup>3</sup> )
1/01/2023	1	1	2023	0
2/01/2023	1	1	2023	3.622
3/01/2023	1	1	2023	6.981
4/01/2023	1	1	2023	7.286
5/01/2023	1	1	2023	7.463
6/01/2023	1	1	2023	7.478
7/01/2023	1	1	2023	7.454
8/01/2023	2	1	2023	7.525
9/01/2023	2	1	2023	4.801
10/01/2023	2	1	2023	7.422
11/01/2023	2	1	2023	7.694
12/01/2023	2	1	2023	6.491
13/01/2023	2	1	2023	7.300
14/01/2023	2	1	2023	7.776
15/01/2023	3	1	2023	7.474
16/01/2023	3	1	2023	6.272
17/01/2023	3	1	2023	7.669
18/01/2023	3	1	2023	7.705
19/01/2023	3	1	2023	7.375
20/01/2023	3	1	2023	7.553

Fuente: Autor

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

Un factor de consumo representativo al cual se le inició seguimiento en planta está asociado al suministro de aire comprimido, para lo cual se adquirió el controlador desarrollado por la marca Kaeser referenciado como SAM (Sigma Air Manager), este sistema se encarga de controlar la presión de la red de aire, y manteniéndola en el rango requerido para las operaciones, realiza encendido (marcha ya se en carga o en vacío) y apagado de los compresores, traduciendo en horas de operación y determinando el consumo energético, estos datos son descargados del SAM y cargados a las tablas de datos, que posteriormente son analizadas por Microsoft Power BI.

**Figura 28.**

### *Monitor de control de compresores*



Fuente: *Sigma Air Manager SAM*

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

La grafica indica la presión en toda la red, márgenes superiores e inferiores de presión, flujo volumétrico y la actividad operativa de los compresores(encendido/apagado), pero a su vez el programa también muestra los valores de consumo energético de acuerdo con la operación del compresor, si se encuentra trabajando en carga o en vacío.

**Figura 29.**

*Tabla de consumo energía banco de compresores*



2

Fuente: *Sigma Air Manager SAM*

Todos los valores de consumo de los servicios son almacenados en una tabla de Microsoft Excel, que permite tomar el dato de consumo diario y así poder realizar el cálculo de los indicadores de desempeño que muestran el rendimiento de la actividad operativa.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

Figura 30.

Tabla de consumo total de las maquinas más significativas de la empresa

		Celsia				Consumo Energia Vanti		Consumo Gas	Consumo Calderas			Consumo Agua	Compra Agua		
Activa	Reactiva	Inductiva	Capacitiva	Energía	C Reactiva	Total	Total (m³)	Caldera 3	Caldera 2	Caldera 1	A Total (m³)	Bomberos (Litros)	Fecha	Nombre	
(KWH)	(KVARH)	(KVARH)	(KVARH)	(KWH)	(KVARH)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(m³)	(Litros)			
1039,2	2597,6	0	2597,6	14702,4	5815,2	3622	4778	1503	0	3275	0		1/01/2023		
14497,2	2981,1	2822,5	158,6	23596,8	5565,6	6981	7108	118	3554	3554	58		2/01/2023	13514230 - ALE	
24284	5711,4	5711,4	0	28406,8	7864,8	7286	7460	1697	0	5763	78		3/01/2023	1102377280 - M	
27782	7715,5	7715,5	0	27345,6	7484,8	7463	7446	3755	0	3691	86		4/01/2023	1102377280 - M	
27308	7484,8	7484,8	0	26097,6	8930,4	7478	7386	3747	0	3639	85	10480	5/01/2023	1102377280 - M	
25900,7	8799,1	8799,1	0	27643,2	12194,4	7454	7428	3806	0	3622	78		6/01/2023	1102377280 - M	
27831,1	12282,1	12282,1	0	25058,4	10632	7525	7202	3828	0	3374	75		7/01/2023	1102377280 - M	
25165,8	10689,2	10689,2	0	12907,2	4980	4801	5364	3786	0	1578	74		8/01/2023	1102377280 - M	
12588,8	4807,9	4807,9	0	27494,4	12283,2	7422	7425	3795	0	3630	83		9/01/2023	13571183 - CAF	
27578,6	12327,2	12327,2	0	26587,2	11968,8	7694	7122	3328	0	3794	76		10/01/2023	1098699675 - A	
26828,5	12068,6	12068,6	0	24369,6	10720,8	6491	6800	3548	0	3252	83		11/01/2023	1098699675 - A	
24224,1	10694,8	10694,8	0	17042,4	8978,4	7300	7523	3881	0	3642	81		12/01/2023	1098699675 - A	
26849,8	11929,7	11929,7	0	26772	12086,4	7776	7592	1572	3796	3796	85		13/01/2023	1102389947 - J	
26839,7	12116,1	12116,1	0	35366,4	14448	7474	7410	0	3705	3705	84		14/01/2023	13571183 - CAF	
25577,2	11482	11482	0	23752,8	11119,2	6272	6422	3211	3211		74		15/01/2023	13514230 - ALE	
23629,5	11057,5	11052,9	4,6	27307,2	12417,6	7669	7623	3811,5	3811,5		70		16/01/2023	1098642383 - M	
27480,8	12511,5	12511,5	0								73		17/01/2023	1098715808 - M	

Fuente: Autor

En la figura anterior, se puede observar la tabla de consumo en los servicios de energía eléctrica prestado por Celsia y gas prestado por Vanti. También se muestra el consumo que registra la empresa prestadora de servicio y el consumo que registra la empresa en sus contadores, por ejemplo, el recuadro rojo, muestra el consumo en metros cúbicos [ $m^3$ ] que registra Vanti en su base de datos, mientras el recuadro naranja, muestra el consumo en metros cúbicos [ $m^3$ ] registrado por la planta de alimentos.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**4.4 Seleccionar la plataforma que más se adecue al desarrollo de la compañía, que permita presentar y compartir los datos, de forma que sea analizada y evaluada para tomar acciones inmediatas en cuanto los parámetros se desvíen de la línea base.**

