

# **IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA PLANTA DE COCA COLA FEMSA MEDELLÍN**

**JUAN DAVID ARIAS MADRID  
SEBASTIAN CASAS LONDOÑO**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniería Industrial.**

**Director:**

**Jahir Alejandro Builes Monsalve**

**Jefe de Mantenimiento de Coca Cola FEMSA Medellín**



**UNIVERSIDAD EIA  
INGENIERIA INDUSTRIAL  
ENVIGADO  
2016**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

# CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN .....	10
1. PRELIMINARES .....	12
1.1 Planteamiento del problema .....	12
1.1.1 Formulación del problema .....	12
1.1.2 Definición del problema .....	12
1.1.3 Antecedentes .....	13
1.1.4 Justificación .....	14
1.2 Objetivos del proyecto .....	14
1.2.1 Objetivo General .....	14
1.2.2 Objetivos Específicos .....	14
1.3 Marco de referencia .....	15
1.3.1 Historia del concepto Seis Sigma .....	15
1.3.2 Seis Sigma .....	15
1.3.3 Estructura del Seis Sigma .....	16
1.3.4 DMAIC .....	17
1.3.5 Principios del Seis Sigma .....	18
1.3.6 Poka-yoke .....	19
1.3.7 Refrigeración por compresión- Ciclo de Carnot .....	20
1.3.8 Siete desperdicios de Lean Manufacturing .....	21
1.3.9 Gráficos de Pareto .....	22
1.3.10 Diagrama Causa Efecto .....	22

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

2. METODOLOGÍA .....	25
3. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	27
3.1 Definir. ....	27
3.2 Medir.....	27
3.3 Analizar.....	33
3.4 Implementar:.....	43
3.5 Controlar .....	50
4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	52
5. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES .....	60
BIBLIOGRAFÍA .....	62

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Consumos por centro de costos Enero a Junio año 2014.....	28
Tabla 2 Consumos por centro de costos Julio a Diciembre 2014 .....	28
Tabla 3 Total Consumos año 2014 .....	29
Tabla 4 Porcentaje del consumo total que representa cada área .....	31
Tabla 5 Producción de litros de bebida del mes de diciembre 2014 .....	32
Tabla 6 LISTA DE PUNTAJES ANALISIS CAUSA EFECTO .....	40
Tabla 7 Estratificación de consumos de energía eléctrica por centro de costos 2014 .....	42
Tabla 8 Consumo 2014 vs Consumo 2015 .....	52
Tabla 9 Eficiencia 2014 vs 2015.....	57

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estructura diagrama causa efecto .....	24
Figura 2 Estratificación de los consumos en planta.....	30
Figura 3 Áreas de la planta con mayores consumos de energía eléctrica.....	31
Figura 4 Cuadro de consumos de la planta .....	33
Figura 5 Líneas base año 2014 por línea de producción.....	34
Figura 6 Análisis diagrama de Ishikawa.....	40
Figura 7 GRAFICO DE PUNTAJES ANALISIS CAUSA-EFECTO .....	42
Figura 8 Áreas sin justificar.....	44
Figura 9 Cámara termográfica.....	46
Figura 10 Interfaz de informe de termografía.....	47
Figura 11 Imagen térmica y digital del tablero de control de la línea doble .....	47
Figura 12 Motor de alta eficiencia.....	48
Figura 13 Especificaciones del equipo.....	49
Figura 14 Carta de compromiso.....	51
Figura 15 Eficiencia OH 2014 vs 2015.....	53
Figura 16 Eficiencia Doble 2014 vs 2015.....	53
Figura 17 Eficiencia R-84 2014 vs 2015.....	54
Figura 18 Eficiencia Krones 2014 vs 2015.....	54
Figura 19 Eficiencia BIB 2014 vs 2015.....	55
Figura 20 Eficiencia Refrigeración 2014 vs 2015.....	55
Figura 21 Eficiencia Aire 2014 vs 2015.....	56

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Figura 22 Eficiencia Subestación 1 2014 vs 2015 .....	56
Figura 23 Eficiencia 2014 vs 2015 .....	58
Figura 24 Disminución del consumo kW /h 2014 VS 2015.....	59

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO 1-CUADROS DE CONSUMO DE kW/DIA Y LITROS DE BEBIDA AÑO 2014 ....	65
ANEXO 2 TABLAS DE CONSUMO kW / MES AÑO 2015 .....	71
ANEXO 3 CHECK LIST REALIZADO AL FINALIZAR PRODUCCION .....	77
ANEXO 4 CHECK LIST PARA CAMBIO DE REFERENCIA.....	79
ANEXO 5 INFORME CAMBIO DE ILUMINACION POR TECNOLOGIA LED .....	82
ANEXO 6 TABLA DE PUNTAJES DIAGRAMA DE ISHIKAWA .....	83

## **RESUMEN**

La eficiencia en el uso de la energía eléctrica es de gran importancia para las empresas pertenecientes al sector industrial, debido a que es uno de los recursos más utilizados para la producción. Un alto porcentaje de los costos operacionales de las empresas están directamente relacionados con la utilización de dicho recurso y además de esto gran parte de los impactos ambientales, producto de las actividades de las empresas, se pueden relacionar con el uso de la energía eléctrica.

La planta de Coca Cola FEMSA Medellín, la cual es una de las principales embotelladoras de Colombia, busca con la ejecución de este proyecto incrementar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica en sus procesos productivos, mediante la implementación de la metodología Six Sigma y su herramienta DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar), la cual busca obtener un mayor control en los procesos productivos y promover la mejora continua al interior de la planta de producción, para llevar a cabo las mediciones y la realización de las actividades necesarias, se cuenta con el apoyo de la empresa y sus empleados

Palabras clave: Seis Sigma, Energía Eléctrica, Planta Embotelladora, Coca Cola, Eficiencia, Excelencia operacional.



## **ABSTRACT**

The efficiency in the use of electric energy is an aspect of great importance for the companies that belongs to the industrial sector, because it's one of the most used resources for production activities. A high percentage of the operational cost is related to the use of this resource, moreover a great part of the impact for the environment due to the activities of the companies, can be related to the use of electric energy.

The plant of Coca Cola FEMSA Medellin, which is one of the most important bottling plants in Colombia, they seek with the implementation of this project, to increase the efficiency in the use of electric energy in their operational processes, using the Six Sigma methodology and the DMAIC tool (Define, Measure, Analyze, Improve and Control), which is used to gain a better control witting the productive processes and promote the continuous improvement within the plant, for the measure activities and the execution of the project has the support of the company and its employees.

Key words: Six Sigma, Electric Energy, Bottling Plant, Coca Cola, Efficiency, operational excellence.

## INTRODUCCIÓN

Hoy en día la competencia entre empresas por aumentar su participación en el mercado es cada vez más ardua, en especial para las compañías dedicadas a la producción y venta de bebidas no alcohólicas en Colombia, debido a que el mercado se encuentra repartido entre pocas empresas. Por esta razón, tener una alta eficiencia en el uso y manejo de recurso es un factor clave para garantizar la competitividad, partiendo de esto, la planta de Coca Cola FEMSA Medellín inicio una campaña de Excelencia Operacional para aumentar la eficiencia en sus procesos productivos, uno de los proyectos resultantes, tiene como objetivo aumentar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica y al mismo tiempo disminuir su consumo.

Teniendo como meta aumentar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica, la planta conformo un equipo multidisciplinario, el cual, para la ejecución y desarrollo del proyecto, implementó la metodología Seis Sigma y la herramienta DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Implementar y Controlar). Utilizando dicha herramienta, el grupo de trabajo decidió caracterizar el estado actual del consumo de la energía eléctrica en la planta, para alcanzar este objetivo e identificar los procesos y las áreas productivas en donde el consumo de este recurso era más alto, se hicieron mediciones de los consumos de los kW/h y la producción de litros de bebida; basados en estas mediciones e información histórica, se construyeron líneas base para cada uno de los procesos y partiendo de esta información se identificaron oportunidades de mejora.

Entre las oportunidades de mejora se encontró que la planta tenía consumos muy altos de energía los domingos y días festivos, los cuales no aportaban producción de litros de bebida, por esta razón fue necesario evaluar las actividades que se realizaban durante esos días y capacitar al personal en el uso racional de la energía. Además de esto, para las áreas en donde el consumo era más alto, se intervinieron los equipos que requerían mantenimiento y se establecieron rutinas de mantenimiento preventivo para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos, y se buscó que estas máquinas fueran utilizadas de la manera más eficiente posible, teniendo en cuenta la capacidad de las mismas. También, se realizaron inversiones en equipos de alta eficiencia y el uso de tecnología LED para disminuir los consumos.

Para garantizar que las mejoras implementadas durante el proyecto, perduren en el tiempo y que los resultados alcanzados no se pierdan, fue necesario establecer medidas de control y responsabilizar al personal de estos procesos, con esto se

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

asegura que el aumento en la eficiencia de la planta y la disminución del consumo de energía eléctrica resultante de este proyecto se mantengan en el futuro.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

# 1. PRELIMINARES

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1.1 Formulación del problema

Actualmente en América latina el mercado de las bebidas no alcohólicas se encuentra en un gran crecimiento (lpf.com.co, 2013) y entre los países con mayor potencial en el sector se encuentra Colombia en donde el mercado de bebidas no alcohólicas ha incrementado en un 40% durante los últimos 5 años y se espera que continúe creciendo (Portafolio.co, 2014). Pero este crecimiento implica grandes costos alrededor de los procesos productivos, ya que cada día se exige que el mercado esté abastecido de producto. Dentro de todos estos costos, la eficiencia energética marca la pauta en cuanto a la reducción de los mismos, ya que el uso sin pausa de maquinaria de producción, herramientas eléctricas, luminarias y equipos de cómputo, aumentan el consumo de energía eléctrica e invitan a buscar soluciones y plantear estrategias que eliminen o reduzcan estos elevados costos.

Hoy por hoy las acciones empleadas por Coca Cola-FEMSA para contener esta problemática energética, no han reducido significativamente el consumo, por eso, mediante calificaciones y análisis de los estados actuales de uso energético, no sólo se reducirán los gastos de energía, sino que se aumentará principalmente la eficiencia energética que permitirá una competencia más fuerte en el mercado.

Actualmente el mercado se encuentra dominado por pocas empresas entre ellas Coca Cola FEMSA, lo que vuelve de gran importancia el mantener una alta competitividad frente a las demás empresas del sector de bebidas no alcohólicas.

### 1.1.2 Definición del problema

Debido a que el presente trabajo está enfocado en una organización que busca la mayor eficiencia en su desempeño, que para lograr sus objetivos se apoya en la metodología Seis Sigma, punto de partida para la consecución y el desarrollo de la calidad y que ve en el uso de la energía eléctrica un factor determinante en la obtención de la excelencia operacional; es posible plantear la siguiente pregunta ¿es posible incrementar la eficiencia en el consumo de energía eléctrica en planta, con base en el desarrollo de una metodología Seis Sigma?

### 1.1.3 Antecedentes

Durante los años 2010 y 2011 en una embotelladora ubicada en Quito Ecuador, se utilizó la metodología Seis Sigma con el fin de mejorar los indicadores clave en el área de manufactura y así optimizar el uso de materias primas y los recursos de la compañía. Al finalizar el proyecto se logró cumplir con los objetivos propuestos mejorando los indicadores y la eficiencia en las líneas de producción sobrepasando en algunos casos las metas propuestas por la gerencia de la planta.(Guevara U, 2011)

El Seis Sigma también ha sido aplicado en empresas de infraestructura vial para mejorar la calidad en los procesos. Durante el año 2009 un proyecto realizados con una empresa del sector, logro por medio de esa metodología identificar variables claves en los procesos de construcción, las cuales se podían controlar y con base en estas se propusieron estrategias de mejora que permitían aumentar la productividad de la empresa, disminuir los errores y fallas en los procesos logrando una disminución en los costos operacionales y mayores utilidades.(Escobar Garcés & Pérez Ramírez, 2009)

La metodología Lean Seis Sigma (LSS), en cual se utilizan conceptos tanto de manufactura esbelta como de Seis Sigma, se aplicó en una empresa fabricante de muebles de madera, para poder aplicar el LSS se capacitó a la dirección y a los empleados logrando así establecer una cultura de mejoramiento continuo en toda la organización, posteriormente se aplicó la metodología DMAIC ( Definir, Medir, Analizar, Implementar, Controlar) por medio de la cual se identificaron oportunidades de mejora y se realizaron ajustes y control a los procesos productivos buscando lograr una mayor calidad y satisfacción de los clientes. El proyecto dio como resultados mejoras tanto en el ámbito financiero como operacional y se logró aumentar la satisfacción de los clientes al disminuir el número de fallas y devoluciones ocasionadas por productos defectuosos, también dejó como conclusión la importancia de involucrar a las personas que hacen parte de la organización en todos los niveles administrativos para el éxito del proyecto.(Felizzola Jiménez & Luna Amaya, 2014)

LSS también ha tenido aplicaciones en el campo de la salud, fue aplicado en un centro de análisis bioquímico en Niš, Serbia. Este tipo de establecimientos se encarga de tomar muestras de los pacientes por ejemplo de sangre, y se analizan tantas estas como las enviadas por otras clínicas y centros médicos de la ciudad. Es de vital importancia mantener altos estándares de control y calidad en cada uno de los procesos realizados, en este caso se hizo un análisis de las actividades y de los posibles desperdicios que no añaden valor a la actividad que realiza la organización (Defectos, Sobreproducción, inventarios, esperas, mal aprovechamiento de los recursos humanos, transportes innecesarios, exceso de movimientos), con base a ese análisis y a la implementación de Seis Sigma se

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

logró aumentar la calidad en los procesos disminuyendo los desperdicios y además de esto se logró aumentar la eficiencia en el servicio de atención a los pacientes logrando un mayor número de pacientes atendidos en un periodo de tiempo más corto. (Stoiljković, Milosavljević, Mladenović, Pavlović, & Todorović, 2014)

#### **1.1.4 Justificación**

Actualmente es de gran importancia para el sector industrial tener bajo control todos sus procesos productivos debido a que esto permite un mejor manejo de los recursos de la empresa, más específicamente el aprovechamiento de la energía eléctrica en este caso, el cual es uno de los mayores gastos que posee la planta actualmente y además es uno de los mayores impactos ambientales que provoca la actividad de la planta, por medio de la aplicación de la metodología Seis Sigma es posible tener un mayor control sobre los procesos de producción que hay en la planta, lo cual se vería reflejado en un aumento en la eficiencia productiva de la planta y un uso más racional de los recursos al eliminar los desperdicios (Herrera & Fontalvo, 2006).

Además de los beneficios económicos que puede obtener la compañía con el proyecto, también se obtienen grandes contribuciones al medio ambiente al reducir la cantidad de energía eléctrica utilizada en los procesos productivos; lo que además de aportarle a la excelencia operacional por medio de la eficiencia energética, le da a la compañía reconocimiento por su buena gestión ambiental.

Este proyecto también es de utilidad para las demás empresas del sector industrial que busquen tener una mayor eficiencia en sus procesos productivos en cuanto aprovechamiento de la energía eléctrica mediante el uso de las herramientas propuestas por la metodología Seis Sigma y obtener una mayor ventaja con respecto a sus competidores.

## **1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **1.2.1 Objetivo General**

Incrementar la eficiencia en el consumo de energía eléctrica en los procesos productivos de la planta de Coca Cola FEMSA Medellín.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Caracterizar el estado actual del consumo de energía eléctrica en la planta de Coca Cola FEMSA Medellín.

- Identificar a partir de la caracterización inicial, alternativas para la reducción del consumo de energía y el incremento de la eficiencia de energía eléctrica en la planta de Coca Cola FEMSA
- Seleccionar la estrategia que mayor proyección tenga y que sea mejor en la consecución de la eficiencia en el consumo de energía eléctrica en los procesos productivos de la planta de Coca Cola FEMSA Medellín.

### **1.3 MARCO DE REFERENCIA**

#### **1.3.1 Historia del concepto Seis Sigma**

A mediados de los años ochenta cuando la tecnología llegó a niveles tan avanzados que los conocimientos tradicionales acerca de la calidad empezaron a volverse obsoletos, Motorola partiendo de que a medida de que el número de oportunidades de defectos aumenta debe aumentar el porcentaje de perfección, anunció un objetivo a 5 años de tener una tasa de defectos de no más de 3,4 partes por millón, lo que posteriormente se conocería como Seis Sigma. Esta innovadora metodología revolucionó las ideas sobre calidad, ya que de ahí en adelante no se medirían los indicadores de calidad por porcentajes, sino que debían medir los defectos por millón de oportunidades. (Brue, 2002)

En 1986 el ingeniero de la división de comunicaciones de Motorola, Bill Smith, dio a conocer el concepto de Seis sigma respondiendo al incremento en las quejas presentadas por los clientes desde el área de fuerza de ventas, y partiendo de la creación de un nuevo método que impulsara la idea de que los defectos encontrados fueran mínimos y la calidad de la empresa se acercara a la perfección. A partir de esta iniciativa manifestada por Smith, el CEO de Motorola, Bob Galvin, tomó las ideas propuestas por su subordinado y definió el método Seis Sigma como una estrategia central de Motorola en la creación de productos, desencadenando todas estas propuestas y acciones en éxitos futuros para la compañía y en una metodología que se convertiría en la base del concepto de calidad a nivel mundial. (Barney, 2002)

#### **1.3.2 Seis Sigma**

Seis Sigma según (Brue, 2002) es una metodología de trabajo que busca en las organizaciones la eficacia y la eficiencia en sus procesos por medio de la medición estadística de los mismos en término de sus defectos, conseguir este nivel implica que se presenten 3,4 defectos en un millón de oportunidades. Como metodología de trabajo, Seis Sigma se convierte en una filosofía que centra su foco en la gestión de la mejora de sus procesos, como requisito fundamental para reducir los defectos y acercarse a un nivel de calidad casi perfecto.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Para compañías con niveles de producción tan altos como los de Coca Cola FEMSA complementar sus actividades con herramientas como Seis Sigma es de gran importancia, pues además de generar valor con los productos que distribuye, el apoyo en la metodología seis sigma le permite mostrar estándares de calidad, eficiencia y efectividad que además de apoyar la satisfacción de las necesidades del cliente por medio del producto, harán grandes aportes a la cadena de valor. Todo esto se ve reflejado en cada zona de la compañía, ya que al utilizar la herramienta Seis Sigma se puede elegir entre hacerlo para una operación específica, proceso, área o toda la organización en general.

Por sus fundamentos y estructura Seis Sigma pasa a ser más que una “tendencia en la calidad” pues organizaciones que han implementado esta metodología han alcanzado niveles financieros superiores y desarrollado procedimientos exitosos que se derivan en mejores resultados financieros y un marcado crecimiento.

Para medir el éxito o el fracaso de una compañía o grupo de trabajo que implementa Seis Sigma, basta con responder si la actuación de estos cumple o excede con las expectativas del cliente en calidad, tiempo de entrega o costo; pero cumplir con estos requisitos no significa que aquí acaba todo, pues implementar Seis Sigma en una organización es una tarea continua, que no termina con los proyectos o planes ya finalizados y que debe seguir como parte viva de la empresa.