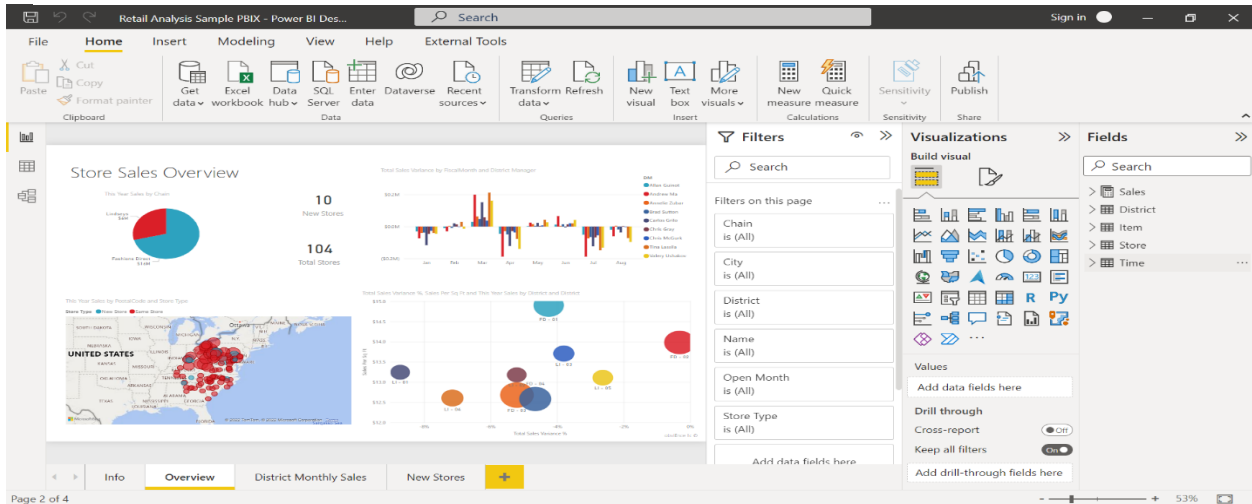
Con el fin de encontrar una plataforma que mejor se adecue al tratamiento de los datos, a manera que se puedan dar a conocer en formato de informe o en plantilla tipo presentación y que al mismo tiempo permita evaluar varias variables al mismo tiempo sin tener que hacer otra plantilla y lo más importante que permita visualizar los indicadores de desempeño (KPI) permitiendo tomar medidas rápidas en pro del bienestar de la empresa.

Al momento de presentar el informe en los comités directivos de la planta, la información debe ser clara y concisa, ya procesada y analizada para mostrar las conclusiones, metas y enfocar en las acciones de mejora, por ello se presentan graficas con indicadores de rendimiento que permitan tomar decisiones rápidas en caso de ser necesario. Por esto se hace necesario optar por una herramienta o *Dahsboard* que muestre el control y monitoreo, analice y presente la información de forma clara, rápida y sencilla.

#### **4.4.1 POWER BI**

Es una herramienta para el manejo de datos, muy practica y dinámica que permite analizar, comparar y visualizar datos en grandes cantidades sin ningún tipo de problema por ejemplo ERP's, CRM's, Azure, Google Analytics, Excel, etc. (Evotic,2023).

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Figura 31.***Panel de Power Bi*

Fuente: *Microsoft Power Bi*

*Power Bi* permite juntar información de varias plataformas al mismo tiempo permitiendo su procesamiento y transformando los datos en gráficos e imágenes fáciles de entender y fáciles de compartir. Una ventaja importante que presenta este programa es que puede adquirirse adicional a los paquetes ofrecidos por *Microsoft* permitiendo hacer una conexión más rápida con los demás aplicativos y facilitando la conexión de flujo de datos sin ninguna interrupción

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

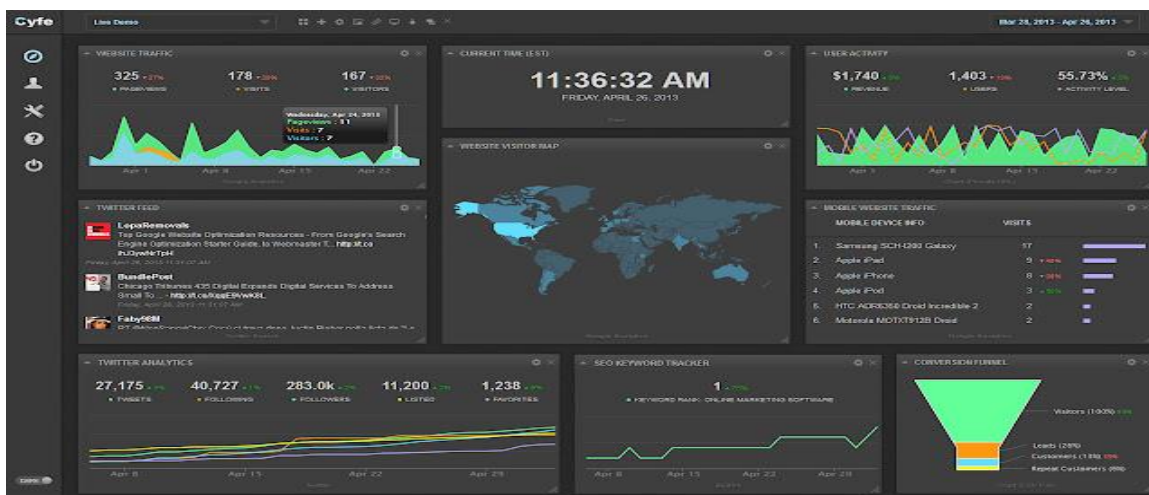
**Tabla 5.***Comparativo de Power Bi*

<b>Ventajas de Power BI</b>		<b>Desventajas de Power BI</b>	
-	Unifica los procesos analíticos	-	Si se compra el programa por separado,
-	Es una herramienta visual e intuitiva		el costo de la licencia es elevado
-	Se integra con otras plataformas	-	Costo de licencia por mes \$10
-	Seguridad y privacidad		USD/mes
-	Mas control más rentabilidad		

Fuente: *Evotic***4.4.2 CYFE**

Es una herramienta que podemos utilizar para crear cuadros de mando en línea para nuestros indicadores comerciales. Mediante el uso de Cyfe, podemos diseñar paneles de control únicos en los que podemos incorporar datos de otros sitios web y hojas de cálculo. Tener una comprensión global de los indicadores que tienen un impacto en varios departamentos corporativos es un beneficio significativo de este enfoque centralizado.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Figura 32.***Panel de Cyfe*

Fuente: Página web de Cyfe

**Tabla 6.***Comparativo de Cyfe*

Ventajas de Cyfe	Desventajas de Cyfe
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Es una herramienta muy intuitiva y fácil de usar</li> <li>✓ Puede monitorear gran cantidad de aplicativos en línea.</li> <li>✓ Ofrece las estadísticas a tiempo real del movimiento en las redes sociales y aplicaciones.</li> <li>✓ Manipulación del panel de control a libre elección</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pocas variaciones en el panel de diseño.</li> <li>✓ Costo de licencia de \$ 19 USD/mes</li> </ul>

Fuente: Blog estrategia Digital

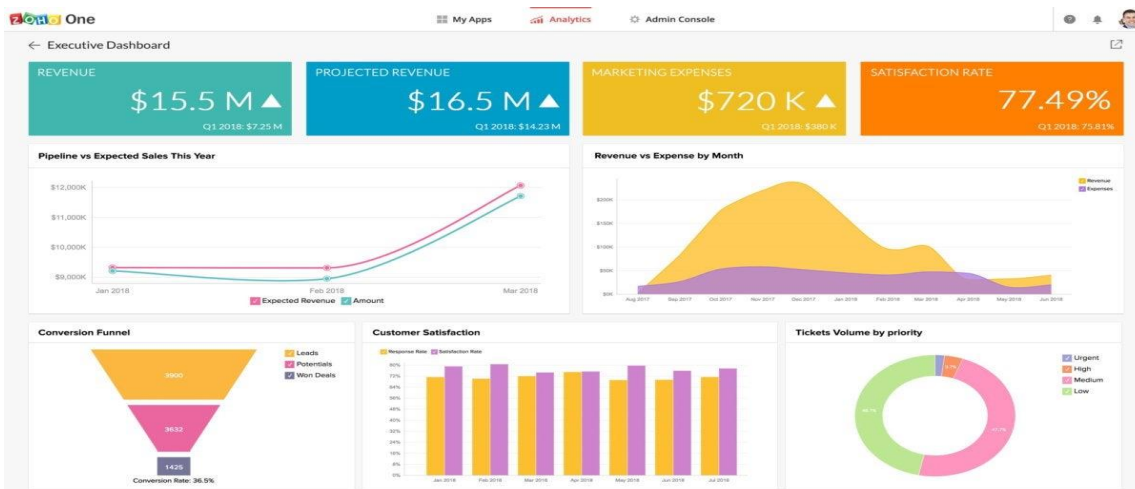
GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

4.4.3 Zoho

Zoho es una herramienta en línea que permite que todas las áreas de una empresa se conecten y colaboren a través de la tecnología en la nube. (Cesar Acosta,2017)

Figura 33.

Panel de Zoho



Fuente: Zoho

Tabla 7.

Comparativo de Zoho

Ventajas de Zoho	Desventajas de Zoho
✓ No requiere mucho Software para operarlo.	✓ No funciona si no hay internet

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| ✓ | Es una plataforma intuitiva.  | ✓ | Zoho no resuelve todos los detalles de la empresa |
| ✓ | No es necesario tener un área de IT (tecnologías de la información) | ✓ | Costo de licencia \$30 USD/mes                    |

---

Fuente: Página Web de Zoho

Después de haber revisado los programas, su funcionalidad y la sencillez con que se puede manejar y presentar los datos finales, se decide seleccionar POWER BI por las siguientes razones:

- La empresa ya cuenta con la licencia de Microsoft, aunque Power Bi no está incluida en el paquete, pagando el adicional de \$10 USD mensuales, es posible acceder al programa.
- La increíble facilidad con que el programa puede acceder a información de cualquier plataforma, página web, PDF o base de datos.
- El hecho de usar programas de un mismo software permite que el flujo de información sea más directo, sin la necesidad de utilizar otro programa para enlazarse.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

#### 4.5 Diseñar un *DASHBOARD* para la presentación de indicadores de desempeño energético de la planta

Gracias a Power Bi, es posible realizar enlaces e interconexiones entre los aplicativos utilizados en la empresa para la recolección y almacenamiento de la información. Desde Microsoft Forms, pasando por las distintas hojas de almacenamiento de datos en Microsoft Excel hasta finalmente compilarlos en la interfaz de Power Bi y presentar los resultados; en la imagen siguiente se muestra un diagrama de bloques sencillo del proceso

#### Figura 34.

##### *Vista de linaje – credenciales de origen de datos*



Fuente: Autor

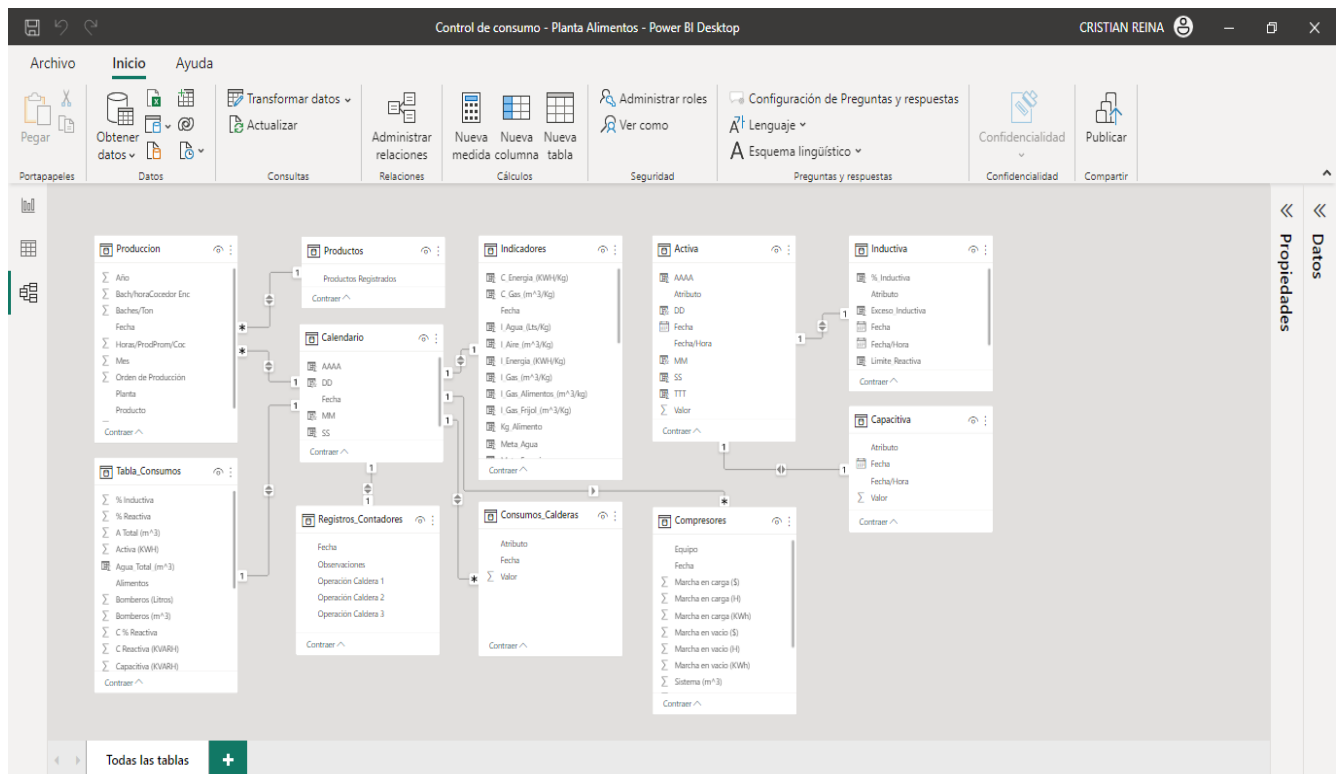
Sin embargo, este diagrama no es suficiente para programar el *DASHBOARD*, ya que se busca que la información se compile automáticamente y muestre en pantalla gráficos para interpretar los indicadores y el resumen de todos los datos, establecer un límite de consumo de energía y que también se pueda apreciar que tan cerca o lejos se encuentra el proceso de este valor.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

Para esto es necesario crear una red de conexión entre todos los datos, de manera que, al ingresar la información de los cuestionarios, la *DASHBOARD* automáticamente pueda realizar los cálculos de los indicadores y muestre los resultados en pantalla.