### **1.3.3 Estructura del Seis Sigma**

Para una correcta utilización e implementación de la metodología Seis Sigma según (Herrera & Fontalvo, 2006) se debe seguir la siguiente estructura que cuenta con cinco pasos:

1. Definir el proyecto: definir el proyecto se trata de enfocarlo y centrarlo en las necesidades del cliente.
2. Medir la información proveniente de los clientes y el proceso: se trata de identificar las causas de los problemas que impiden que el producto o servicio se presenten con calidad, todo esto con el fin de no formular soluciones apresuradas que probablemente dirijan los procesos erróneamente. Para una elaboración adecuada de este paso se necesita levantar mediciones de todas las variables críticas del proceso, aspecto que implica un conocimiento amplio en cada una de las actividades de la organización.
3. Analizar la información: en este paso se requiere utilizar herramientas estadísticas que permitan la consecución de soluciones válidas y efectivas.



4. Mejoramiento: en este paso se reúne lo realizado previamente con el fin de proponer soluciones a los problemas de calidad planteados.
5. Control: luego de haber seleccionado la solución más eficiente, se debe hacer un seguimiento constante de las diferentes actividades apoyados en métodos estadísticos de seguimiento a las variables del proceso.

#### **1.3.4 DMAIC**

DMAIC de acuerdo con (Montgomery, 2009) es un procedimiento de resolución de problemas estructurado que es altamente utilizado en procesos de calidad y mejora. Usualmente es relacionado con la metodología Seis Sigma debido a que la mayoría de las implementaciones Seis Sigma utilizan el DMAIC para la gestión de proyectos.

Las letras DMAIC es un acrónimo de los cinco pasos: definir, medir, analizar, mejorar y controlar que conglomerados en un proyecto, harán que la calidad y eficiencia de este sean maximizadas.

Los siguientes son los criterios de cada etapa definidos por (Herrera & Fontalvo, 2006)

##### **DEFINICIÓN:**

- Lo primero que se debe hacer en este paso es identificar las áreas en las cuales se puede mejorar y a partir de esto definir objetivos, metas y el alcance del proyecto.
- Evaluar las necesidades y requerimientos de los clientes frente al producto, aspectos como el tiempo de entrega, costo, seguridad e impacto ambiental serán vitales a la hora de comprender las expectativas que los clientes tienen.
- Seleccionar los proyectos que cuenten con un mejor potencial y estimar los ahorros y el alcance de tiempo que cada uno generen.
- Seleccionar un líder y conformar un equipo.

## 1. **MEDICIÓN:**

En este paso la organización necesita conocer factores importantes que le permitan validar las informaciones que toma del proceso, como las capacidades de los procesos, la satisfacción de los clientes, los indicadores de gestión y las mediciones y evaluaciones del producto. La toma de esta información se da en las áreas de entrada, actividades, salida y el área de satisfacción del cliente, ya que son estas las áreas claves y donde se encontrarán las variables críticas del proceso para su posterior análisis.

## 2. **ANALIZAR:**

En esta etapa se debe seleccionar el método estadístico que permita obtener mejores resultados y beneficios, lo que nos da un mayor acceso a la realidad. Algunos de estos métodos estadísticos son : el diagrama de Pareto, diagrama de dispersión, diagrama de causa o efecto y los modelos lineales; y su aplicación se verá reflejada en lo ajustados que puedan estar con respecto a la información suministrada por el proceso.

## 3. **MEJORAR:**

En este paso la organización deberá implementar las técnicas de mejoramiento con las que cuente, todo esto para mejorar la eficacia de sus procesos y así poder alcanzar indicadores de eficiencia y de buena calidad en los productos o servicios que brinden a sus clientes. Además, en esta etapa del DMAIC es importante conocer las necesidades y requerimientos del cliente, ya que esto pondrá a la organización en un punto donde podrá ver su nivel de competencia y tomar la mejor decisión en cuanto a las técnicas de mejoramiento a utilizar.

## 4. **CONTROLAR:**

Esta etapa permite monitorear y verificar cómo va el proceso después de la aplicación de las mejoras, aquí la organización deberá definir un indicador que le permita observar el estado de sus procesos y así poder evaluar sus avances y si se debe modificar o cambiar lo hecho hasta el momento. Para realizar el control y la evaluación de estos procesos es necesario evaluar tanto las variables cuantitativas como las cualitativas.

### 1.3.5 Principios del Seis Sigma

Para respaldar lo expresado en la metodología, se debe contar con principios que respalden los procedimientos mencionados previamente, por esto, la metodología Seis Sigma maneja seis principios filosóficos

fundamentales que ayudaran a conformar un equipo y a la obtención de resultados que cumplan con los objetivos y metas propuestos para el crecimiento de la compañía. Debido a esto a continuación (Herrera & Fontalvo, 2006) enumera los principios filosóficos del método Seis Sigma:

1. **Enfoque al cliente externo e interno:** este principio expresa que el mejoramiento continuo siempre va enfocado hacia la satisfacción de forma integral de las necesidades y requerimientos del cliente.
2. **Análisis sujeto a la información veraz y oportuna:** detectar las variables críticas del proceso siempre estarán apoyadas por herramientas estadísticas que permitan el posterior análisis de una manera eficaz.
3. **Enfoque basado en procesos:** el método Seis Sigma se orienta a las condiciones presentes en el proceso.
4. **Actitud preventiva:** frente a cada una de las actividades de las que se compone un proceso, la metodología Seis Sigma estará orientada a asumir una posición crítica y preventiva.
5. **Trabajo en equipo:** la colaboración y cooperación son esenciales en cada una de las actividades presentes en el proceso, por eso el trabajo en equipo es un pilar, ya que este conlleva a la buena comunicación y a un mejor desempeño frente a diferentes escenarios presentados en las actividades.
6. **Mejoramiento continuo:** debido a que la metodología está diseñada para permanecer en el tiempo, el mejoramiento continuo se convierte en una clave de éxito para la organización, ya que esto implica que siempre se puede y se quiere hacer más por avanzar.

### 1.3.6 Poka-yoke

Inspeccionar o descubrir donde se encuentran las fallas es importante en el desempeño de un proceso, pero por si sola no mejora el mismo, en diferentes ocasiones cuando se hace una inspección para identificar y caracterizar los comportamientos de las fallas, se olvida que el reto no es sólo encontrar las fallas sino eliminarlas. La situación empeora cuando debido a los olvidos, descuidos y signos de desgaste, las fallas comienzan a ser humanas. Es allí donde nace la importancia de desarrollar sistemas y métodos a prueba de errores, es decir, sistemas poka yoke. De acuerdo con (Gutiérrez & Salazar, 2009) el enfoque poka yoke reconoce que los errores humanos pueden ocurrir y que sin importar la experiencia o el conocimiento, los problemas se deben atacar desde su causa y

evitar que se presenten estas fallas, determinando si existen las condiciones para producir con calidad.

El término poka-yoke proviene del japonés y significa prevenir error inadvertido, existen dos tipos de dispositivos poka-yoke los cuales son: los preventivos que nunca permiten el error y los dispositivos detector, el cual envía una señal cuando hay posibilidad de error. Su creación viene desde la mitad del siglo pasado y su importancia radica en prevenir la ocurrencia de defectos, aspecto que sin duda nos conducirá a la mejora de la calidad.

### **1.3.7 Refrigeración por compresión- Ciclo de Carnot**

Este proceso de refrigeración consiste en dos focos de temperatura y el desplazamiento de la energía térmica entre estos, creando zonas de alta y baja presión al interior de dispositivos intercambiadores de calor, este se fundamenta en el ciclo de Carnot, el cual se compone básicamente de 4 etapas expansión isotérmica, expansión adiabática, compresión isotérmica y compresión adiabática.(Müller, 2002)

El proceso inicia al pasar un líquido refrigerante a través de un dispositivo de expansión el cual está ubicado al interior de un intercambiador de calor (evaporador), ahí el líquido absorbe calor y se evapora cambiando de estado, durante ese cambio, el vapor absorbe energía térmica del evaporador con el que se encuentra en contacto, dicha energía es denominada carga térmica, sin importar el estado del medio.

El vapor generado en el proceso anterior pasa a un compresor, en donde se comprime el gas y ocasionando un aumento en la presión del mismo, como resultado de este proceso se obtiene un gas a alta temperatura y alta presión, posteriormente el vapor pasa otro dispositivo intercambiador de calor (condensador) en donde el vapor se enfría generalmente por medio de aire o agua, para obtener un líquido nuevamente, el cual se encuentra a baja temperatura y alta presión, finalmente el líquido vuelve al dispositivo de expansión en donde la presión baja e inicia el ciclo nuevamente.(Bhardwaj, Kaushik, & Jain, 2003) (Müller, 2002)

De acuerdo con Dudić, Ignjatović, Šešlija, Blagojević, & Stojiljković, (2012) el aire comprimido es uno de los medios de energía más utilizado en el mundo industrial en la actualidad, pero a pesar de todas las ventajas que genera su utilización en el proceso de refrigeración, esta fuente de energía representa un costo alto, ya que el 75% del costo de utilizar aire comprimido está relacionado con la energía eléctrica.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

La idea de optimizar este ciclo de refrigeración y concentrarse en la utilización de aire comprimido se centra en que según Gavronski, Klassen, Vachon, & Nascimento, (2011) las compañías deben buscar soluciones a estos consumos de energía eléctrica tan grandes, pues en el futuro cada operación industrial será medida respecto a su contribución a la disminución del impacto ambiental.

Optimizar los métodos de implementación de los compresores de aire, permitirá que las compañías no se llenen de máquinas inaportantes en cuanto a la producción, sino que utilicen y aprovechen a una capacidad casi total el servicio aportado por los compresores de aire en el proceso de refrigeración (Jovanovic, Stevanov, Šešlija, Dudić, & Tešić, 2014).

### 1.3.8 Siete desperdicios de Lean Manufacturing

En el modelo de manufactura esbelta se mencionan 7 desperdicios los cuales son un conjunto de actividades las cuales no generan ningún tipo de valor para el cliente según (Wahab, Mukhtar, & Sulaiman, 2013) son:

1. **Sobreproducción:** este desperdicio consiste en producir mucho más de lo necesario por si sucede alguna eventualidad en la que se requieran más productos de los esperados.
2. **Movimientos:** se refiere tanto a los movimientos humanos como a la distribución de los equipos o maquinaria en la organización, en cuanto a los movimientos humanos se refiere a todas aquellas acciones realizadas por el operario que generen una fatiga extra como agacharse, recoger y levantar objetos, lo cual se refleja en una baja productividad, fallos en calidad y posibles problemas de salud. La mala distribución de los equipos genera un mayor número de micro movimientos que además de fatigar al operario pueden ocasionar problemas de seguridad.
3. **Transporte:** son todos aquellos movimientos y manipulación de material que sean innecesarios para el proceso de producción, estos generan mayores costos, pérdida de tiempo y fatiga.
4. **Reproceso:** se refiere a todos aquellos procedimientos que deben repetirse debido a errores y fallas de calidad, un buen proceso productivo requiere de buenos métodos, personal capacitado y de una correcta estandarización. Normalmente los reprocesos ocurren cuando se aplican soluciones complejas a procedimientos simples para evitar las inversiones en nuevos equipos.
5. **Inventarios:** En una organización se presentan por lo general tres tipos de inventarios los cuales son materia prima, producto en proceso y producto

terminado, el tener un alto número de materiales o productos en inventario genera mayores costos y ocupa una gran cantidad de espacio al interior de la compañía

6. **Defectos:** este desperdicio se relaciona con algunos ya mencionados anteriormente y genera un aumento en los costos tanto a corto como a largo plazo para la compañía y puede llegar a causar pérdida de clientes.
7. **Mal uso del recurso humano:** consiste en tener más personas de las requeridas para la realización de una tarea en específico debido a una mala asignación y planeación de cargos por parte de la dirección de la empresa, esto produce pérdidas de tiempo, ideas, oportunidades de mejora y desperdicio de habilidades.

### 1.3.9 Gráficos de Pareto

De acuerdo al principio de Pareto, también conocido como la regla del 80-20, en el cual se plantea que en todo conjunto de factores que contribuyan a generar un mismo efecto en común, por lo general el 20% de las causas que lo conforman producen el 80% de las consecuencias (Vanker, 2013), los valores anteriores no son absolutos es decir se puede tener un 10% de las causas que generen el 60% de las consecuencias por ejemplo, lo que es realmente importante es esa proporcionalidad inversa entre factores y consecuencias, tomando medidas con base a esto (Www.csun.edu, 2014).

Lo anterior es de gran utilidad al momento de planear las futuras acciones que se ejecutaran en un proyecto especialmente en uno donde el objetivo es hacer mejoras, o solucionar un problema, ya que permite visibilizar fácilmente cuales son las actividades o procesos a las cuales se les debe dar prioridad para obtener los mejores resultados evitando el desperdicio de tiempo y recursos. Es importante resaltar que los datos deben basarse en hechos reales, utilizar la misma unidad de medida al momento de analizarlos y evitar los supuestos, deben reflejar la realidad de la situación que se está analizando, para obtener resultados objetivos al momento de utilizar los diagramas de Pareto. (Www.fundibeq.org, 2014)

### 1.3.10 Diagrama Causa Efecto

Es una herramienta de análisis desarrollada por Kaoru Ishikawa en el año 1943, la cual es de gran utilidad para resolver situaciones en las que se tiene un problema

claramente identificado pero, que por la naturaleza o complejidad del mismo, no es fácil plantear planes de acción para darle solución. (Villafoña, 2016)

El diagrama de espina de pescado, como también es conocido por la forma en que se gráfica, permite hacer un análisis general del problema o efecto indeseado, identificando y clasificando las posibles causas o situaciones, que están ocasionando el problema que se desea corregir, de una forma rápida y clara, ayudando a establecer relaciones, de afinidad o independencia entre las causas potenciales, que inciden en el mismo problema.(Domenech, 2015)

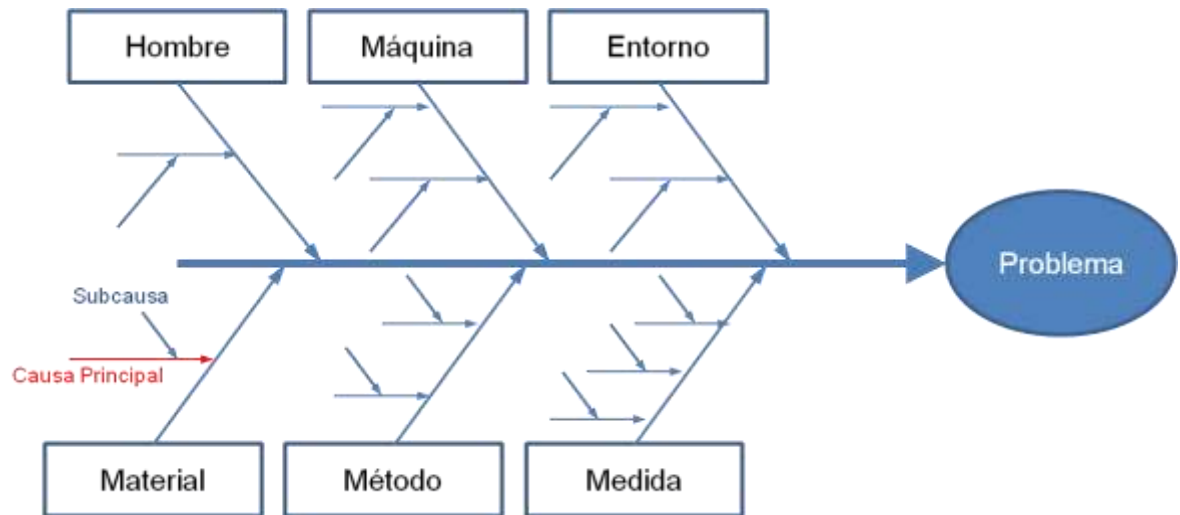
Cuando se habla de Efecto al momento de realizar el análisis, se hace referencia a todos aquellos resultados o consecuencias observadas, dada la presencia de un conjunto de circunstancias específicas al interior de un sistema y cuando se habla de Causas, se hace mención al conjunto de condiciones ambientales o del proceso que conforman a un sistema, los cuales ocasionan un resultado o consecuencia particular. (Stefanovic, Kiss, Stanojevic, & Janjic, 2014)

El proceso de construcción y análisis del diagrama está compuesto por los siguientes pasos:

1. Identificar el problema que se quiere resolver, es importante que haya total claridad en este punto entre los miembros del equipo, para garantizar que las posibles causas resultantes si sean la raíz del problema.
2. plantear las posibles causas del problema, para este paso el equipo de trabajo puede apoyarse en una lluvia de ideas por medio de la cual se expresen los aportes de cada uno de los integrantes y posteriormente agrupar las ideas que se relacionen entre sí.
3. Definir la estructura, en este punto se ubican los aportes realizados en el paso anterior en 6 categorías diferentes, Maquinaria, métodos, medio ambiente, mano de obra, materiales y mediciones, según la naturaleza de las mismas.
4. En cada una de las categorías resultantes el equipo debe analizar a fondo la razón de cada una de las causas, una metodología que puede facilitar este proceso es la de los 5 porque, el resultado de este análisis dará como producto las subcausas, en la figura 1 se puede observar un ejemplo de la estructura.

**Figura 1 Estructura diagrama causa efecto**

Fuente: (Lopez, 2016)



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



## 2. METODOLOGÍA

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos en este proyecto se utilizará la herramienta DMAIC, de la metodología Seis Sigma, de la siguiente manera:

**Definir:** Al iniciar el proyecto se hace una contextualización, en compañía del grupo de trabajo compuesto por el director de mantenimiento, tres especialistas electrónicos, una especialista ambiental y dos tesisistas, con el fin de discriminar los procesos productivos y los equipos que requieren del uso de energía eléctrica. Posteriormente se establecen los objetivos, las metas y las áreas de la empresa que se verán involucradas.

Una vez establecidas las metas del proyecto se decide recolectar información histórica y actual, tanto de los consumos de energía eléctrica en la planta como de la cantidad de litros de bebida producidos para cada una de las líneas de producción y la planta de tratamiento de aguas, por medio de los medidores ubicados en las diferentes áreas de la planta, además se plantean futuras acciones para las siguientes etapas de medición y análisis, entre las cuales se encuentra identificar los consumos sin justificar al interior de la empresa, el evaluar la ubicación de algunos medidores de energía y la construcción de líneas base, que permitan una mejor comprensión del estado actual del consumo de energía eléctrica en la planta.

Lo anterior será complementado con estudio de casos similares en plantas embotelladoras o de casos de éxito en la aplicación de la metodología Seis Sigma y la herramienta DMAIC en otras empresas, en donde puedan surgir ideas útiles para el proyecto de mejora.

**Medir:** Como se mencionó anteriormente en esta etapa se recolectarán datos desde el año 2013 al año 2014, sobre consumos energéticos y producción de litros de bebida, en las cuatro líneas de producción y la planta de tratamiento de aguas residuales, además se evaluará la ubicación de algunos contadores según el porcentaje de energía que miden en este momento, buscando una reubicación de los mismos de tal forma que entreguen mediciones mucho más relevantes para el proceso y de esta forma darle un mejor uso a los recursos de la empresa.

Los domingos son días en donde no se programa producción, pero aun así se presentan consumos de energía que se reflejan en altos costos por lo que se hace necesario validar las actividades realizadas durante estos días del mes y tomar medidas al respecto en temas operativos en caso de ser necesario.

**Analizar:** Partiendo de la información recolectada en la etapa anterior se construirán líneas base para cada mes de los años 2013 y 2014, para cada una de las áreas mencionadas anteriormente. Con base a esta información se analizará cuanta variabilidad hay presente en los procesos, además se implementarán gráficos de Pareto, con el fin de identificar en que puntos del proceso productivo de la bebida se encuentran los mayores consumos de energía eléctrica y buscar que alternativas de mejora se pueden aplicar al respecto.