**Figura 35.**

*Vista 1 diagrama de relaciones entre tablas en Power Bi*

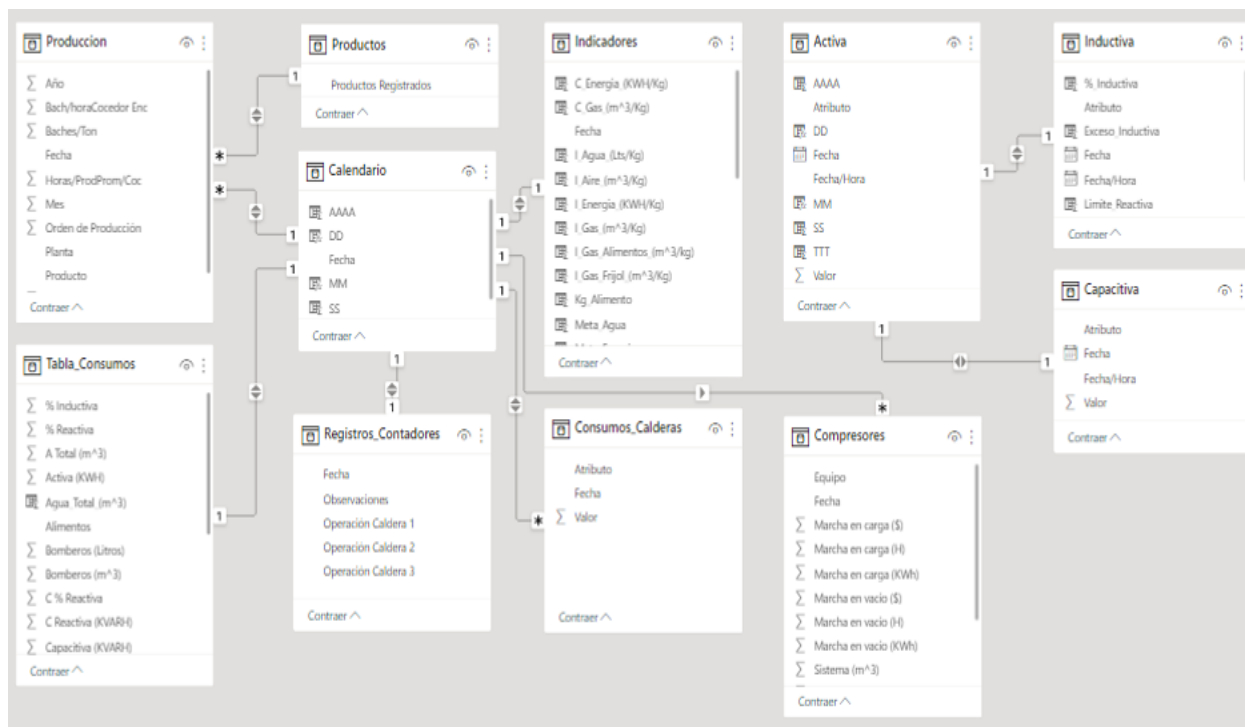


Fuente: Autor

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

Figura 36.

Vista de modelo – relaciones entre tablas de datos



Fuente: Autor

De esta manera Power Bi, cruza la información y permite ver en pantalla de manera rápida los indicadores y la desviación del indicador respecto a la meta establecida. La manera de presentar los datos se selecciona a criterio propio, pero se busca que cada selección tenga justificación y relación con lo que se desea informar. A continuación, se presentan imágenes de la DASHBOARD diseñada para una planta de alimento para aves de corral en Bucaramanga.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

Figura 37.

*DASHBOARD principal – Presentación Gerencial*

Fuente: Autor

En la *figura 37* se puede apreciar el diseño de la página principal del *DASHBOARD*, mostrando a su izquierda de manera general el nivel de consumo de cada servicio, con su respectiva meta establecida y la desviación respecto a la misma. En la parte derecha se muestra el valor de las toneladas de alimento para aves de corral producido por la empresa en los primeros 4 meses del año 2023, un gráfico circular representa la distribución del total producido en cada tipo de alimento que ofrece la empresa.

Adicional a esto, se presenta un indicador de huella de carbono, con el fin de calcular el impacto ambiental del proceso productivo y la disminución de este impacto al pasar del tiempo, con la idea de disminuir al máximo el impacto haciendo mejoras gracias a la acción rápida de los indicadores de desempeño.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

$$\text{Huella de carbono (Ton CO}_2\text{)} = \text{Consumo energía} \frac{\text{KWh} * 0.126}{1000} + \text{Consumo gas} \frac{\text{m}^3 * 2.1005}{1000} \quad (4)$$

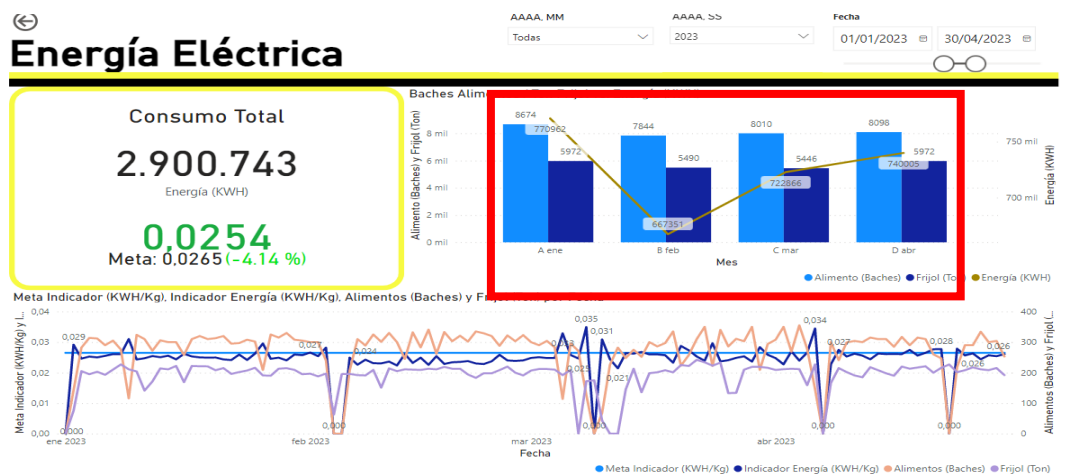
La ecuación (4), representa el cálculo del indicador de huella de carbono de acuerdo con el consumo de energía eléctrica y consumo de gas natural. Las constantes 0.126 y 2.1005 fueron determinadas por la unidad de planeación minero-energética (UPME) que es la encargada de la planeación del desarrollo sostenible de los sectores de minas y energía en pro de disminuir el impacto en el medio ambiente. (UPME, 2016)

Por otra parte, como la finalidad del programa también es mostrar un histórico de los valores de consumo de cada servicio, la *DASHBOARD* se programa para que, al seleccionar el recuadro de cada servicio, abra una pestaña nueva y muestre solo los datos del servicio seleccionado. Por ejemplo, en la pantalla principal al momento de seleccionar el recuadro amarillo correspondiente a consumo de energía eléctrica, automáticamente se despliega la información histórica de consumo del servicio, con la facilidad de poder cambiar la forma de presentar la información de los tiempos de consumo.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

Figura 38.