**Implementar:** Con base en los datos y análisis realizados anteriormente se establecerán acciones de mejora en las áreas con mayor consumo de energía eléctrica al interior de la planta, buscando un uso más racional y eficiente de los recursos, estos correctivos se harán tanto a nivel operativo con el personal, como en los equipos productivos susceptibles de mejora.

**Controlar:** Durante esta etapa se busca que las mejoras implementadas al interior de la planta se conserven en el tiempo, realizando seguimiento a las mismas y estableciendo nuevos estándares para las actividades operativas.

## **3. DESARROLLO DEL PROYECTO**

### **3.1 DEFINIR.**

Para establecer los parámetros y las rutas a seguir en la reducción del consumo de energía eléctrica en la planta de Coca Cola-FEMSA Medellín, se conformó un equipo llamado Raijin, integrado por especialistas eléctricos, una especialista ambiental, estudiantes, y el director de mantenimiento de la compañía que a su vez es el líder del proyecto. Además de estos integrantes, Raijin contaría con el apoyo de personal de todas las áreas de la planta, desde personal operativo hasta el personal administrativo.

Para establecer una estrategia clara de cómo se iba a desarrollar este proyecto, se decidió diagnosticar que áreas de la planta eran las que más energía eléctrica consumían, sacar un porcentaje de consumo por zona, y a partir de esto identificar los puntos claves de consumo, y crear un plan que disminuyera el consumo de energía eléctrica en la planta de Coca Cola-FEMSA.

Para llevar a cabo este procedimiento y conocer el estado actual de consumo de energía eléctrica en la planta por zonas, se decidió hacer uso de los contadores previamente establecidos y delegar al personal operativo y a los especialistas eléctricos, la recolección de los datos que estos presentaban al final de cada día, para después generar un consolidado e identificar globalmente cuales eran las zonas que más influían en el consumo de energía eléctrica, y llevar un control sobre las mismas. Las zonas que contaban con un contador de energía eran: línea OH, línea R-84, línea doble, línea krones, tratamiento de aguas, bag in box, CIP, PTAR, agua BRISA, compresores de aire y NH3, comercial, sistemas, AMCOR y subestación 1.

Haciendo uso de la información proporcionada por los contadores, se empezó a caracterizar el estado actual del consumo de energía eléctrica en la planta de Coca Cola FEMSA Medellín, primer objetivo específico de esta investigación.

### **3.2 MEDIR**

Luego de haber caracterizado el comportamiento y distribución de la energía eléctrica de la planta se definió un plan de medición para identificar los desperdicios y las ineficiencias en el consumo de este recurso.

Este plan de medición se basó en los consumos registrados en los contadores de energía eléctrica para el año 2014.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Las siguientes tablas hacen referencia a todos los contadores dispuestos en la planta, y su medición, se hace un conglomerado por zonas que indican el consumo en kW/ mes y su respectivo porcentaje, en la última tabla se muestran cuáles son los equipos y áreas que se encuentran sin justificar debido a la falta de contadores.

**Tabla 1** Consumos por centro de costos Enero a Junio año 2014

CONTADORES	Ene 2014 (kW)	Feb 2014 (kW)	Mar 2014 (kW)	Abr 2014 (kW)	May 2014 (kW)	Jun 2014 (kW)
NH3	218559	188950	194782	226297	212630	201702
SUB1	49915	60522	68712	80771	87191	83464
LI01	40927	31829	38637	42143	44373	39089
LI02	30152	27311	28560	31126	32665	28943
LI04	116281	93756	122255	128943	133457	120156
AIRE	34144	41075	50237	50453	52244	45190
Aguas	7041	13976	14600	16581	8196	7276
Ccial	30600	27472	32110	29214	29676	28702
Sin Justificar	136198	108175	96775	113854	107089	83669
LI03	30420	28196	31257	13336	19951	21997
CIP	7077	5668	6095	5003	4984	4686
BIB	972	442	661	656	860	1066
BRISA	2137	1624	1494	1466	1174	1123
PTAR	40287	25486	39385	37879	38719	35476
Sistemas	3382	3082	3436	3316	3398	3125
PTAR	40287	25486	39385	37879	38719	35476
ALUMB EMBOT	23593	21516	23938	23439	22928	23274
EDIF MANUFACTU	15654	15589	17328	15889	15982	16802

Fuente: (Resumen balance de energía 2014,2014)

**Tabla 2** Consumos por centro de costos Julio a Diciembre 2014

CONTADORES	Jul 2014 (kW)	Ago 2014 (kW)	Sep 2014 (kW)	Oct 2014 (kW)	Nov 2014 (kW)	Dic 2014 (kW)
NH3	233492	214919	112267	216256	192907	69946
SUB1	98615	103375	48539	93431	72983	27435
LI01	44959	38569	20699	44236	37042	12044
LI02	35019	29259	9113	29854	26968	8868
LI04	123531	129097	65502	139062	108474	36353

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

AIRE	57658	50908	24156	31821	14237	440
Aguas	9162	9147	4731	8906	9472	2984
Ccial	34958	32066	14609	29383	27852	8079
Sin Justificar	116782	103478	78625	0	0	0
LI03	23492	10662	5145	7145	22140	2248
CIP	5611	5786	2873	4665	4768	1485
BIB	644	694	248	478	625	159
BRISA	992	927	517	1064	1418	344
PTAR	38706	34113	18625	0	0	0
Sistemas	3527	3423	1770	3665	3491	1030
PTAR	38706	34113	18625	0	0	0
ALUMB EMBOT	23593	21694	12300	0	0	0
EDIF MANUFACTU	15654	16194	9947	0	0	0

Fuente: (Resumen balance de energía 2014,2014)

**Tabla 3** Total Consumos año 2014

CONTADORES	TOTAL 2014 (kW/h)	%
NH3	2282707	27,35
SUB1	874953	10,48
LI01	434547	5,21
LI02	317838	3,81
LI04	1316867	15,78
AIRE	452563	5,42
Aguas	112072	1,34
Ccial	324721	3,89
Sin Justificar	944645	11,32
LI03	215989	2,59
CIP	58701	0,70
BIB	7505	0,09
BRISA	14280	0,17
PTAR	308676	3,70
Sistemas	36645	0,44
PTAR	308676	3,70
ALUMB EMBOT	196275	2,35

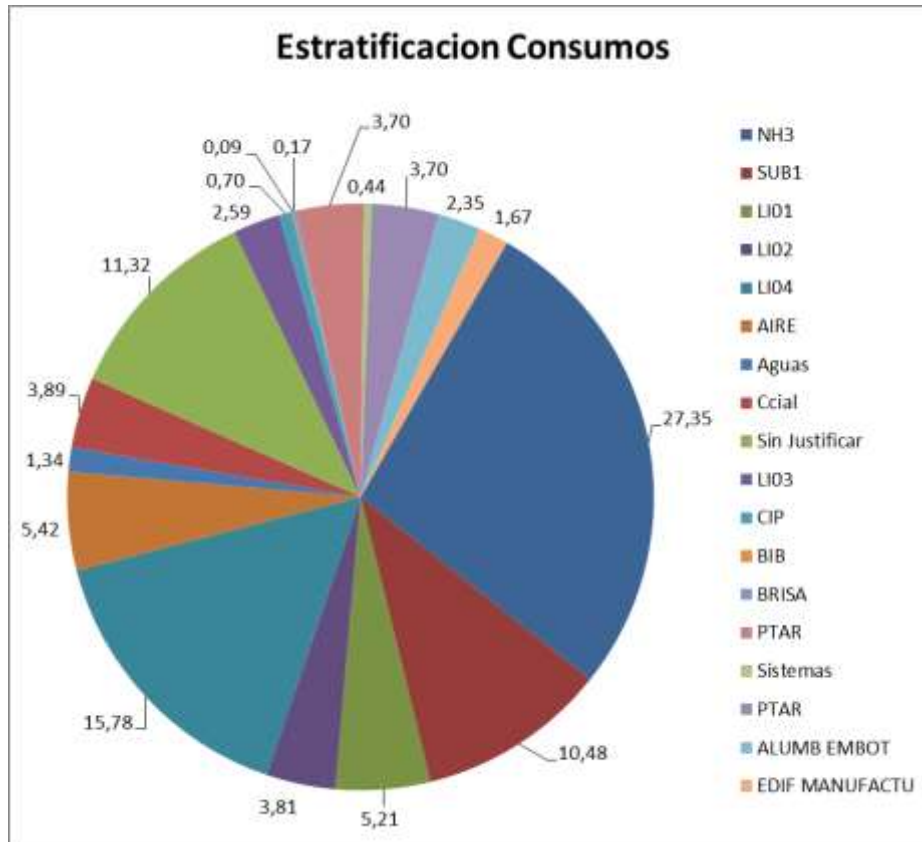
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

EDIF		
MANUFACTU	139039	1,67

Fuente: (Resumen balance de energía 2014,2014)

### Figura 2 Estratificación de los consumos en planta

Fuente: (Balance de energía 2014,2014)



En estas tablas se puede ver el consumo por kW de energía eléctrica por zona y su respectivo porcentaje, lo que permitió identificar los puntos que más utilizaron el recurso y encontrar un porcentaje importante de consumo de energía eléctrica sin justificar.

Para estos consumos sin justificar, se identificó que en algunos equipos y áreas no se tenía la suficiente información acerca del consumo energético debido a la inexistencia de contadores en ellos, situación presentada como consecuencia del difícil proceso de instalación de aparatos que logran medir la utilización de la energía eléctrica. Algunos de los equipos o áreas identificadas como consumidores de energía no justificable fueron los siguientes:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

### Figura 3 Áreas de la planta con mayores consumos de energía eléctrica

Fuente: construcción propia

Sin justificar (11,32%)	
Equipo/ área	Calderas
	Alumbrado Edificio
	Secador de Aire
	Aires Acondicionados
	CIP Jarabes
	Torre Clarfic.Azucar

Luego analizando los datos por zonas se pudo identificar que las que tenían mayor consumo eran:

**Tabla 4 Porcentaje del consumo total que representa cada área**

Área o Equipo	Porcentaje consumo en kW/h
Compresor de amoniaco (NH3)	25,61%
Sin justificar	11,32%
Sub estación 1 (SUB1)	9,67%
Línea 4 (LI04)	14,67%
AIRE (Compresores)	5,77%

Construcción propia

Pero sólo este dato no presentaba un informe claro sobre la eficiencia en la utilización del recurso energético en la planta, ya que el hecho de tener los gastos energéticos no aseguraba que se estuviera haciendo un mal uso del recurso al obtener valores elevados. Debido a esto, se pensó en combinar el consumo de energía eléctrica de la planta con la producción de litros de bebida, ya que esta última variable es la que genera valor y beneficios para la compañía, y es la que muestra que tan eficiente está siendo su planta de producción en cuanto a la utilización de los recursos como entradas del proceso y la elaboración del producto como una salida. A sí mismo, este indicador de eficiencia en el consumo energético, plantea un panorama más claro en lo que se refiere a las zonas que debían considerarse especialmente por su impacto negativo en el consumo, debido a sus desperdicios y llevando a la creación de estrategias que permitieran la creación de planes de acción que mitigaran estas ineficiencias y paralelamente

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

fueran creando ahorros evidenciados en las finanzas de la compañía, además de una contribución importante con el medio ambiente.

Para construir este indicador de eficiencia, se conocía el estado del consumo de energía eléctrica, pero no estaban levantados los datos que permitieran visualizar cómo estaba la planta en relación a la producción de litros de bebida y cómo las zonas afectadas por el mayor consumo de energía impactaban en los resultados productivos. Para tener un panorama concreto acerca del comportamiento de la eficiencia de la planta de producción, se necesitó conocer e intervenir en la producción diaria de bebida.

Para conocer los litros de bebida producidos por día, se obtuvieron los datos de producción diaria de cada línea y el total de litros producidos:

**Tabla 5 Producción de litros de bebida del mes de diciembre 2014**

<b>LINEAS DE PRODUCCIÓN</b>	<b>PRODUCCIÓN (L bebida)</b>	<b>PORCENTAJE</b>
LINEA OH	6126315,49	27,4%
LINEA DOBLE	1755478,62	7,9%
LINEA R-84	1065235,90	4,8%
LINEA KRONES	11382276,44	51,0%
SANTA CLARA	508996,19	2,3%
	131550,24	0,6%
	825271,00	3,7%
BIB	536201,40	2,4%
<b><u>TOTAL</u></b>	<b>22331325,28</b>	<b>100,0%</b>

Fuente: (Balance de energía, 2014)

Luego de medir y considerar cada una de las líneas de producción y zonas de consumo de energía eléctrica en la planta de Coca Cola FEMSA Medellín, se obtuvo el siguiente panorama general, el cuál debió ser actualizado diariamente y consolidado periódicamente de manera mensual, todo esto, para tener una visión global de los aspectos importantes a analizar y una base histórica de datos que posibilitaran un análisis completo y estructurado de manera correcta.

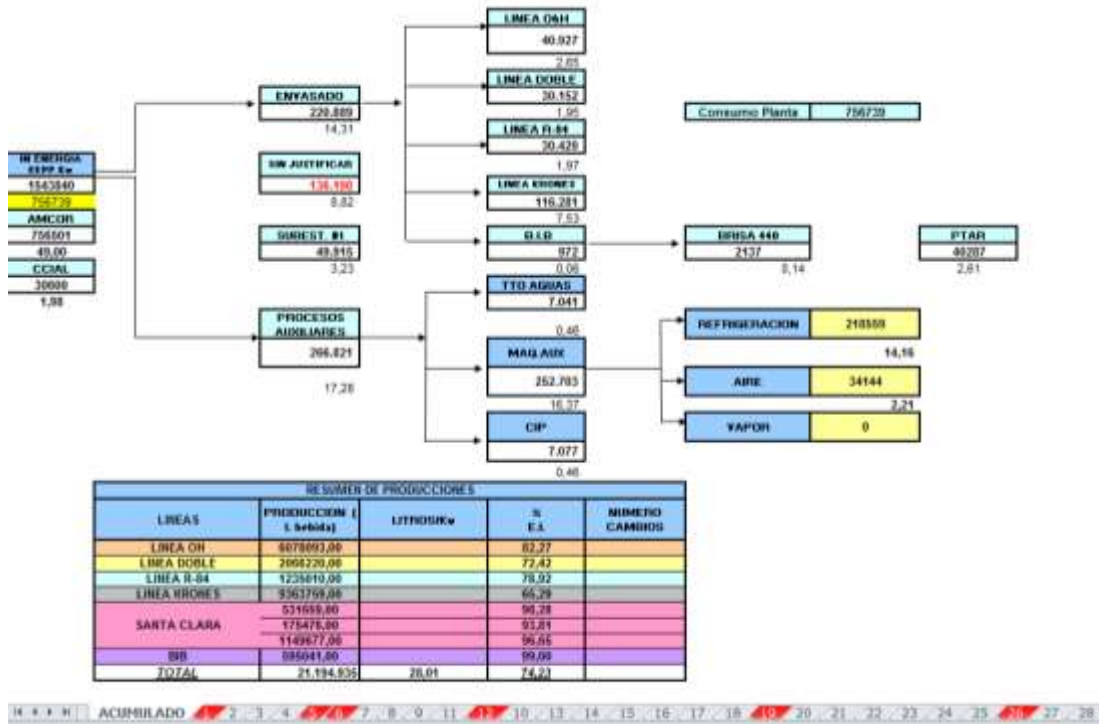
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



Este sería el aspecto general a nivel de kW consumidos por zonas, litros producidos por líneas y el indicador de rendimiento, que sería el métrico que marcaría la pauta en este proyecto:

**Figura 4 Cuadro de consumos de la planta**

Fuente: (Balance de energía 2014,2014)



Obtener los datos de este indicador de litros de bebida producidos por kW consumido, permitiría fijar metas de ahorro de energía y además concentrarnos en las zonas que más energía consumían. Igualmente, debido al gran porcentaje de gastos injustificados que presentaba la planta, los datos obtenidos nos daban una percepción de que acciones se podrían implementar para poder tomar los datos de los equipos que no nos brindaban ninguna información y llevar un control sobre su proceso.

### 3.3 ANALIZAR

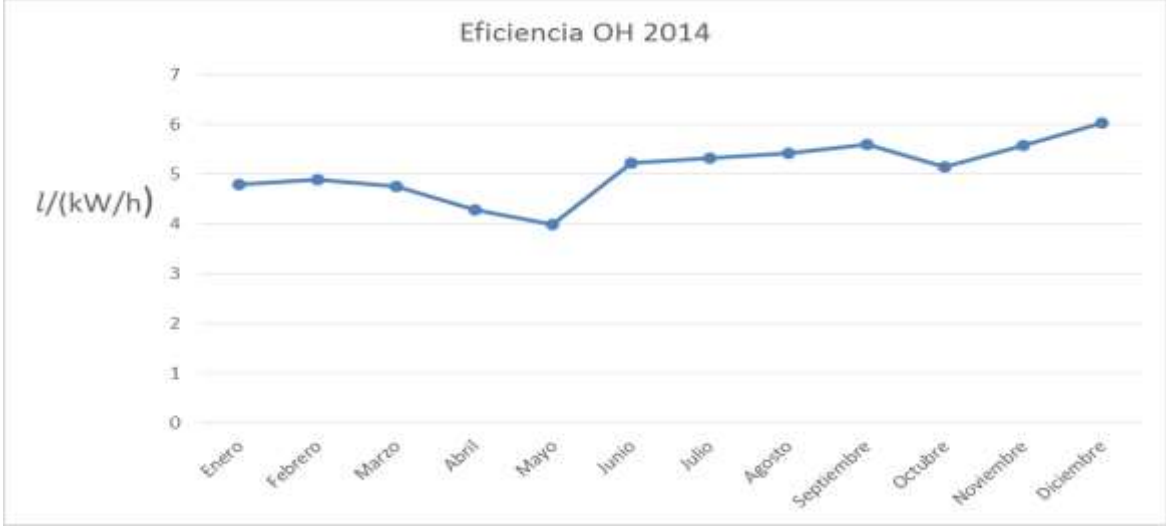
Después de haber obtenido los porcentajes de consumo, y compararlos con los litros de bebida producidos por línea, se identificó que zonas de la planta eran más eficientes energéticamente, todo esto por medio del indicador propuesto por el equipo de trabajo.

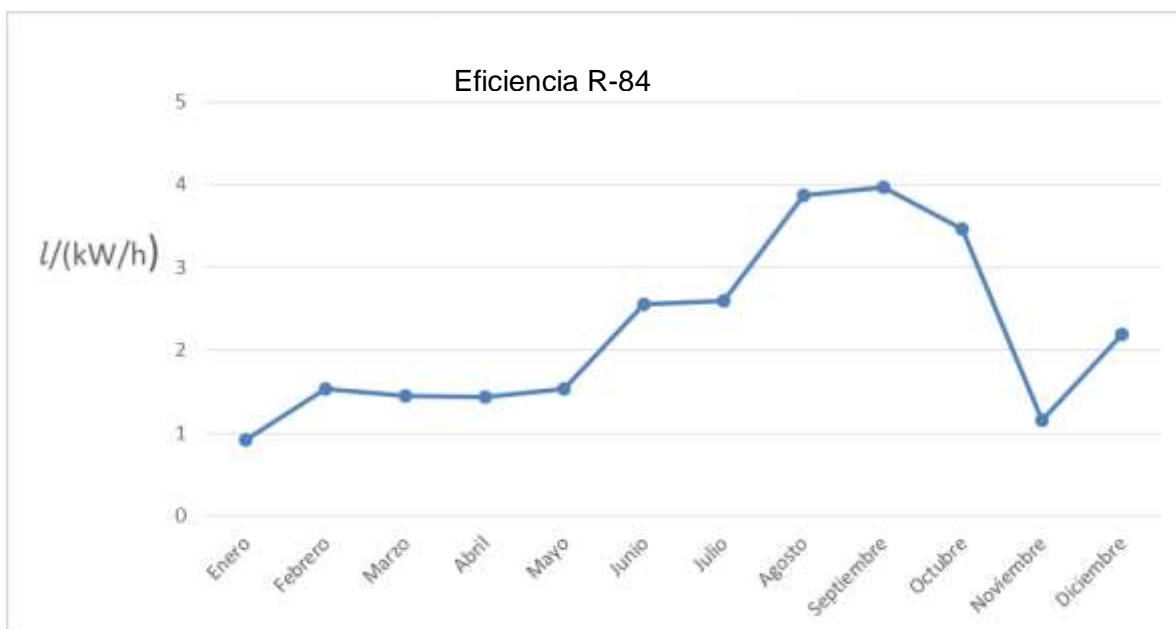
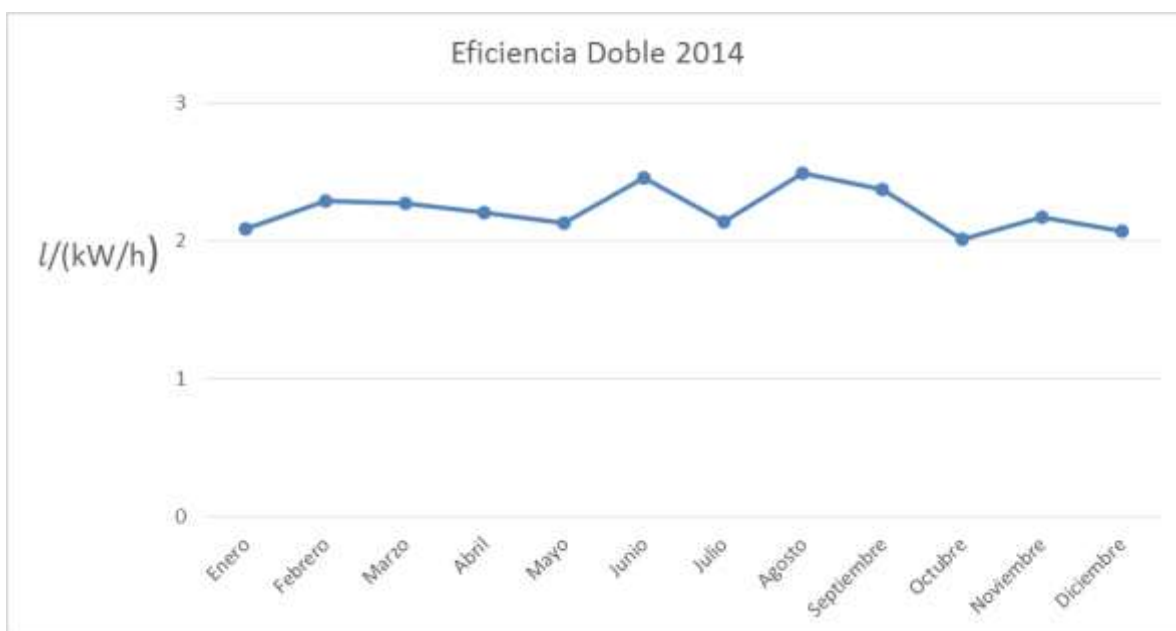
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Además del análisis hecho sobre los valores del indicador de eficiencia energética, se decidió construir unas líneas base por cada línea de producción, herramienta que permitiría un análisis más detallado acerca del comportamiento de los litros de bebida producidos por kW/h de energía utilizado, y sería una guía para el desarrollo de un plan futuro que ayudara a mitigar los sobrecostos en la planta causados por el derroche de energía eléctrica. A continuación se presenta el estado inicial para el año 2014 de la eficiencia energética en la planta de Coca Cola FEMSA Medellín:

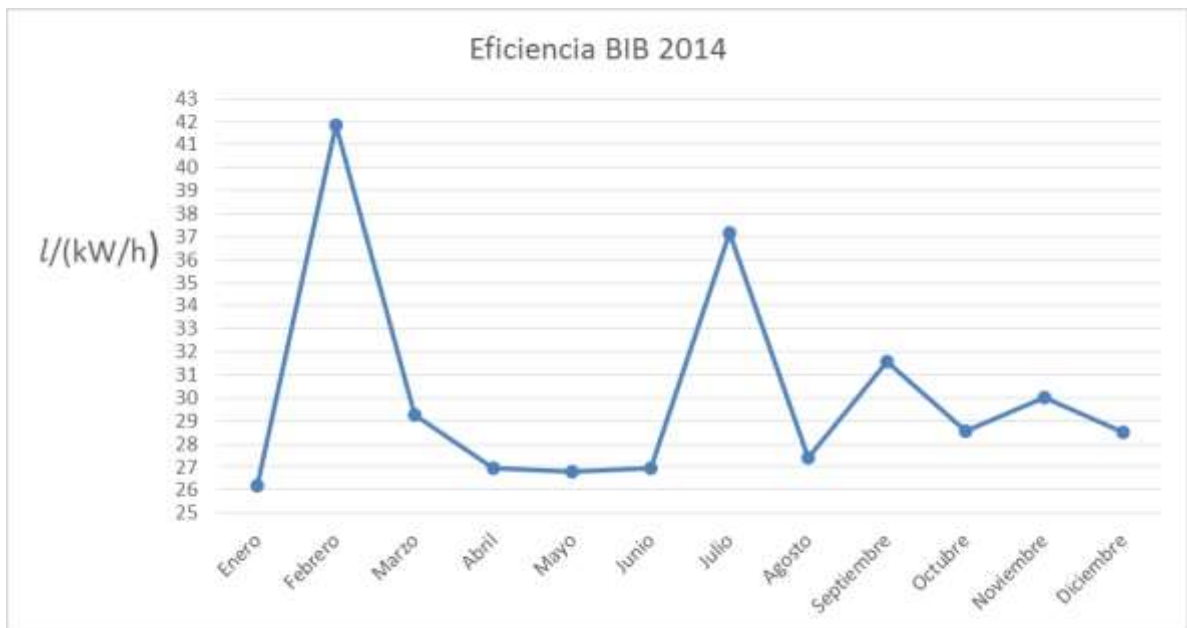
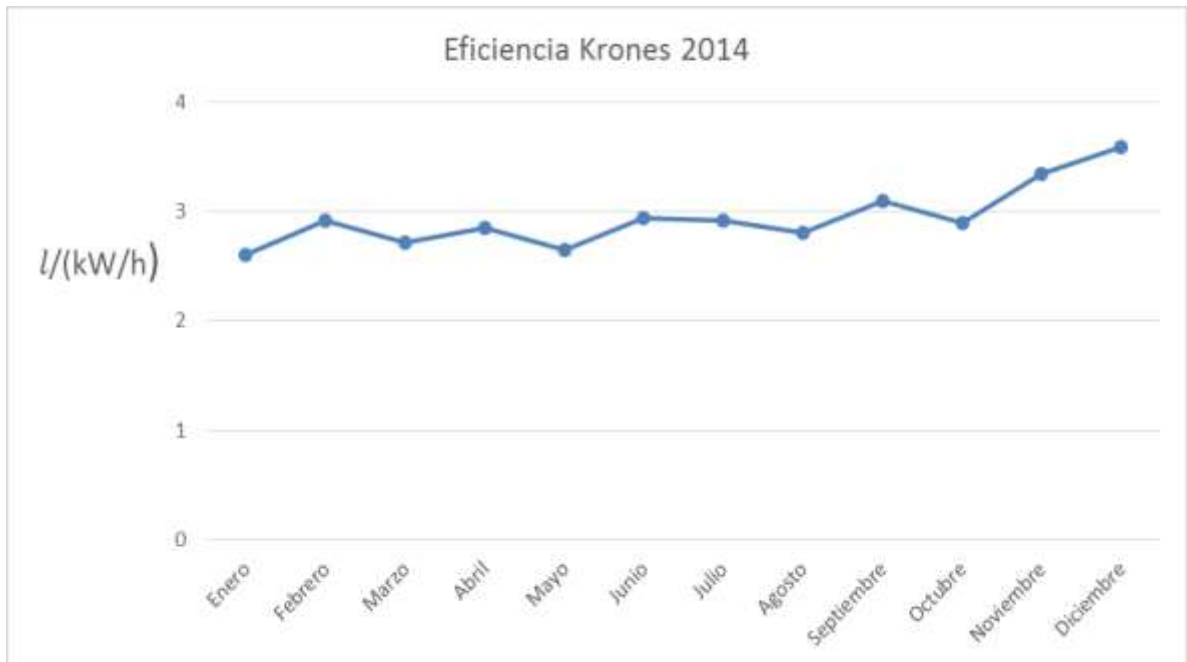
**Figura 5** Líneas base año 2014 por línea de producción.

Fuente: construcción propia

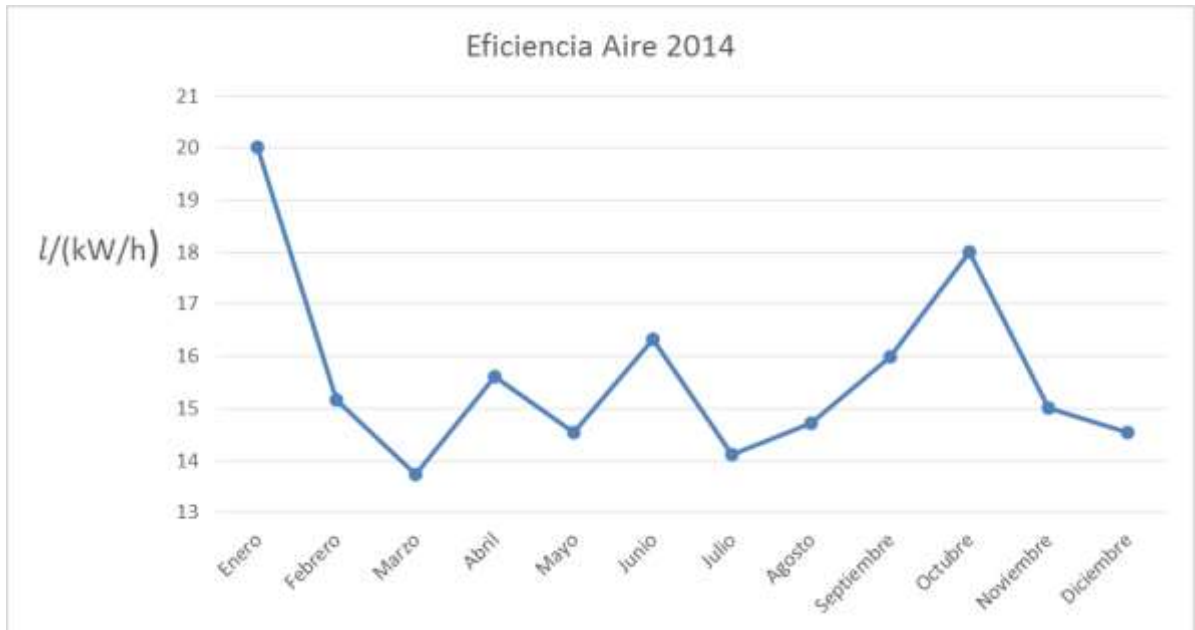




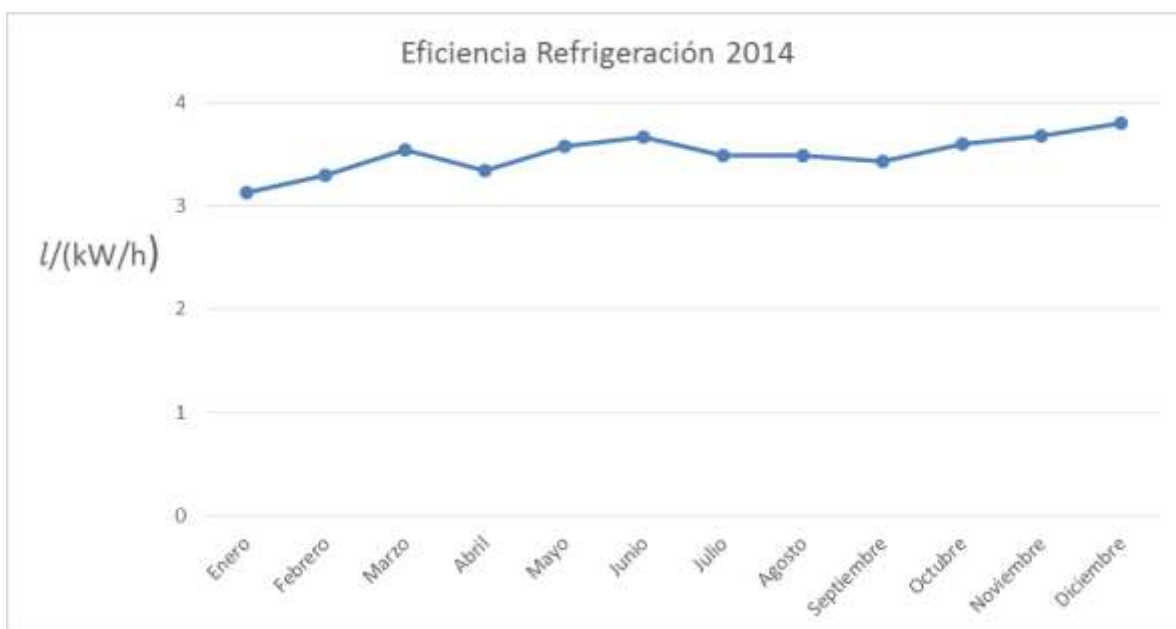
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



Estas gráficas representan la línea base del comportamiento de la eficiencia en el consumo energético de la planta de Coca Cola FEMSA Medellín para el año 2014, y son el punto de partida para buscar causas que reflejen un estado ineficiente en la utilización de este recurso y sean el comienzo de la construcción e

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

implementación por parte del equipo de trabajo, de unos planes de acción que intervengan el proceso en sus puntos ineficientes y ataquen los defectos que ocasionan estos problemas reincidentes y que no hacen parte de las actividades que agregan valor a las metas generales de la compañía.

A partir de los datos, causas observadas, y el conocimiento del equipo en cuánto a los impactos que mejorarían la eficiencia general de la planta, el equipo decidió atacar la tecnología, abarcando método, máquinas, y mano de obra. Apoyados en la experiencia de sus roles, y analizando las gráficas de eficiencia de cada línea, el equipo estableció 16 posibles causas de los defectos presentados en el consumo energético de la planta y se le dio una calificación de acuerdo a su impacto, recurrencia y la dificultad de control en el análisis de causas, esto con fin de analizar las prioridades del plan a implementar y las acciones que se definirían posteriormente (ver Anexo 6). Las causas analizadas fueron las siguientes:

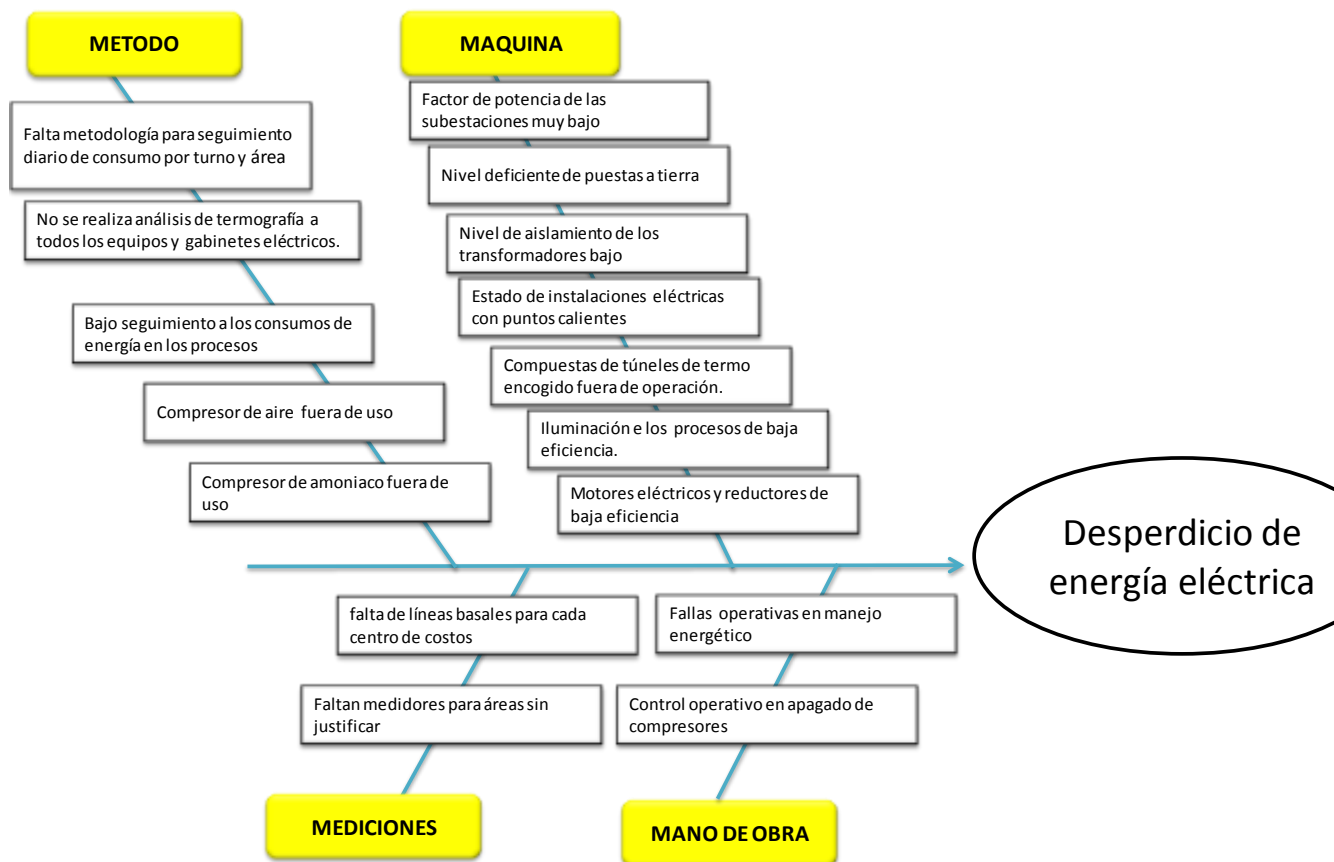
- Falta metodología para seguimiento diario de consumo por turno y área.
- No se realiza análisis de termografía a todos los equipos y gabinetes eléctricos.
- Bajo seguimiento a los consumos de energía en los procesos.
- Compresor de aire fuera de uso.
- Compresor de amoníaco fuera de uso.
- Factor de potencia de las subestaciones muy bajo.
- Nivel deficiente de puestas a tierra.
- Nivel de aislamiento de los transformadores bajo.
- Estado de instalaciones eléctricas con puntos calientes.
- Compuertas de túneles de termo encogido fuera de operación.
- Iluminación en los procesos de baja eficiencia.
- Motores eléctricos y reductores de baja eficiencia.
- Falta de líneas basales para cada centro de costos.
- Faltan medidores para áreas sin justificar.

- Fallas operativas en manejo energético.
- Control operativo en apagado de compresores.