Presentación grafica de consumo mensual de energía eléctrica



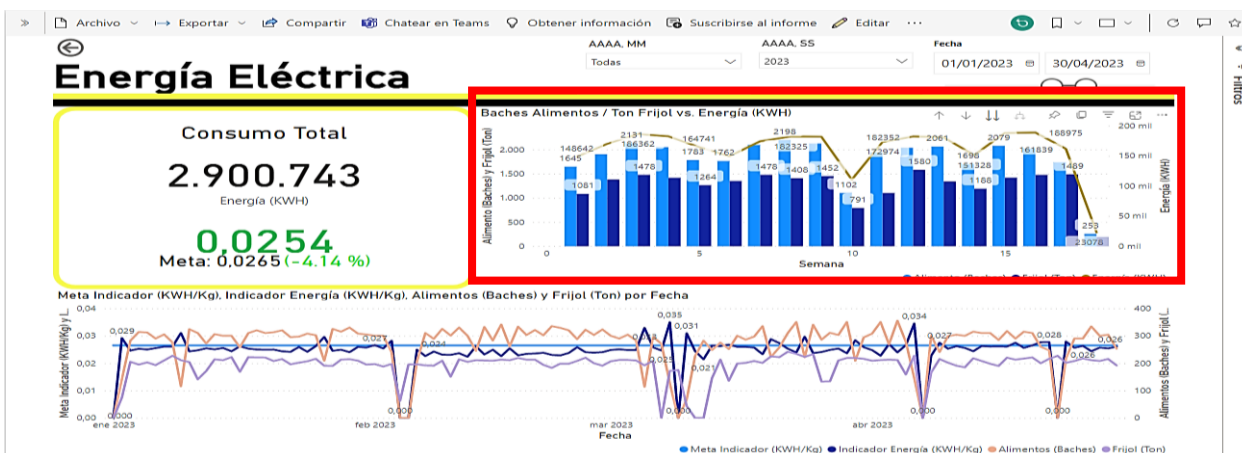
Fuente: Autor

En la *figura 38* se puede observar el consumo total de energía eléctrica en los primeros cuatro meses del año, a su vez se puede ver un diagrama de barras que permite conocer la cantidad de alimento producido, las toneladas de frijol cocido y el total de energía eléctrica gastada mes a mes. Es posible cambiar la presentación de la distribución del consumo de energía eléctrica a consumo por semanas o días con el fin de facilitar la comparación e interpretación de la tendencia del gráfico y la identificación de posibles consumos excesivos que necesiten ser revisados y controlados.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

Figura 39.

Presentación grafica de consumo semanal de energía eléctrica



Fuente: Autor

Todo esto es posible gracias a la programación preestablecida en Power Bi, que permite evaluar de una mejor manera el comportamiento de los registros de consumo de servicios y así permitir la toma de decisiones rápida y oportuna.

Figura 40.

Presentación grafica de consumo diario de energía eléctrica



Fuente: Autor

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

## 5. Resultados

La finalidad de este proceso se centraba en diseñar un sistema de información para la gestión de indicadores de desempeño energético. Que presentara información clara y precisa en tiempo real del comportamiento de la planta, asimismo que estuviera en línea para fácil consulta, por el grupo administrativo, para identificar desviaciones y tomar acciones oportunas.

A continuación, se presentarán los *Dashboard* que fueron implementados en la planta, y que actualmente se presentan en los comités gerencia en planta semanalmente, como parte del seguimiento y control para garantizar el mejor desempeño energético de los procesos, y que guie en la determinación de mejoras.

**Figura 41.**

*Dashboard principal – Resumen Gerencial*



Fuente: Autor.

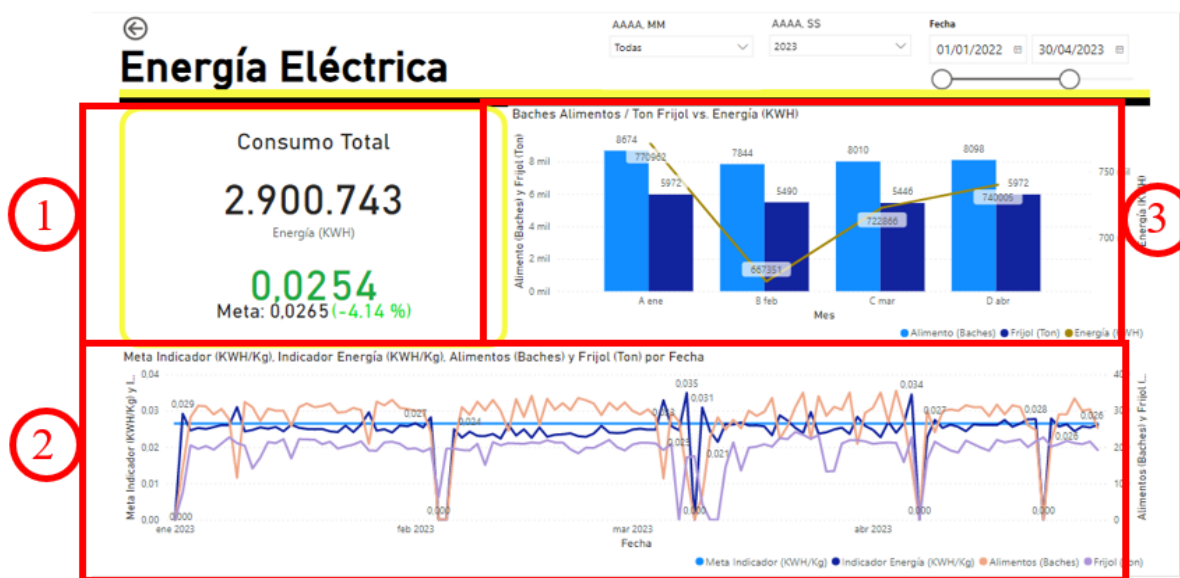
## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

En la imagen anterior se identifica:

1. La huella de carbono, calculada a partir de los consumos de energía y gas
2. Valores de Consumo de cada servicio, con su respectivo indicador de desempeño, y la desviación respecto a la meta establecida a partir de la línea base.
3. Filtros para visualizar periodos a evaluar.
4. Resumen del total de la producción en toneladas de alimento balanceado y frijol inactivado
5. Distribución de los tipos de producto final procesados en planta.