Para considerar a que aspecto de la tecnología pertenecía cada una de las causas a calificar, se construyó un diagrama de Ishikawa que evidencia cada uno de estos problemas y su incidencia en la mano de obra, mediciones, máquinas y método:

**Figura 6 Análisis diagrama de Ishikawa**

Fuente: (Análisis Ishikawa Raijin, 2015)



Luego de analizar el impacto de estas 16 causas de ineficiencias, y de acuerdo a la calificación presentada después del análisis de causas, se concluyó en realizar planes de acción que dejaran una huella positiva en la eficiencia del uso de la energía eléctrica de las causas que tuvieran un puntaje mayor a 6. Las causas resultantes fueron las siguientes:

**Tabla 6 LISTA DE PUNTAJES ANALISIS CAUSA EFECTO**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



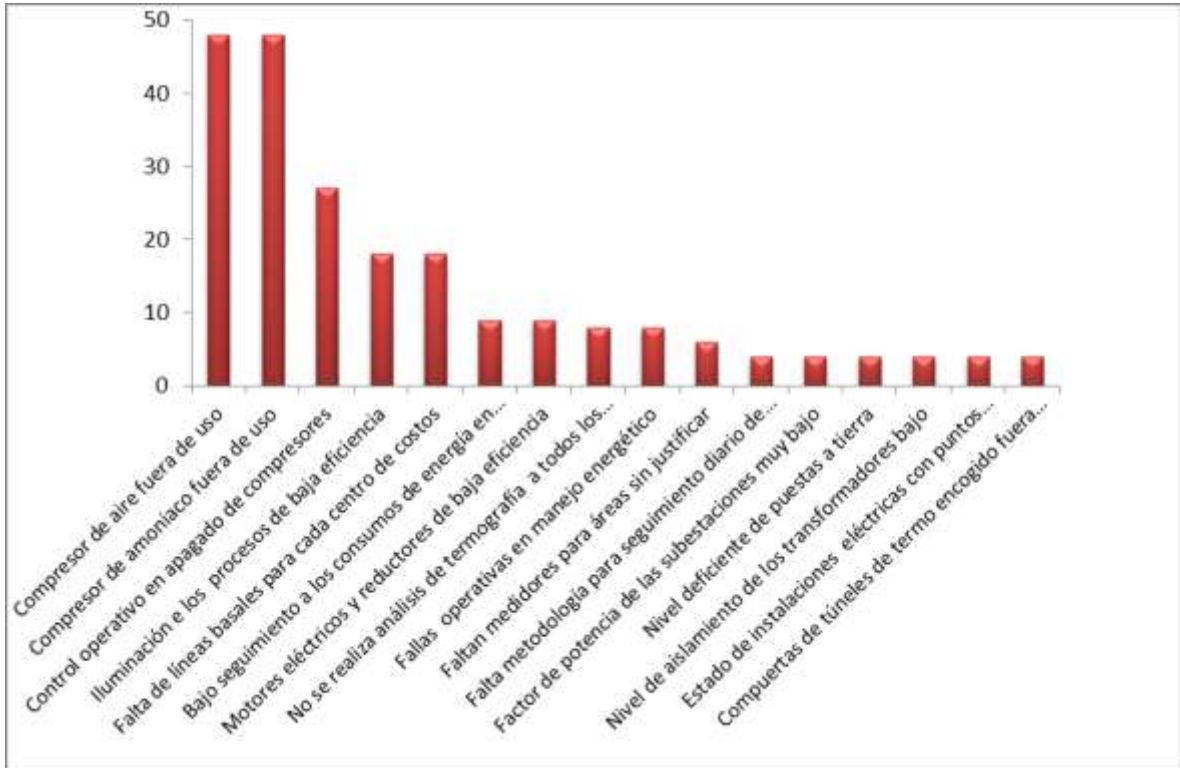
Causa	Puntaje
Compresor de aire fuera de uso	48
Compresor de amoniaco fuera de uso	48
Control operativo en apagado de compresores	27
Iluminación e los procesos de baja eficiencia	18
Falta de líneas basales para cada centro de costos	18
Bajo seguimiento a los consumos de energía en los procesos	9
Motores eléctricos y reductores de baja eficiencia	9
<i>No se realiza análisis de termografía a todos los equipos y gabinetes eléctricos</i>	8
Fallas operativas en manejo energético	8
Faltan medidores para áreas sin justificar	6
<i>Falta metodología para seguimiento diario de consumo por turno y área</i>	4
Factor de potencia de las subestaciones muy bajo	4
Nivel deficiente de puestas a tierra	4
Nivel de aislamiento de los transformadores bajo	4
Estado de instalaciones eléctricas con puntos calientes	4
Compuertas de túneles de termo encogido fuera de operación	4

Fuente: (Análisis Ishikawa Raijin,2015)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

### Figura 7 GRAFICO DE PUNTAJES ANALISIS CAUSA-EFECTO

Fuente: (Análisis Ishikawa Raijin, 2015)



Después de tener establecidas las causas de las ineficiencias, se revisó el estado de consumo de energía eléctrica en la planta referente a las áreas que recibirían el mayor impacto en el desarrollo de la implementación de planes de acción. Los resultados en cuánto a porcentajes fueron los siguientes:

Tabla 7 **Estratificación de consumos de energía eléctrica por centro de costos 2014**

CONTADORES	TOTAL 2014 (kW/hora)	%
NH3	2282707	27,35
SUB1	874953	10,48
LI01	434547	5,21
LI02	317838	3,81
LI04	1316867	15,78
AIRE	452563	5,42
Aguas	112072	1,34

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Ccial	324721	3,89
Sin Justificar	944645	11,32
LI03	215989	2,59
CIP	58701	0,70
BIB	7505	0,09
BRISA	14280	0,17
PTAR	308676	3,70
Sistemas	36645	0,44
PTAR	308676	3,70
ALUMB		
EMBOT	196275	2,35
EDIF		
MANUFACTU	139039	1,67

Fuente: (Balance de energía 2014,2014)

Partiendo de la caracterización del consumo de energía en la planta, y las causas encontradas para los desperdicios energéticos, se identificó que el proyecto no necesitaba la búsqueda de alternativas que concluyeran en un cambio de tecnología para aumentar la eficiencia energética de la planta de Coca Cola FEMSA Medellín, sino que a partir de las causas encontradas en el análisis de la metodología, se definirían planes de acción que corrigieran esas causas y aumentarían la eficiencia. Estos planes de acción no buscan reemplazar las tecnologías actuales, ya que apuntan al mejoramiento evolutivo de la ya existente, por medio de cambios en el método, las máquinas, el entrenamiento del personal.

Con este análisis queda cubierto el segundo objetivo específico de este proyecto, ya que no fue necesario elaborar diferentes alternativas de trabajo, por el contrario, se construyó una basada en potenciar los elementos ya existentes que impactarían el indicador de eficiencia y generaría valor para la compañía.

### **3.4 IMPLEMENTAR:**

Con el fin de cumplir con el tercer objetivo, Seleccionar la estrategia que mayor proyección tenga y que sea mejor en la consecución de la eficiencia en el consumo de energía eléctrica en los procesos productivos de la planta de Coca Cola FEMSA Medellín, se definieron planes de acción que impactarían las zonas afectadas por una tecnología ineficiente y que causaba pérdidas para la compañía. Debido a la decisión tomada por el equipo, de no evaluar alternativas que reemplazaran la tecnología instalada por una mejor, sino atacar los puntos ineficientes conocidos, para cumplir este objetivo se implementó el siguiente conjunto de acciones de mejora:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

- Cambiar la ubicación de medidores de energía que no están entregando datos representativos del consumo de energía eléctrica (0,05% y 0,1% total planta) actualmente y reubicarlos en áreas más representativas.
- Implementación de un equipo portátil para realizar mediciones de consumo energético, en equipos que no posean medición en sitio. Esto con el fin de poder realizar mediciones puntuales sin la necesidad de invertir en más medidores y evitando paros en la producción relacionados al cambio en la ubicación de los medidores de energía eléctrica. Además, la implementación de este equipo portátil permite la medición de las áreas identificadas cómo justificar, tales como:

**Figura 8 Áreas sin justificar**

Fuente: Construcción propia

Sin justificar (13,41%)	
Equipo/ área	Calderas
	Alumbrado Edificio
	Secador de Aire
	Aires Acondicionados
	CIP Jarabes
	Torre Clarfic. Azúcar

- Reparación del compresor de amoniaco número 4.
- Calibración y puesta en marcha del servomotor compresor de amoniaco monotornillo número 2, plan de acción que permitió controlar el proceso de refrigeración del líquido en el embotellado y utilizar un compresor eficiente energéticamente, ya que este no generaba desperdicios por consumos excesivos.
- Implementación de algoritmo automático y operativo de anillos de cierre, para los compresores de aire que permita un uso más eficiente de este recurso en función de la capacidad requerida en planta.
- Revisión de las actividades operativas que se realizan los domingos y días festivos, ya que estas son actividades que consumen una cantidad importante de energía, pero no aportan a la producción de bebida. En estos días se hacen pruebas de productos, limpiezas de líneas de producción y mantenimientos preventivos; eventos que consumen gran cantidad de energía eléctrica e impactan el indicador de eficiencia de forma negativa.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

- Cambio de luminarias en las áreas de maquinaria auxiliar, tratamiento de aguas, jarabes, taller mantenimiento, línea krones, línea doble y túnel de armado, de luces incandescentes por tecnología LED. Este cambio permite, además del ahorro en el consumo energético, un impacto ambiental mejor, ya que la tecnología LED tiene características que ofrecen una iluminación mejor y más óptima para el desarrollo de las actividades productivas.
- Desincrustación de cristales en la tubería, ocasionados por la reacción del tubo, el agua y el refrigerante. Estas incrustaciones requerían un mayor uso del compresor de amoníaco, pues aislaba más el tubo de producción y se necesitaba más refrigerante para mantenerlo en una temperatura ideal.
- Validación de matriz de operación de sistema de refrigeración.
- Reparación del ventilador del condensador evaporativo, fundamental para la refrigeración del producto y el eficiente uso de los compresores de amoníaco.
- Realización de seguimiento y análisis a todos los equipos energéticos de la planta por medio de termografías, para encontrar puntos calientes debido al desgaste en los materiales, que cause una pérdida de energía importante y un uso ineficiente de este recurso.
- Cambio de motores eléctricos en las bandas transportadoras por unos de alta eficiencia.
- Aumento en la periodicidad en la que se registra el consumo de energía eléctrica en la planta, pasando de realizar este registro una vez al día, a realizarlo al finalizar los tres turnos de producción

Para tener un valor claro acerca de los consumos y aportarle al proceso de medición, se decidió implementar una herramienta clave en la determinación de los consumos de energía eléctrica, el equipo decidió utilizar una cámara termográfica.

## Figura 9 Cámara termográfica

Fuente: ("Cámara termográfica Fluke Ti300 con Fluke Connect", 2016)



El uso de esta cámara consiste en analizar los equipos por medio de imágenes de detección de calor, y determinar qué elementos necesitaban un cambio, un mantenimiento o una reparación. Estas fotos permitían observar en qué punto de las máquinas, los cables o las instalaciones, habían fugas de energía debido al sobrecalentamiento de estos equipos, bien sea por deterioro, mal uso o decadencia; y partiendo de este punto obtener una caracterización mejor y más completa.

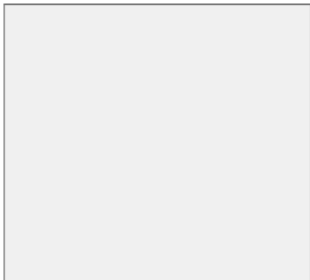
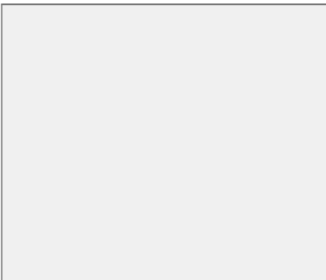
Para la buena implementación del uso de esta cámara termográfica y para una efectiva recolección de los datos que aportara la cámara, se elaboró un formato de introducción y análisis de datos, el cual se puede observar en la figura 10.

Formato que contaba con una foto térmica y una digital, para analizar de forma global en que puntos se presentaban las anomalías, el personal operativo responsable del equipo con su respectiva matrícula, y las demás especificaciones técnicas, espaciales y ambientales que requirieran una consideración importante a la hora de realizar el informe.

En la figura 11 se puede observar un ejemplo de las fotos térmicas y los puntos calientes que muestran los lugares en donde puede haber cortos o malas conexiones, las cuales se traducen en desperdicio de energía.

**Figura 10** Interfaz de informe de termografía

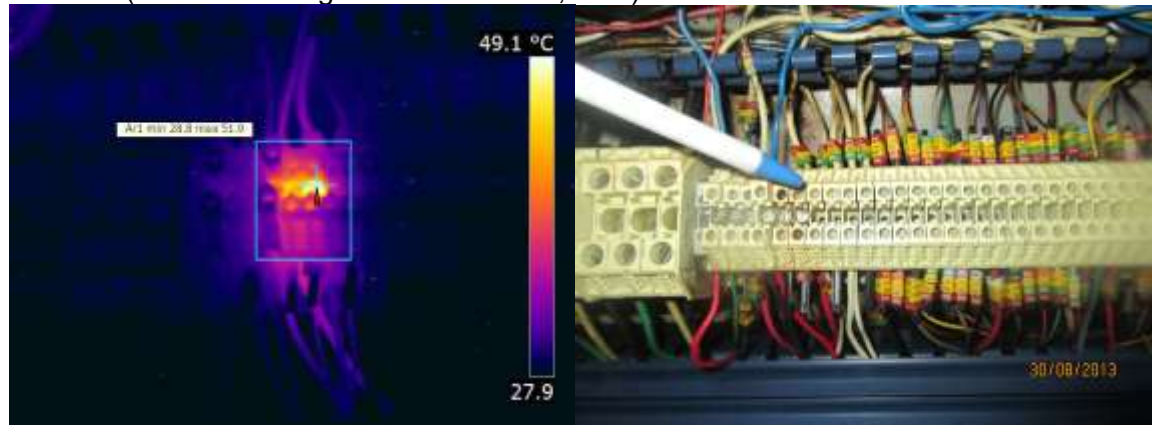
Construcción propia

Responsable	Pedro	Planta	Medellín	ORDEN	4444
Matricula	67899	Norma			
Fecha	10/02/2015	Ubicación Técnica	línea 4		
Equipo	llenadora	Emisividad	0,45		
Humedad	70%	Temperatura aparente	56		
<b>Puntos Calientes (Temperaturas en °C)</b>					
	Temperatura Max.	110			
S1	34	S3			
S2	67	S4			
	Foto Térmica	Foto Digital			
					
				INSERTAR IMAGEN TERMICA	
				INSERTAR IMAGEN DIGITAL	

-Seleccione el numero de orden para llenar automáticamente los campos .  
-Utilice los botones de insertar para agregar las fotos al informe

**Figura 11** Imagen térmica y digital del tablero de control de la línea doble

Fuente : (Informe termográfico línea doble,2015)



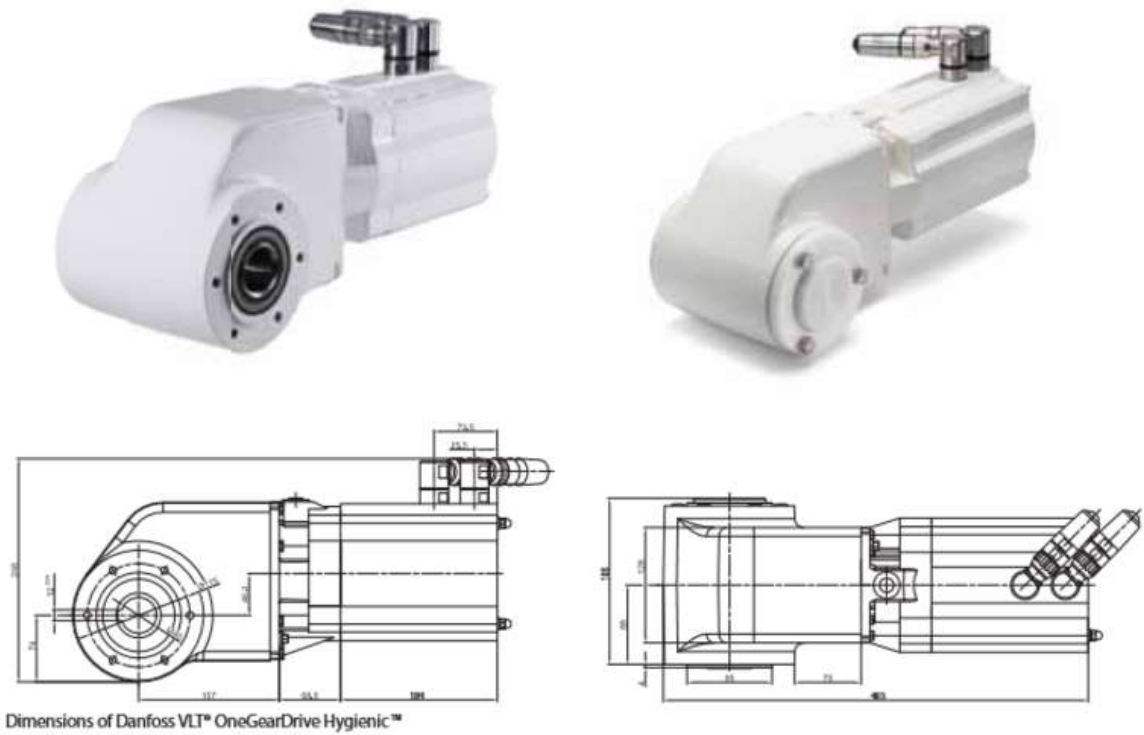
Para aumentar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica y reducir el consumo por kW/día el equipo tomo la decisión de reemplazar los motores que se utilizaban para mover las bandas transportadoras por equipos 89% más eficientes en comparación con los sistemas tradicionales, este equipo cuenta además con la

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

ventaja de que se puede utilizar tanto en zonas secas como húmedas siendo esto ideal para la industria de bebidas alimenticias y por sus características de diseño no requieren de un mantenimiento frecuente, en la figura 12 se puede observar el equipo implementado y en la figura 13 las especificaciones técnicas del mismo.

**Figura 12 Motor de alta eficiencia**

Fuente: (Cotización Motores Danfoss,2015)



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



### Figura 13 Especificaciones del equipo.

Fuente: (Danfoss.com, 2015)

Potencia nominal	1,5-3,0 kW
Velocidad máxima	3000 rpm
Frecuencia máxima	250 Hz
Corriente máxima	7,2 A
Par	1,7 Nm/A
Tensión	120 V / 1000 rpm
Peso	aprox. 28 kg
CSA / UL	bajo pedido

Para aumentar la eficiencia de la planta en el uso de la energía eléctrica, se reemplazaron algunos equipos con este fin y se implementó tecnología LED para la iluminación de la misma, además de esto, también se buscó darle un mejor uso a los equipos de producción con los que contaba la empresa, de acuerdo a su capacidad, de tal forma que se obtenga la mayor eficiencia posible con base en la demanda de producción de litros de bebida, además se hicieron cambios en algunos equipos de medición para tener mayor información y control sobre el uso del recurso energético.

Las acciones anteriormente mencionadas representan la estrategia de mejora elegida por el equipo de trabajo, para atacar las áreas con mayor consumo de energía eléctrica al interior de la planta y a su vez las principales causas de desperdicio identificadas en etapas anteriores, estas acciones, buscan que se haga un uso más racional de la energía eléctrica por medio de la capacitación al personal operativo, en la correcta utilización de los equipos de la planta y además se busca ejercer un mayor control a la actividades operativas que se realizan los días con baja producción, como son los domingos y festivos.