**Figura 42.**

*Dashboard Indicador de Desempeño – Consumo Energía Eléctrica*



Fuente: Autor.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

En la imagen anterior se identifica:

1. Consumo de Energía, y el indicador de desempeño, junto con la desviación respecto a la meta establecida a partir de la línea base
2. Grafica de Producción de Alimento y Frijol vs. El Indicador diario
3. Grafica de Producción de Alimento y Frijol vs. El consumo de energía

**Figura 43.**

*Dashboard para análisis de calidad de energía eléctrica*



Fuente: Autor.

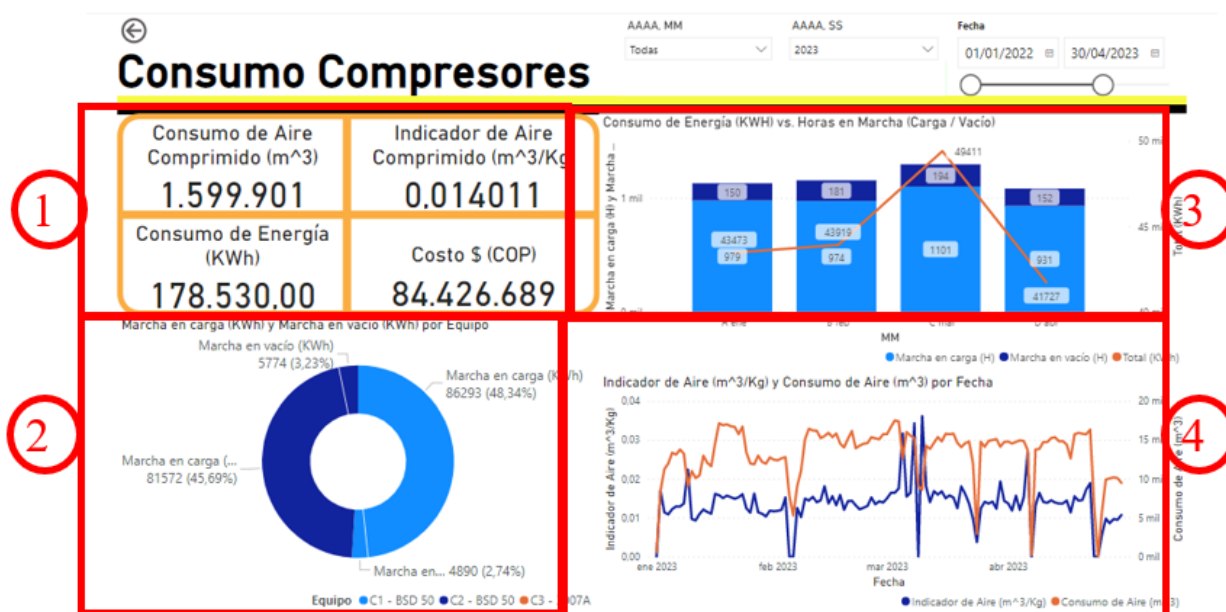
En la imagen anterior se identifica:

1. Consumo de Energía, Exceso de energía reactiva inductiva y capacitiva, penalizables por el proveedor de servicios.
2. Grafica de Energía Activa, Inductiva y Capacitiva vs. Límite de reactiva permitida por el proveedor y % de energía inductiva respecto a la activa.
3. Grafica de Energía Activa, e Inductiva vs. la energía reactiva penalizable.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

**Figura 44.**

*Dashboard Indicador de Desempeño – Consumo de Aire Comprimido*



Fuente: Autor.

En la imagen anterior se identifica:

1. Consumo de Aire Comprimido, Equivalencia de consumo en Energía, Indicador de desempeño del aire comprimido, y costo teniendo en cuenta la tarifa mensual
2. Grafica de porcentaje de operación de los compresores, separando el tiempo de marcha en carga y marcha en vacío.
3. Grafica de Energía vs. Horas de operación de los compresores en marcha y en vacío.
4. Consumo de aire vs indicador de desempeño teniendo en cuenta la producción.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

Figura 45.

*Dashboard Indicador de Desempeño – Consumo de Gas Natural*



Fuente: Autor

En la imagen anterior se identifica:

1. Consumo de gas, y el indicador de desempeño, junto con la desviación respecto a la meta establecida a partir de la línea base
2. Grafica de Producción de Alimento y Frijol vs. El Indicador diario
3. Grafica de Producción de Alimento y Frijol vs. El consumo de gas
4. Distribución de consumo en cada caldera

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

Figura 46.

## Dashboard Indicador de Desempeño – Consumo de Agua



Fuente: Autor

En la imagen anterior se identifica:

1. Consumo de agua, y el indicador de desempeño, junto con la desviación respecto a la meta establecida a partir de la línea base
2. Grafica de Producción de Alimento y Frijol vs. El Indicador diario
3. Grafica de Producción de Alimento y Frijol vs. El consumo de agua
4. Distribución de la forma de ingreso de agua: acueducto o compra de agua a los bomberos (cuando falla el suministro del acueducto).

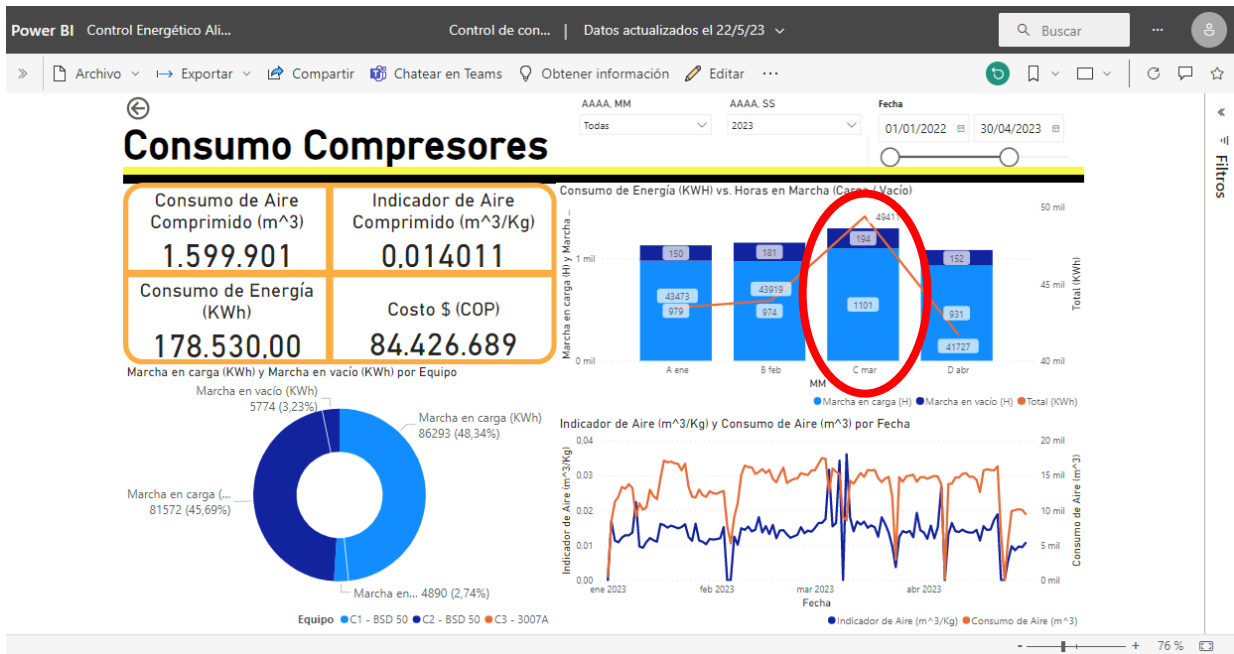
## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