### 3.5 CONTROLAR

Para que las anteriores acciones de mejora sean sostenibles en el tiempo se crearon los siguientes estándares de trabajo:

- Rutinas en SAP de mantenimiento preventivo para los compresores, con el fin de evitar daños en estos equipos vitales en la producción y monitorear el comportamiento de los mismos.
- Utilización del algoritmo para uso de compresores, con el fin de evitar el desperdicio de energía mientras las líneas de producción estén apagadas. Este algoritmo, detecta cuando la línea para y apaga los compresores, haciendo que el indicador de eficiencia no sufra por malgasto del consumo de electricidad mientras no se están produciendo litros de bebida.
- Realizar el seguimiento por turno del balance de energía eléctrica, tomando datos de los contadores y revisando que los equipos utilizados en la producción estén siendo operados de manera correcta y eficiente.
- Implementación de listas de inspección (Check List) de máquinas para el control del uso de la energía eléctrica.

Este check se realiza con el fin de verificar que se haga un buen uso racional de la energía eléctrica en el proceso productivo, al verificar que los equipos se encuentren apagados al momento de finalizar la producción, o cuando se esté realizando un cambio de referencia en alguna de las líneas productiva, en donde solo deben encontrarse energizados los equipos que requieran un lavado y preparación previa.

Además de esto, se le hizo entrega de los procesos y mejoras realizadas por medio de una carta al especialista de mantenimiento de la planta, en donde él debe comprometerse con asegurar el manejo eficiente de los equipos productivos a su cargo, asegurar la correcta capacitación del personal en el uso racional de la energía y es responsable de continuar trabajando en busca de planes de acción que aumenten la eficiencia de este recurso tan importante para la producción como lo es la energía eléctrica.

## Figura 14 Carta de compromiso.

Fuente: (Carta Entrega del Proyecto, 2015)



Estimado Juan Carlos Arenas  
Especialista de Mantenimiento

Como es de tu conocimiento, una parte fundamental de nuestra visión en Coca-Cola FEMSA Colombia, es lograr la transformación de los lugares de trabajo mejorando el Clima Organizacional, la Eficiencia y la productividad en todos los sentidos.

Como resultado de la implementación del programa de Excelencia Operacional (OE) se te hace entrega del proyecto de Rendimiento de Energía, finalizado el 31 de Diciembre de 2015, estandarizado y controlado en todas las áreas de la planta mediante las siguientes actividades bajo tu responsabilidad:

1. Asegurar el manejo eficiente de todos los equipo a tu cargo.
2. Asegurar la capacitación de los tecnólogos de maquinaria auxiliar en manejo eficiente de energía.
3. Garantizar el cumplimiento de la matriz de operación de sistema de refrigeración.
4. Controlar el cumplimiento de la matriz de operación del sistema de aire comprimido.
5. Cerrar hallazgos que vayan en contra del uso eficiente y racional de la energía.

Los indicadores impactados por el equipo de mejora fueron:  
Reducción en 28887 KW en el año 2015 vs el año 2014 en los procesos de refrigeración, aire, transportador e iluminación.

Agradecemos tu compromiso y responsabilidad para el cumplimiento en la ejecución de los procedimientos y estándares definidos, los cuales garantizaran el sostenimiento de estas iniciativas de mejora en nuestra operación.

Cordialmente,

**FERNANDO VIANNA LANDAZABAL**  
GERENTE BINOMIO CALI-MEDELLÍN

**JAHIR ALEJANDRO BUILES**  
LIDER DEL EQUIPO

Con la publicación de esta política se le da cumplimiento al tercer objetivo del proyecto, que como se ha mencionado anteriormente, no consistía en elegir la mejor alternativa y estrategia que aumentara la eficiencia en el consumo, sino que de acuerdo al plan elegido por el equipo, se siguió un plan de implementación y estandarización de los planes de acción ejecutados.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

## 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo a las mediciones realizadas en el comienzo de este proyecto, y a las consideraciones hechas en el transcurso del desarrollo del mismo, este es el desenlace del proyecto y los resultados de los planes de acción ejecutados.

Referente al consumo de kW/h en el año 2014 y la comparación con el 2015 vemos una diferencia de 369266 kW/h, lo que representa un ahorro en la facturación de servicios públicos para la compañía, pero que no refleja el resultado al que el equipo le apostó con los planes de acción.

**Tabla 8 Consumo 2014 vs Consumo 2015**

MES	CONSUMO kW/h 2014	CONSUMO kW/h 2015
ENERO	679.266	766.153
FEBRERO	667.197	663.497
MARZO	738.152	732.918
ABRIL	791.152	737.334
MAYO	785.841	692.783
JUNIO	717.038	609.038
JULIO	833.034	778.504
AGOSTO	772.245	673.975
SEPTIEMBRE	776.587	663.347
OCTUBRE	753.300	706.310
NOVIEMBRE	648.319	749.838
DICIEMBRE	783.619	802.787
TOTAL	8.945.750	8.576.484
DIFERENCIA	369.266	

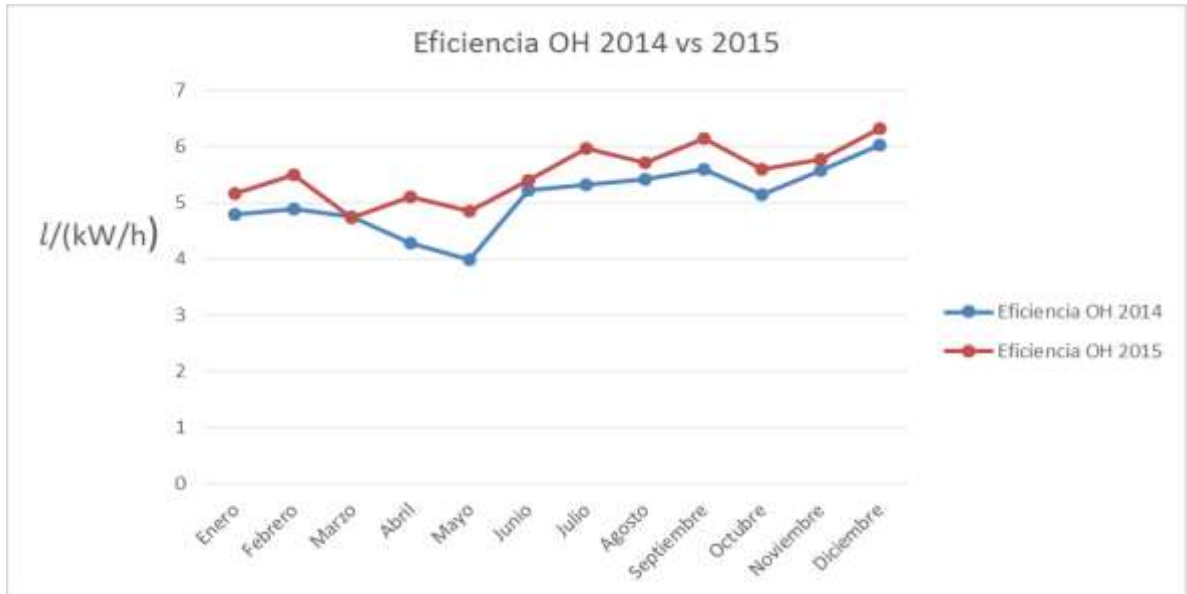
Fuente: (Resumen Balance de Energía 2015,2015)

Para comparar la eficiencia en el consumo de energía eléctrica, se analizaron los indicadores presentados en el año 2014 en la fase de análisis, y los obtenidos en el año 2015 por línea de producción, más los de aire y refrigeración:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

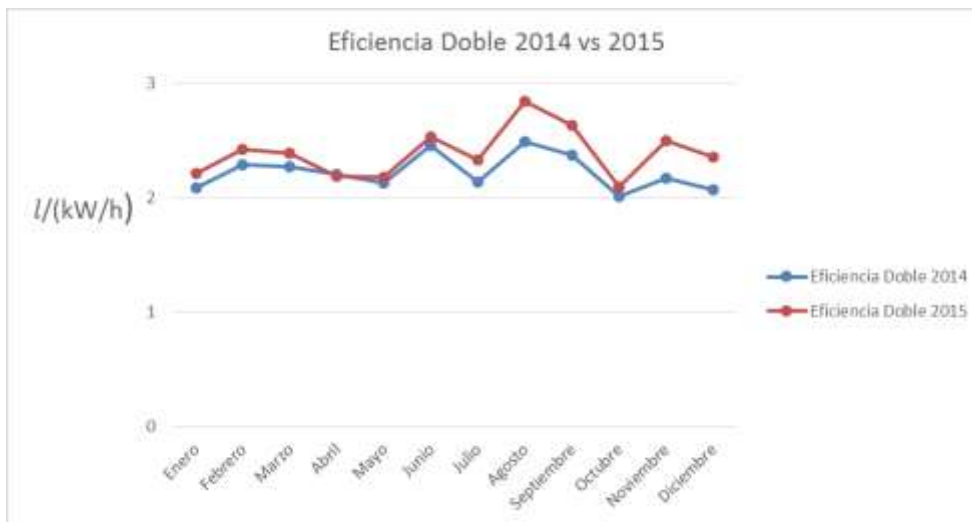
**Figura 15 Eficiencia OH 2014 vs 2015**

Construcción propia



**Figura 16 Eficiencia Doble 2014 vs 2015**

Construcción propia



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

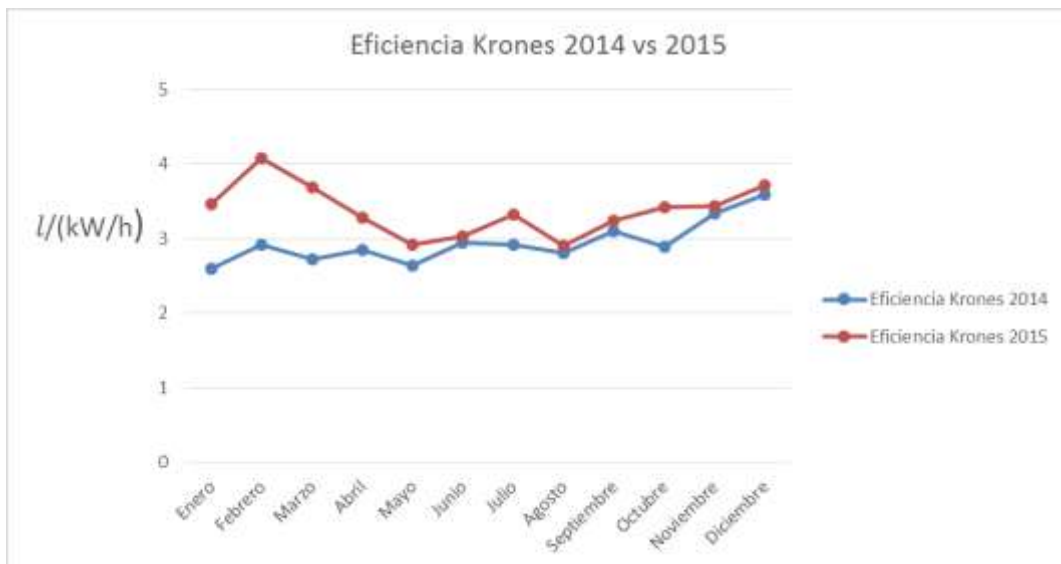
**Figura 17 Eficiencia R-84 2014 vs 2015**

Construcción propia



**Figura 18 Eficiencia Krones 2014 vs 2015**

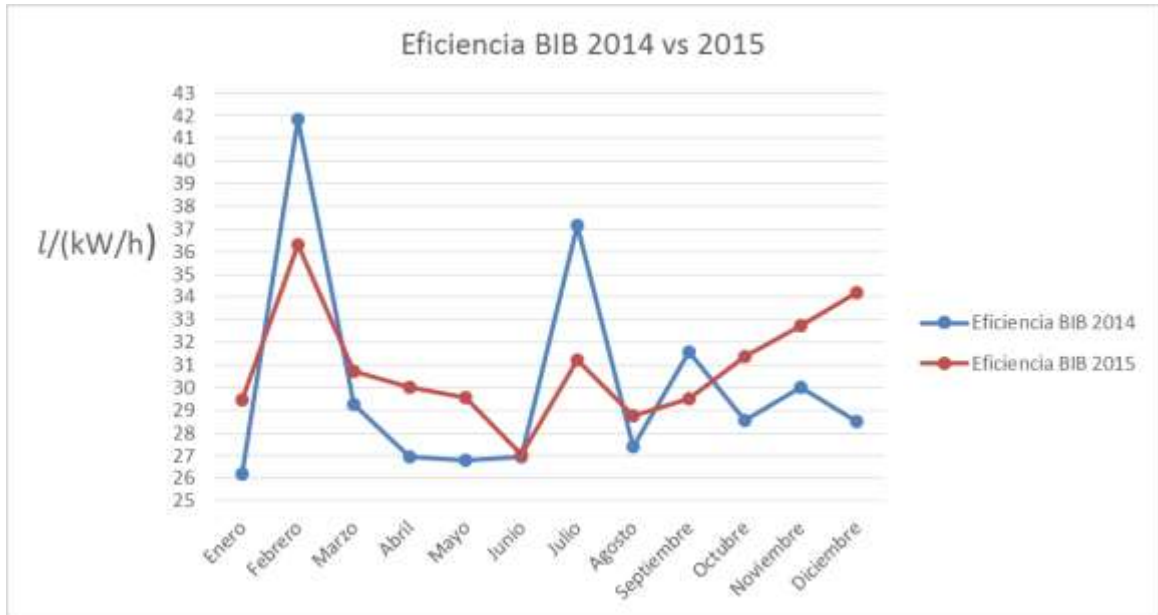
Construcción propia



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

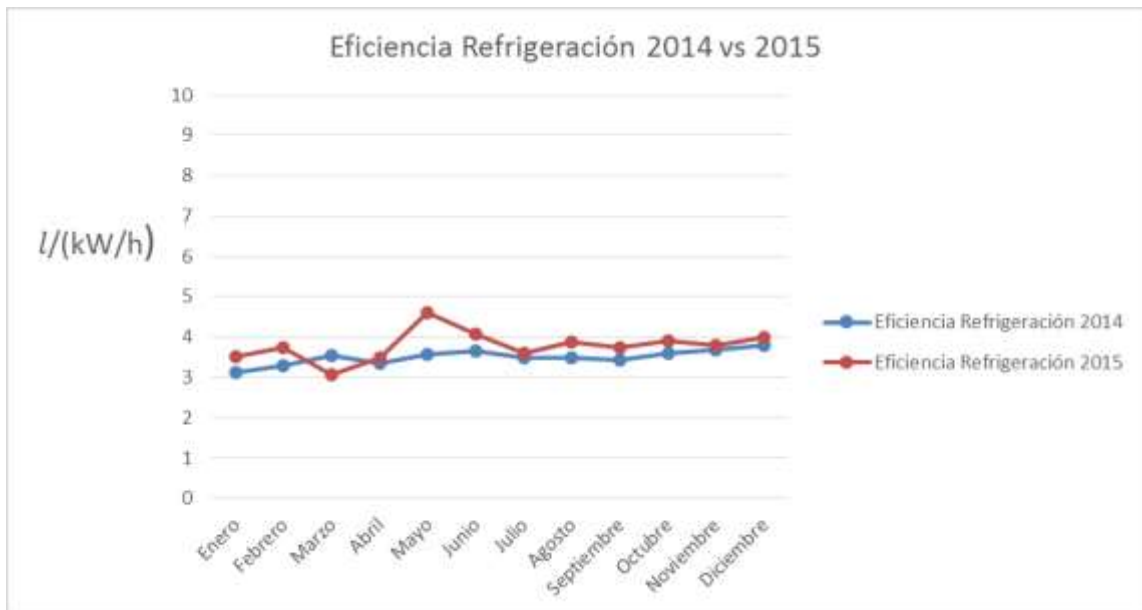
**Figura 19 Eficiencia BIB 2014 vs 2015**

Construcción propia



**Figura 20 Eficiencia Refrigeración 2014 vs 2015**

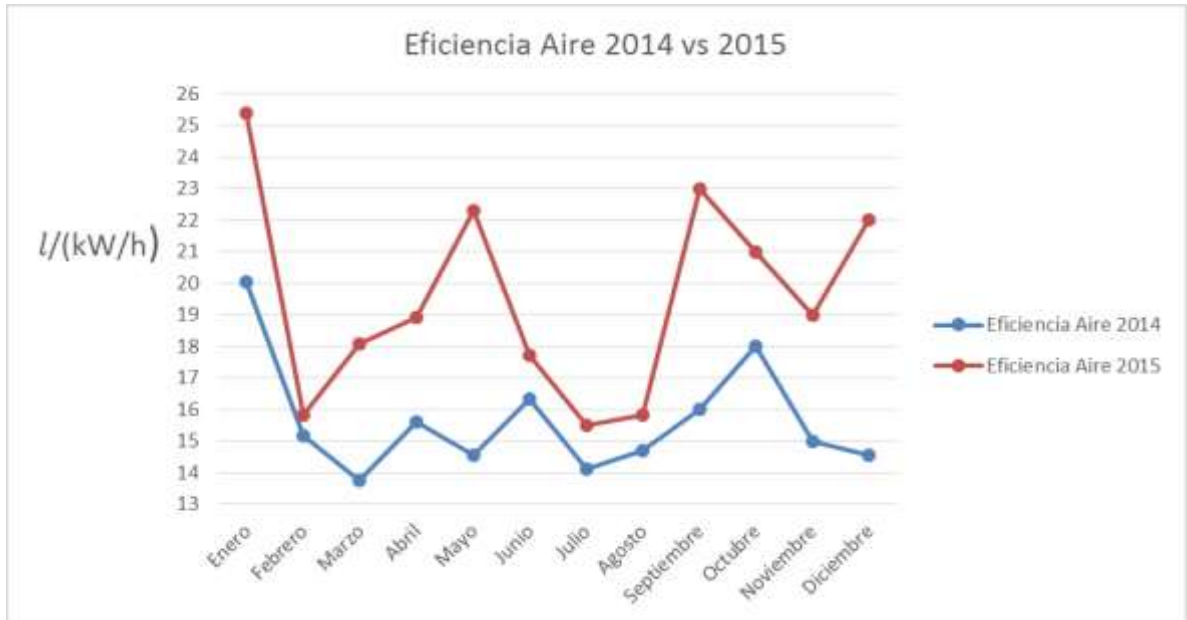
Construcción propia



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

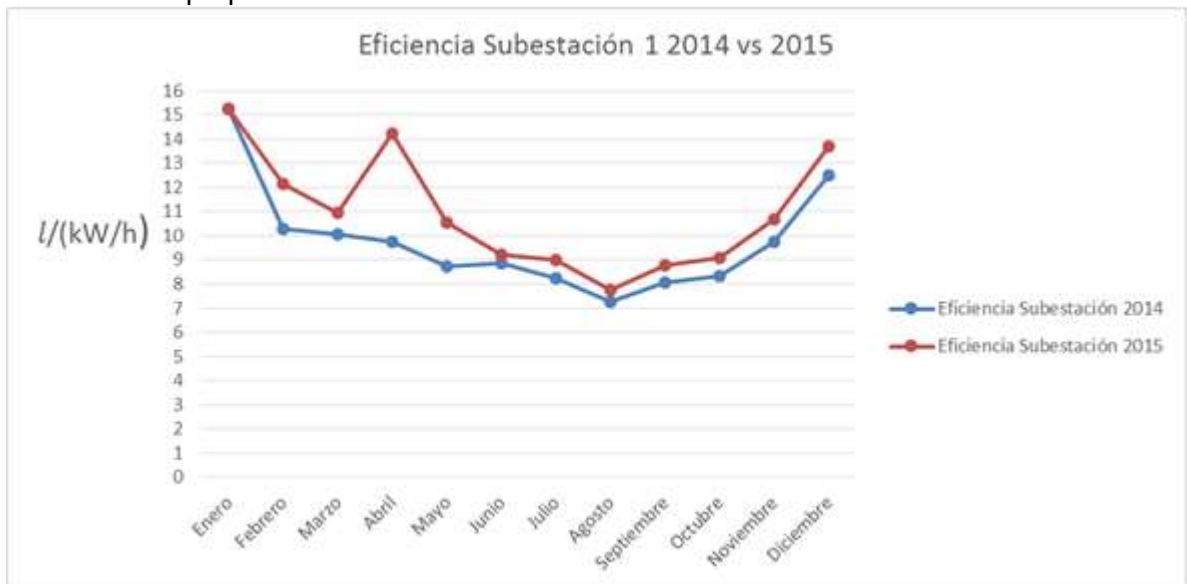
**Figura 21 Eficiencia Aire 2014 vs 2015**