## 5.1 Ejemplo de respuesta a la desviación gracias a la implementación y seguimiento del DASHBOARD

Haciendo revisión de los indicadores y de los datos de consumo de energía eléctrica en el medidor de los compresores, se encontró un pico de consumo que se salía del rango normal establecido, como lo muestra la *figura 47*, en el mes de marzo, se presenta un consumo elevado que alertó al personal de mantenimiento a realizar una inspección para encontrar respuesta a este consumo substándar.

**Figura 47.**

*Consumo mensual de servicio de energía eléctrica en el área de compresores*



Fuente: Autor

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

Para tratar la situación primero se realizó la inspección visual y manual de las conexiones neumáticas, y se realizaron las correcciones a los hallazgos, sin embargo, no se normalizó el consumo, lo que, si se pudo apreciar, es que los compresores estaban trabajando continuamente, sin relevo, esto a su vez genera un mayor consumo de energía, como dato relevante por cada 2 psi de incremento en la presión de operación, el consumo de energía en los compresores se eleva en 1%. (Generator, 2017)

Sin embargo, a pesar de que los compresores tenían un aumento en la presión de operación, las maquinas que aprovechan el aire comprimido estaban trabajando con baja presión, lo que significaba continuidad en la fuga de aire en las líneas de trabajo, razón por la cual el personal de mantenimiento implementa el uso de un equipo *ultraprobe 3000* (ver figura 48), un instrumento de inspección de ultrasonido digital que permite detectar fugas de aire que son imperceptibles para el oído humano.

### Figura 48.

*Medidor de ultrasonido Ultraprobe 3000*



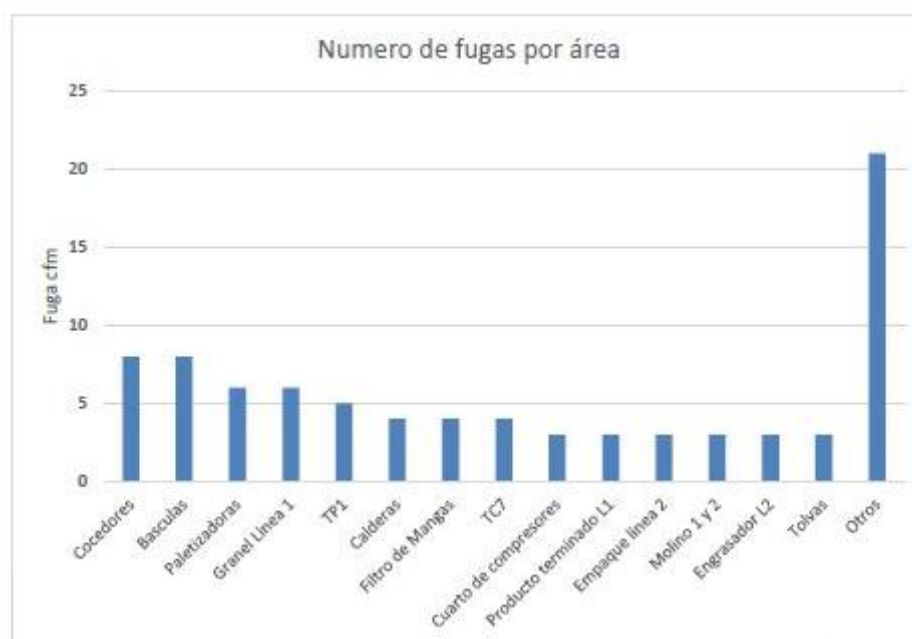
Fuente: Kaeser

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

Con la implementación de este instrumento fue posible detectar 85 fugas de aire en todas las líneas de trabajo que no se habían detectado con anterioridad, algunas con mayor intensidad que otras, pero que sumadas, eran lo suficientemente grandes como para generar un aumento en el consumo energético.

### **Figura 49.**

*Numero de fugas encontradas en cada área de trabajo*



Fuente: Autor

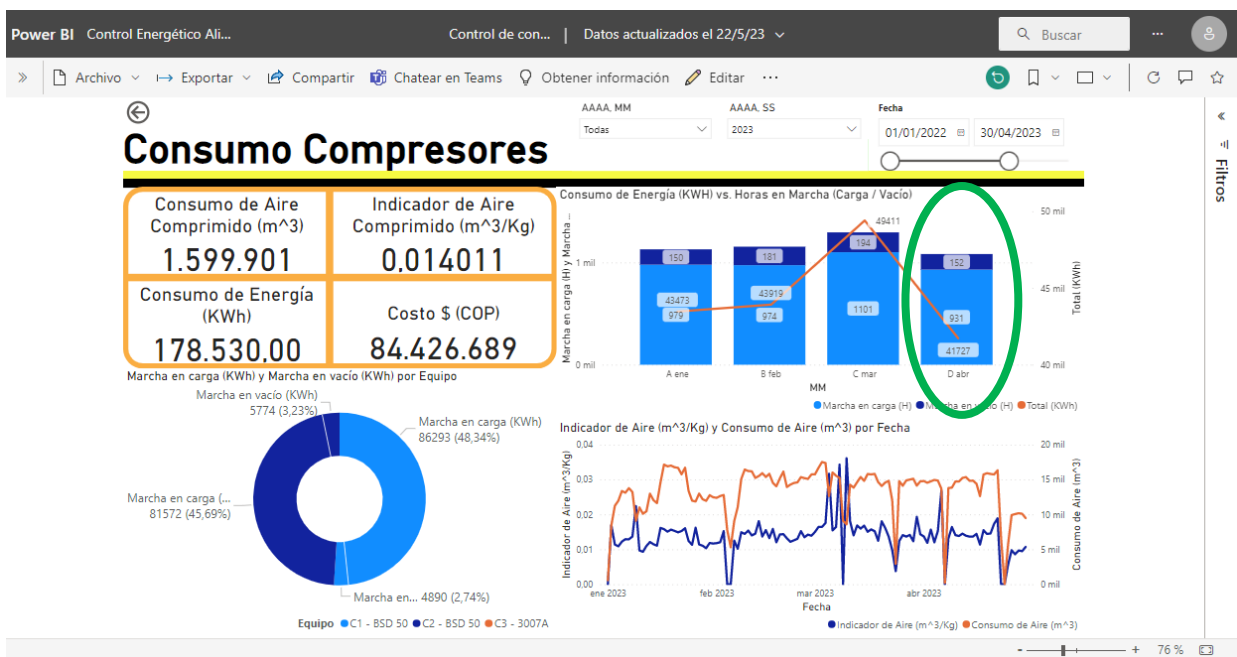
Una vez detectadas las fugas, se programa una orden de mantenimiento correctivo para el día 23 de abril, justo en la programación de parada de planta, facilitando el cambio de las mangueras en las líneas de trabajo que presentaban fugas considerablemente altas y sellado/ajuste de las líneas con fugas menores. De esta manera se logra corregir las pérdidas de aire, permitiendo

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

que los compresores vuelvan a trabajar en condiciones normales y a su vez disminuir el consumo de energía eléctrica, esto se puede apreciar en la *gráfica 50*.

**Figura 50.**

*Consumo de energía de energía eléctrica en los compresores*



Fuente: Autor

## 6. Conclusiones

De acuerdo con el avance realizado en este proyecto en términos generales y siguiendo los lineamientos para la implementación de la norma ISO 50001 se puede concluir que se alcanzaron los objetivos propuestos en este trabajo, debido a que se logró desarrollar e implementar un sistema de información como herramienta a nivel compañía, que mide, monitorea, y evalúa los resultados del consumo energético respecto a la producción.

- ✓ La compañía aprobó el uso de las herramientas ofimáticas de Microsoft para la presentación de los informes de indicadores de desempeño energético y demás informes de la empresa, gracias a la practicidad y facilidad de presentar, compartir y comunicar la información.
- ✓ La implementación de la plataforma ha permitido identificar desviaciones a los consumos normales, gracias al seguimiento diario, que exige la verificación de los diferentes sistemas, equipos y procesos, para corregir o mejorar desde el origen de la situación, es un cambio significativo, al de tener que esperar a fin de mes, para evaluar los hechos cumplidos, que dificulta identificar el origen real de la desviación.
- ✓ El entorno gráfico hace la interacción amigable, permite a la gerencia tener un panorama claro de la realidad energética de la planta. Facilitando la toma de decisiones enfocadas en la Sostenibilidad, muestra los resultados de los cambios efectuados.

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

- ✓ Actualmente por su fase temprana la herramienta se enfoca en la corrección de las desviaciones en los consumos, producto de fallas en los equipos o malas operaciones en la producción; sin embargo, prepara al grupo director a conocer sobre su propia operación, llevando a una evaluación e inminente evolución en la forma en la que se ejecutan las actividades.
- ✓ Se definieron las líneas base de consumo energético de cada servicio a partir de los históricos, permitiéndonos fijar metas a corto plazo, centrados en alcanzar la operación óptima de los equipos actuales; y a largo plazo, implementación de nuevas tecnologías (la instalación de variadores, arrancadores suaves o motores de mayor eficiencia) o la instalación de equipos que aumenten el rendimiento (economizador en calderas).
- ✓ Se digitalizó y automatizó todo el proceso de recolección de información, pasando de la toma de datos por parte de los técnicos directamente al grupo de directores de la planta, sin la necesidad de la intervención en la digitación de tablas, que no solo elimina la espera, sino que evita el consumo de papel, así mismo ayuda en el control de la huella de carbono que impacta claramente en la sostenibilidad.
- ✓ Se realizó la compra de medidores, para sectorizar los consumos, inicialmente se escogieron los equipos en planta con el consumo energético más significativo, para realizar monitoreo y control, con un histórico

## **7. Recomendaciones**

- ✓ Establecer una política energética sobre la compra de los equipos nuevos, enfocados en la eficiencia energética y sostenibilidad, para complementar el proceso de mejora continua.
  
- ✓ La implementación del sistema surge con la toma de datos por parte de los técnicos en campo, se debe automatizar la toma de datos, crear los accesos de comunicación de los medidores a las bases de datos SQL de la compañía.
  
- ✓ Continuar la implementación de los medidores de energía, para seccionar los consumos, permitirá mejorar el diagrama Sankey, al conocer los consumos reales de los equipos.

## 8. Referencias Bibliográficas

- Bustillo, L. y Martínez, J.P., Los enfoques del desarrollo sustentable Interciencia, [en línea]. 33(5), 2008, pp. 389-395, [Consultado 28 de Noviembre de 2022]. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442008000500014&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442008000500014&lng=es&tlng=es)
- Campos, J. C., & Prias, O. F. (2013). Implementación De Un Sistema De Gestión De La Energía, Guía Con Base En La Norma ISO 50001. Universidad Nacional de Colombia.
- ClimateWorks Foundation. (2019, 23 octubre). WHEEL-Warehouse for Energy Efficiency Loans. <https://www.climateworks.org/report/energy-efficiency-loans/>
- Dzene, I., Polikarpova, I., Zogla, L., & Rosa, M. (2015). Application of ISO 50001 for Implementation of Sustainable Energy Action Plans. Energy Procedia, 72, 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.06.016>
- Empresas sostenibles: Del dicho al hecho. [en línea]. [Revisado 28 de Noviembre de 2022]. Disponible em: <http://www.dinero.com/edicion-empresa/especial-comercial/articulo/empresas-sostenibles-del-dicho-hecho/77403>

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

- Generator, M. (2017, 27 marzo). Fugas en un Sistema de Aire Comprimido. Aire Comprimido KAESER. <https://airecomprimidokaeser.com/index.php/2016/09/26/fugas-en-un-sistema-de-aire-comprimido/#:~:text=Cuando%20la%20cantidad%20de%20fugas,muestra%20en%20la%20Tabla%201.>
  
- ISO (Ed.). (2018). ISO 50001. Norma 50001. <https://web.archive.org/web/20140222133902/http://www.tuv-sud.es/uploads/images/1381758709574745940218/es-tuv-sud-iso-50001-sistema-gestion-energia-pdf.pdf>
  
- Kibria, A., Akhundjanov, S. B., & Oladi, R. (2019). Fossil fuel share in the energy mix and economic growth. *International Review of Economics and Finance*, 59(September 2018), 253–264. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2018.09.002>
  
- Mercado, A. y Cordova, K., Desarrollo sustentable – industria: Más controversias menos respuestas. *Ambiente & Sociedade*, [en línea]. VIII (1), 2005. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31780103>

## GESTION DE INDICADORES DE DESEMPEÑO ENERGETICO

- Ramírez, A., Sánchez, Núñez, J. y García, A., El desarrollo sustentable: interpretación y análisis. Revista del Centro de Investigación. Universidad La Salle, julio-diciembre, [en línea]. pp.55-59, 2004. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34202107>

- Suárez, A., Sustentabilidad empresarial, seguridad energética y ética ambiental en Chile. Acta Bioethica, 19(2), pp. 199-208, 2013. DOI: 10.4067/S1726-569X2013000200004 [11] Empresas sostenibles: Del dicho al hecho.