Construcción propia



**Figura 22 Eficiencia Subestación 1 2014 vs 2015**

Construcción propia



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



El resultado observado en estas gráficas, es evidencia del impacto que tuvo la eficiencia en el consumo de energía eléctrica de la planta de Coca Cola FEMSA Medellín debido a la implementación de planes de acción que atacaban los elementos que desperdiciaban el recurso energético. A pesar de que el foco de los planes ejecutados se centraba en la línea OH, la subestación 1, la refrigeración y el aire comprimido, se puede observar que las medidas impactan de manera transversal el estado de la planta referente a la eficiencia energética. Esto se puede ver reflejado en el estado general del indicador de eficiencia energética por día al final del proyecto:

**Tabla 9 Eficiencia 2014 vs 2015**

<b>MES</b>	<b>EFICIENCIA 2014</b>	<b>EFICIENCIA 2015</b>
<b>ENERO</b>	32,55	29,25
<b>FEBRERO</b>	32,45	28,62
<b>MARZO</b>	30,07	27,79
<b>ABRIL</b>	29,71	27,9
<b>MAYO</b>	26,58	24,69
<b>JUNIO</b>	26,76	23,95
<b>JULIO</b>	30,21	27,91
<b>AGOSTO</b>	26,06	24,22
<b>SEPTIEMBRE</b>	26,19	24,34
<b>OCTUBRE</b>	27,43	25,44
<b>NOVIEMBRE</b>	30,66	28,32
<b>DICIEMBRE</b>	32,2	29,67

Construcción propia

## Figura 23 Eficiencia 2014 vs 2015

Construcción propia



Estos resultados se ven materializados en unos beneficios netos que aparecen como consecuencia de los planes de acción implementados, estos beneficios se pueden ver reflejados directamente en las finanzas de la compañía o en los procedimientos establecidos, que están direccionados a afectar la tecnología en lo que se refiere a Mano de obra, medición, máquinas y método.

Los frutos de este proyecto se ven reflejados principalmente en:

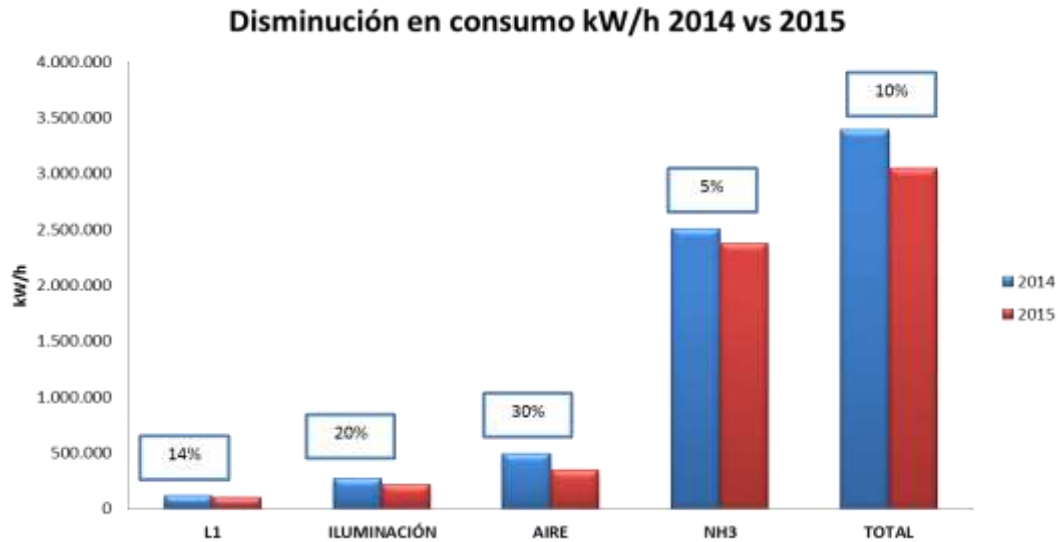
- Menor impacto al medio ambiente por consumo de energía eléctrica.
- Reducción de costos de servicios públicos por menor consumo de energía eléctrica.
- Controles y políticas en todos los procesos que aseguran su estabilidad en el tiempo.
- Herramientas de pronósticos de consumos a partir de historiales y proyecciones de producción.

La implementación de los planes de acción y su impacto en los 4 grandes focos que se tenían, dieron un resultado financiero considerable. El consumo en estos principales puntos de mira dio el siguiente resultado en porcentaje de disminución de consumo:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

## Figura 24 Disminución del consumo kW /h 2014 VS 2015

Fuente: (Informe consumos de energía 2015, 2015)



Los ahorros alcanzados con esta disminución en el porcentaje de consumo fueron:

- Línea OH (L1): \$5.437.297 COP
- Iluminación (subestación1): \$16.808.196 COP
- AIRE: \$39.082.203 COP
- Refrigeración (NH3): \$35.842.098 COP
- Total: \$97.169.794 COP

Estos porcentajes de disminución en consumo de energía eléctrica generaron ahorros bastante importantes, que reflejan el cumplimiento de los objetivos trazados, y resalta que todos los proyectos enfocados en mejorar las eficiencias traen consigo, además de un proceso transparente, una eliminación de defectos, una mejora en las prácticas productivas, y un control de las etapas del proceso, un impacto económico reflejado en ahorros y en el aumento de la generación de valor para la compañía, que al final, es la meta que se tiene como organización, asegurar un proceso limpio y eficiente que retorne su ejecución en la consecución de las metas grandes organizacionales, mantenerse en el tiempo y ser rentable.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

## 5. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

Al momento de iniciar un proyecto de mejora o de excelencia operacional, se debe involucrar a todas las personas que componen la empresa, desde el personal administrativo el cual cumple con el rol de patrocinador, al facilitarle al grupo de personas encargadas de liderar el proyecto, los recursos financieros o de personal, necesarios para la ejecución del mismo y cumplir con los objetivos propuestos, pero el éxito de un proyecto no depende únicamente de la disponibilidad de recursos y apoyo administrativo, sino también, del compromiso y participación activa del personal encargado de las actividades operativas, porque son los principales afectados por los cambios que se realicen al interior de la planta y finalmente depende de ellos en gran medida, que las actividades se realicen de forma correcta y que las mejoras implementadas puedan conservarse en el tiempo posterior al cierre del proyecto.

Cuando se decide abordar un proyecto de mejora relacionado con el uso de la energía eléctrica es importante enfocarse en dos conceptos, el uso racional y el uso eficiente de este recurso, el primero como su nombre lo dice, hace referencia a buenas prácticas de producción y al uso de la electricidad solo cuando es realmente necesario para el proceso, encendiendo y apagando los equipos en el momento oportuno, por otra parte el uso eficiente busca que se aproveche este recurso al máximo al aprovechar correctamente las capacidades de las máquinas y evitar situaciones en donde los equipos sean subutilizados, además de esto es importante que la empresa cuente con una política de mantenimiento preventivo para evitar el desgaste y mal funcionamiento de las máquinas, lo que al final se traduce en mayores consumos de energía eléctrica debido a un bajo desempeño.

La implementación de la metodología Seis Sigma y el uso de la herramienta DMAIC, le permitió al equipo de trabajo conocer a fondo el estado actual de la planta en relación al uso y consumo de energía eléctrica en sus procesos productivos y con base a esto, poder identificar qué áreas procesos eran susceptibles de mejora, y posteriormente plantear e implementar planes de mejora y cambios, en el proceso, que dieran como resultado una mayor eficiencia para la planta y además de esto la adopción buenas prácticas para el personal de la compañía.

Por medio de la creación y aplicación de listas de chequeo para las cuatro líneas de producción de la empresa, fue posible tener un mayor control sobre el proceso productivo y adicionalmente poder identificar, los buenos y malos manejos que se le estaban dando a los recursos de la compañía, y con base a esto eliminar todas aquellas actividades que no generaban valor para la compañía.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

El haber conformado un equipo multidisciplinario para la ejecución del proyecto fue de gran ayuda al momento de encontrar las oportunidades de mejora y establecer planes de acción, porque al momento de tomar decisiones y establecer las acciones a seguir en cada una de las etapas del proyecto, se contaba con diferentes puntos de vista y conocimientos, los cuales daban como resultado planes de mejora efectivos, para lograr cumplir con los objetivos que se plantearon inicialmente.

Es importante tener en cuenta que durante el desarrollo del trabajo, la planta trabajó 24 horas al día, en tres turnos de lunes a sábado durante los años 2014 y 2015, en los que la producción no es totalmente constante y la capacidad utilizada varía, debido a que está condicionada a una demanda estacional. La demanda presenta un comportamiento similar durante los dos años de estudio, por esto, aunque la capacidad utilizada es una variable que influye tanto en la producción de bebida, como en el consumo de energía eléctrica, no fue tomada en cuenta para los análisis que se realizaron durante este proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

Barney, B. M. (2002). Motorola ' s Second Generation AT THE PLACE IT. *Six Sigma Forum Magazine*, 1(3), 13–16.

Bhardwaj, P. K., Kaushik, S. C., & Jain, S. (2003). Finite time optimization of an endoreversible and irreversible vapour absorption refrigeration system. *Energy Conversion and Management*, 44(7), 1131–1144. doi:10.1016/S0196-8904(02)00101-2

Brue, G. (2002). *Seis Sigma para directivos*. New York: McGraw-Hill.

*Cámara termográfica Fluke Ti300 con Fluke Connect*. (2016). *Fluke.com*. Retrieved 17 May 2016, from <http://www.fluke.com/fluke/eses/termografia/fluke-ti300.htm?PID=77089>

Catalogo OGD. (2015). Retrieved 17 May 2016, from <http://www.danfoss.com/NR/rdonlyres/78AD2B4B-0D20-4BDB-AB95-BC9B7F079A5C/0/Cat%C3%A1logoOGDespanhol.pdf>

Corviniensis, A. T., Vii, E. T., Kiss, I., Stanojevic, D., & Janjic, N. (2014). ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF CUTTING LOGS USING, 7(6), 93–98.

Coca Cola FEMSA.(2013). Balance Energía. Medellín: Manuscrito no publicado.

Coca Cola FEMSA (2014). Resumen Balance de Energia. Medellin: Manuscrito no publicado

Coca Cola FEMSA.(2014). Balance Energía. Medellín: Manuscrito no publicado.

Coca Cola FEMSA (2015). Resumen Balance de Energia. Medellin: Manuscrito no publicado

Coca Cola FEMSA.(2015). Balance Energía. Medellín: Manuscrito no publicado.

Coca Cola FEMSA.(2015). Analisis Ishikawa Raijin. Medellin: Manuscrito no publicado

Coca Cola FEMSA.(2015).Informe Termografico. Medellin: Manuscrito no publicado

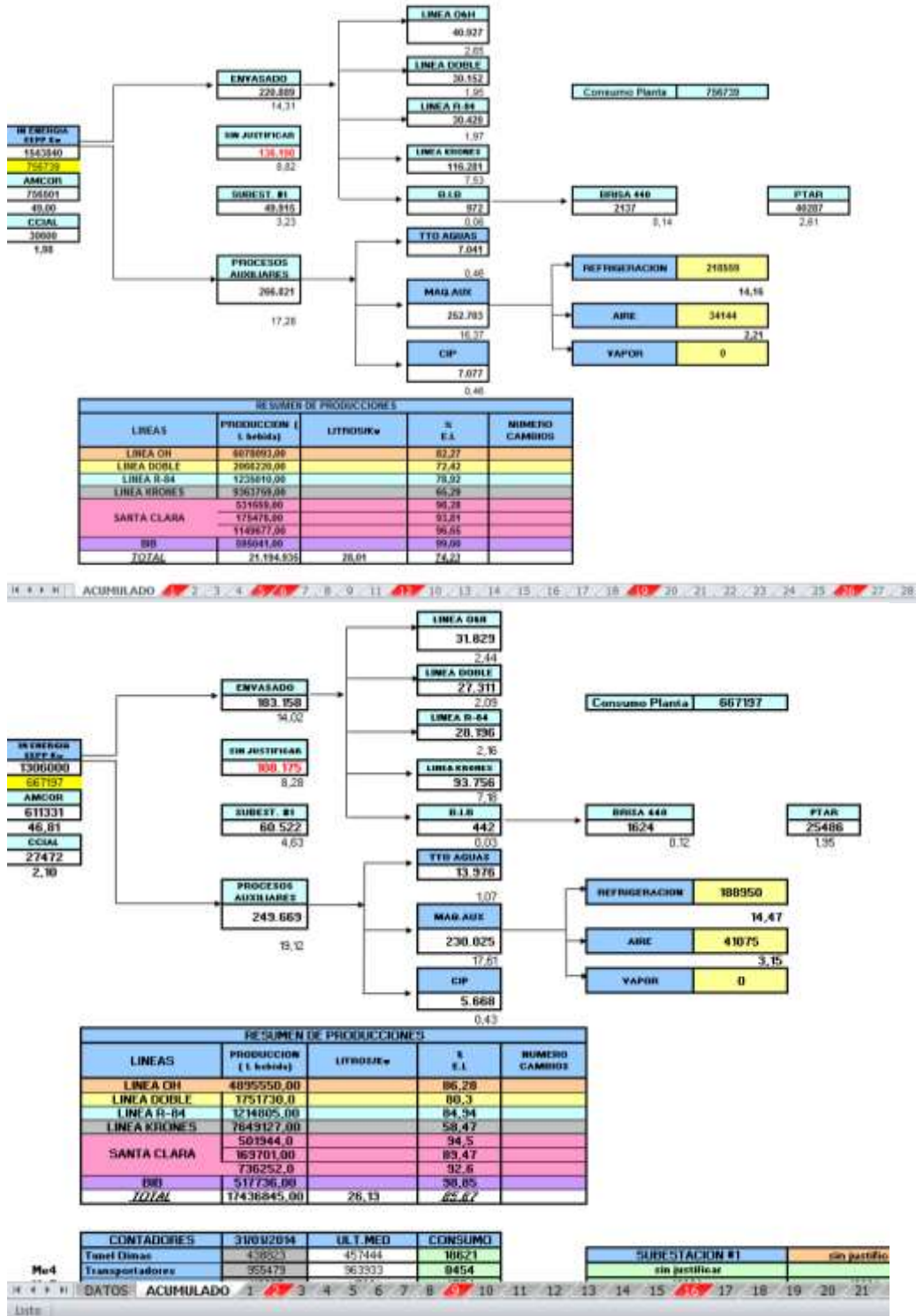
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

- Coca Cola FEMSA.(2015).Cotizacion Motores Danfoss. Medellin: Manuscrito no publicado
- Coca Cola FEMSA.(2015).Carta Entrega del Proyecto. Medellin: Manuscrito no publicado
- Coca Cola FEMSA.(2015).Informe Consumos de Energia. Medellin: Manuscrito no publicado
- Domenech, J. (2015). *Espina de pescado*. Retrieved 17 March 2015, from [http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Espina\\_de\\_pescado.pdf](http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/Espina_de_pescado.pdf)
- Dudić, S., Ignjatović, I., Šešlija, D., Blagojević, V., & Stojiljković, M. (2012). Leakage quantification of compressed air using ultrasound and infrared thermography. *Measurement*, 45(7), 1689–1694. doi:10.1016/j.measurement.2012.04.019
- Escobar Garcés, T., & Pérez Ramírez, L. (2009). *SIX SIGMA EN EMPRESAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL*. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Universidad EAFIT.
- Felizzola Jiménez, H., & Luna Amaya, C. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 22(2), 263–277. doi:10.4067/S0718-33052014000200012
- Gavronski, I., Klassen, R. D., Vachon, S., & Nascimento, L. F. M. Do. (2011). A resource-based view of green supply management. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(6), 872–885. doi:10.1016/j.tre.2011.05.018
- Guevara U, M. G. (2011). *Aplicación de la metodología seis sigma como herramienta de mejora a los principales indicadores de gestión en el área de manufactura de la planta ecuador bottling company en la ciudad de Quito*. Universidad Politecnica Salesiana.
- Gutiérrez, H., & Salazar, R. (2009). *Control estadístico de la calidad y seis sigmas*.
- Herrera, R. J., & Fontalvo, T. J. (2006). *Seis Sigma Métodos Estadísticos y Sus Aplicaciones*. (R. J. Herrera Acosta, Ed.) (1st ed.). Barranquilla.
- lpf.com.co. (2013). *Informe anual de bebidas 2013*. Retrieved February 21, 2015, from <http://www.lpf.com.co/es/septiembre-2013/520-informe-anual-de-bebidas-2013>
- Jovanovic, V., Stevanov, B., Šešlija, D., Dudić, S., & Tešić, Z. (2014). Energy efficiency optimization of air supply system in a water bottle manufacturing system. *Journal of Cleaner Production*, 85, 306–317. doi:10.1016/j.jclepro.2014.03.021

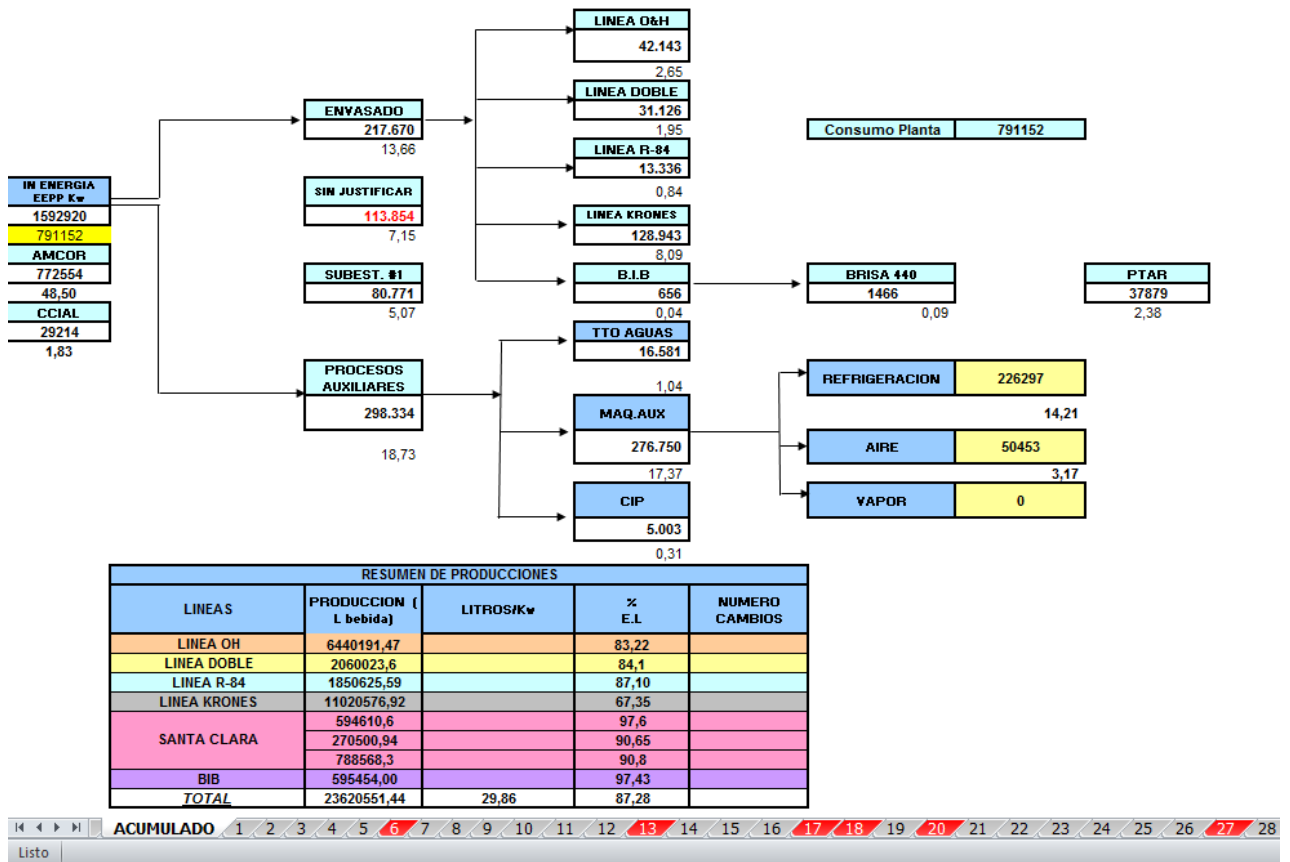
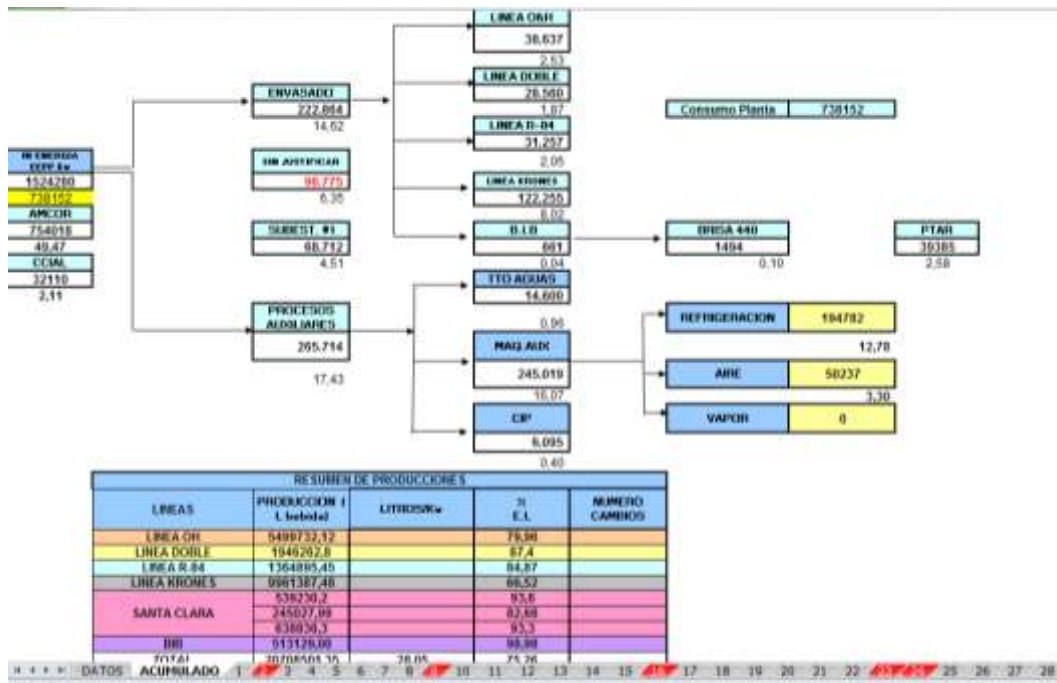
- Lopez, F. (2016). *Diagrama Causa-efecto (Diagrama Ishikawa) | ConIngenio. Fcojesuslopez.es*. Retrieved 14 November 2015, from <http://www.fcojesuslopez.es/coningenio/diagrama-causa-efecto-ishikawa>
- Montgomery, D. (2009). *Introduction to statistical quality control. John Wiley & Sons Inc.* doi:10.1002/1521-3773(20010316)40:6<9823::AID-ANIE9823>3.3.CO;2-C
- Müller, E. A. (2002). *Termodinámica Básica (Kemiteknik.)*. Caracas.
- Portafolio.co. (2014). *Consumo de gaseosas y jugos en Colombia | Portafolio.co*. Retrieved February 21, 2015, from <http://www.portafolio.co/negocios/consumo-gaseosas-y-jugos-colombia>
- Stefanovic, S., Kiss, I., Stanojevic, D., & Janjic, n. (2014). ANALYSIS OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF CUTTING LOGS USING ISHIKAWA DIAGRAM. *Bulleting Of Engineering*, 7(4), 93-98. Retrieved from <http://acta.fih.upt.ro/pdf/2014-4/ACTA-2014-4-15.pdf>
- Stoiljković, V., Milosavljević, P., Mladenović, S., Pavlović, D., & Todorović, M. (2014). Improving the Efficiency of the Center for Medical Biochemistry, Clinical Center Niš, by Applying Lean Six Sigma Methodology. *Journal of Medical Biochemistry*, 33(3), 299–307. 9p. 1 Color Photograph. doi:10.2478/jomb-2014-0012
- Vanker, E. (2013). pareto principle. Retrieved November 14, 2015, from [http://www.kumlanderlab.com/idu3390/presentations/EV\\_2013.pdf](http://www.kumlanderlab.com/idu3390/presentations/EV_2013.pdf)
- Villafoña, R. (2016). *Diagramas de Causa-Efecto*. Retrieved 17 October 2015, from <http://inn-edu.com/Calidad/CausaEfecto.pdf>
- Wahab, A. N. A., Mukhtar, M., & Sulaiman, R. (2013). A Conceptual Model of Lean Manufacturing Dimensions. *Procedia Technology*, 11(Iceei), 1292–1298. doi:10.1016/j.protcy.2013.12.327
- Www.csun.edu. (2014). csun pareto. Retrieved November 16, 2015, from <http://www.csun.edu/~jmotil/Pareto.pdf>
- Www.fundibeq.org. (2014). fundibeq. Retrieved November 14, 2015, from [http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama\\_de\\_pareto.pdf](http://www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama_de_pareto.pdf)



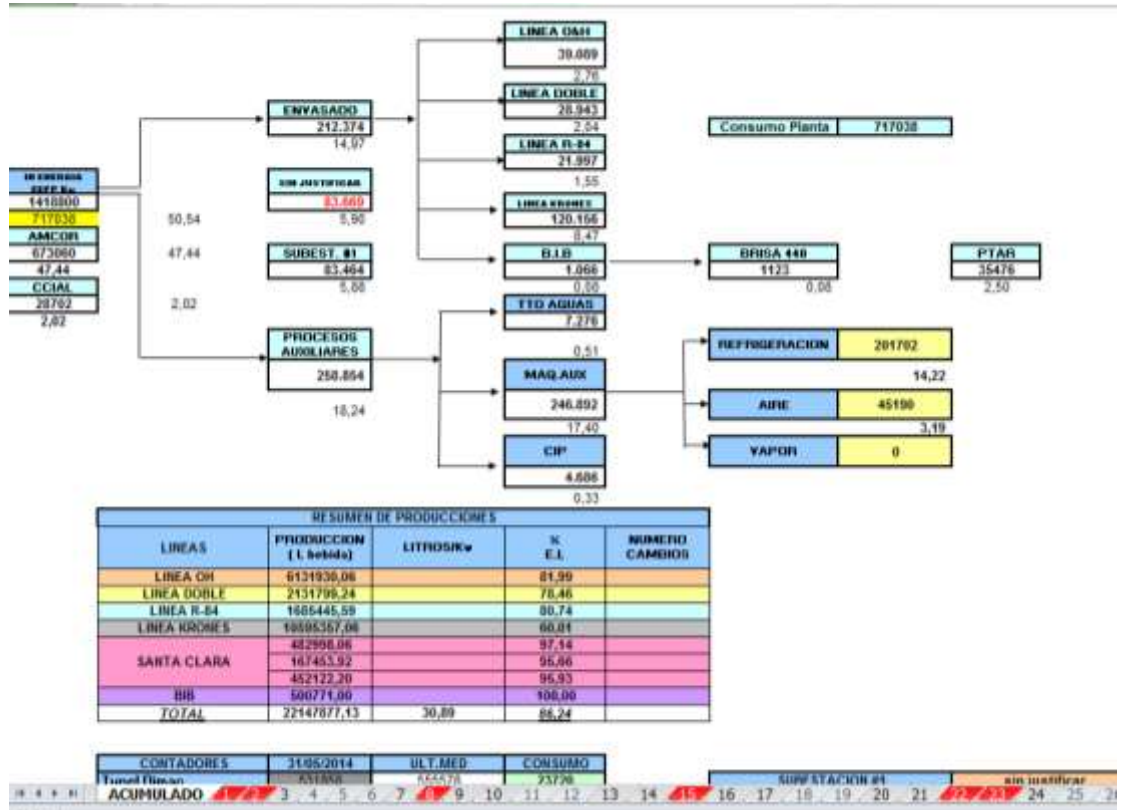
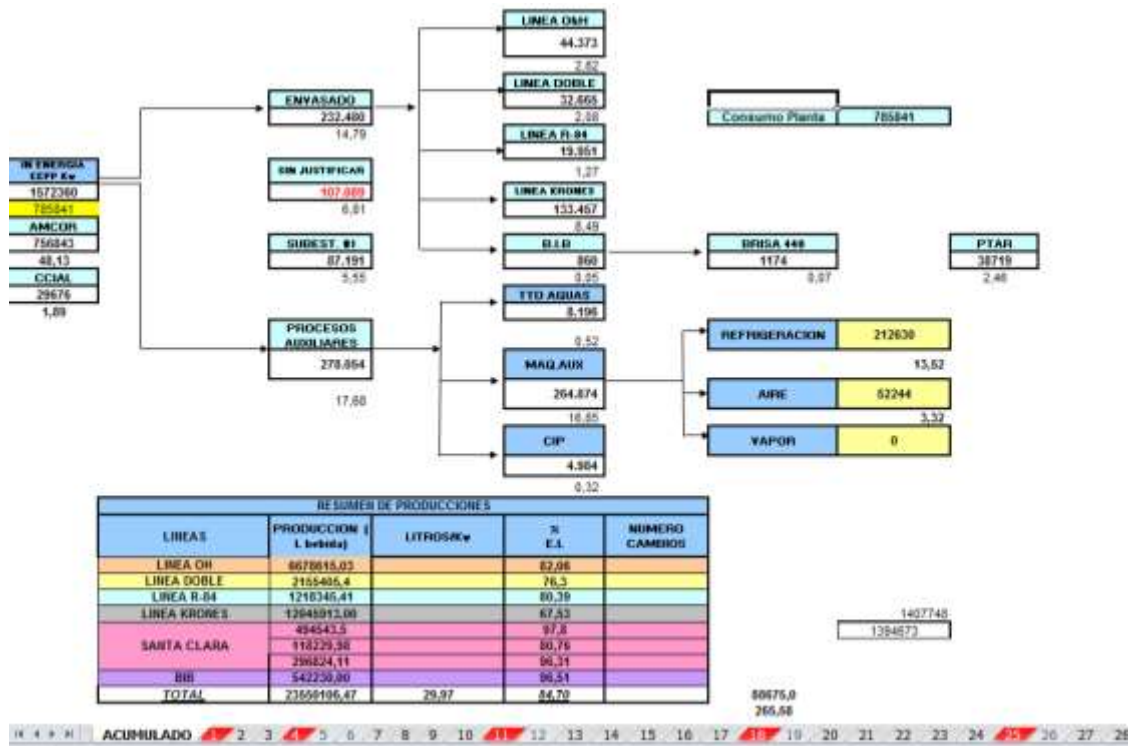
# ANEXO 1-CUADROS DE CONSUMO DE kW/DIA Y LITROS DE BEBIDA AÑO 2014



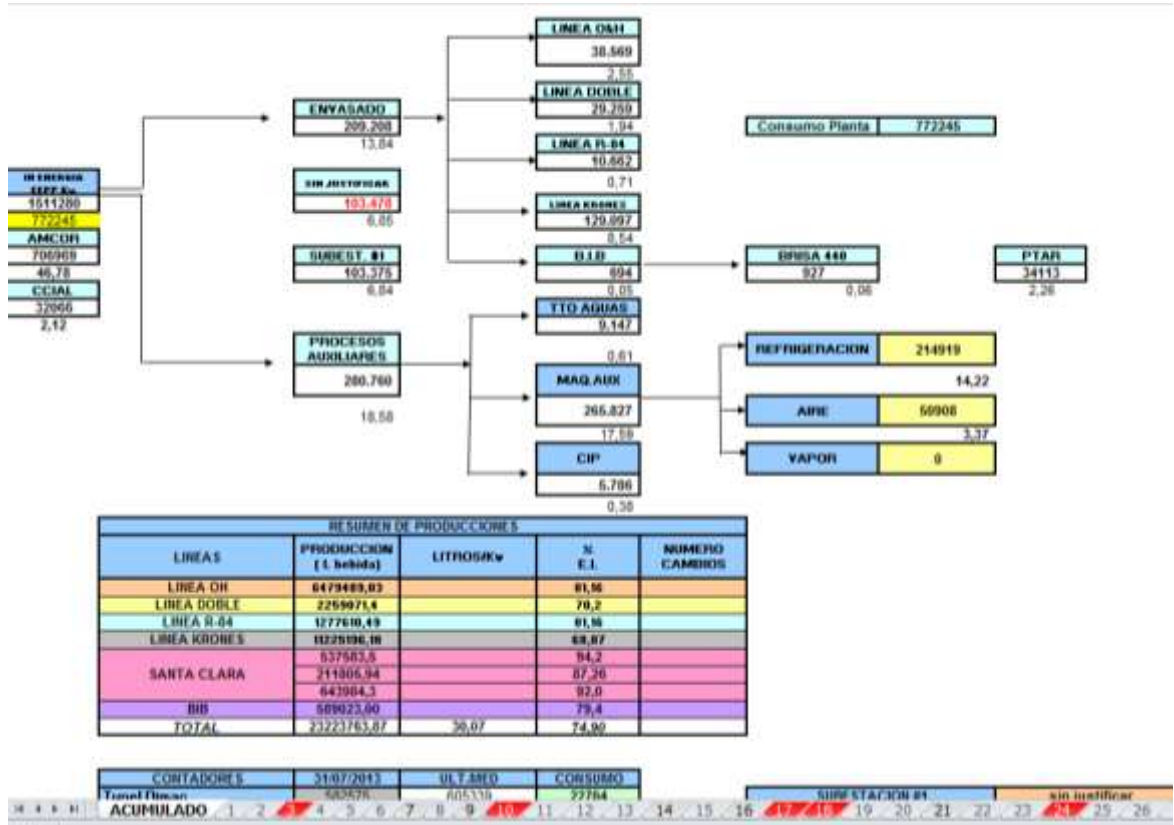
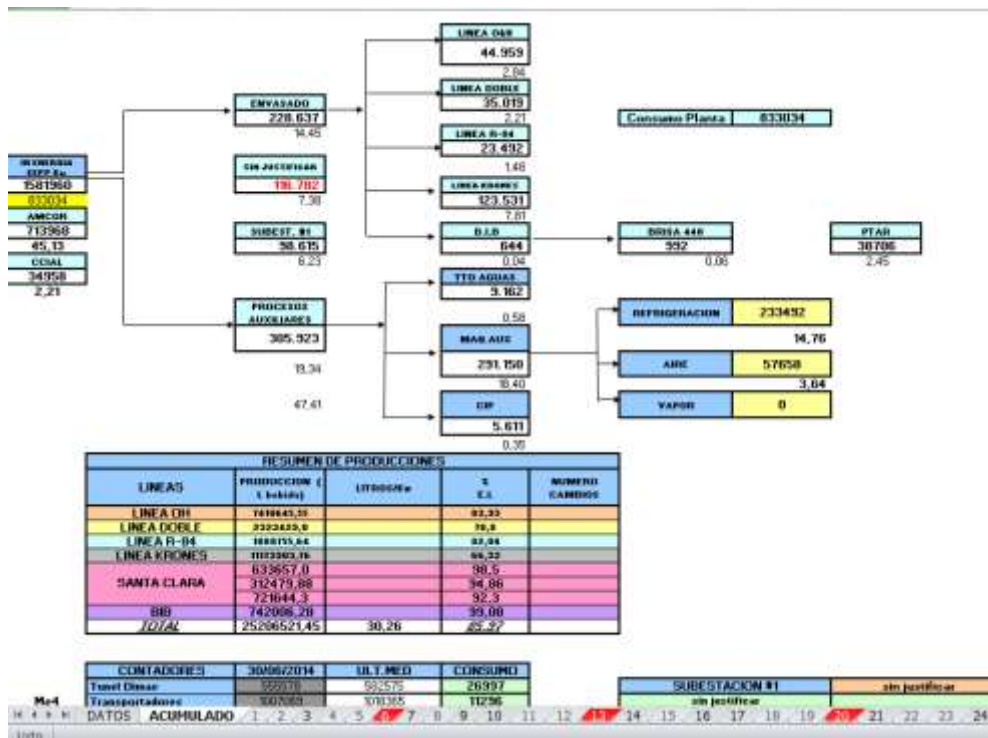
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

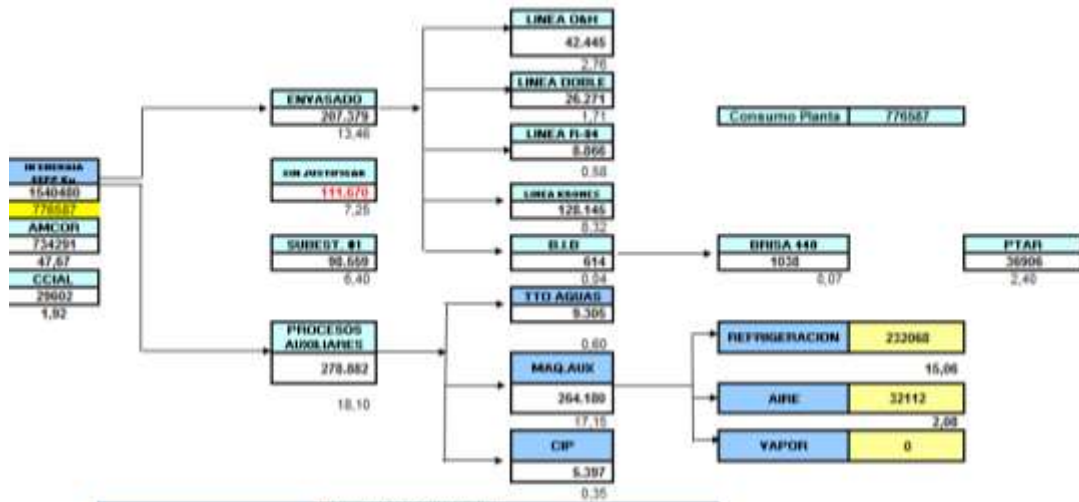


La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



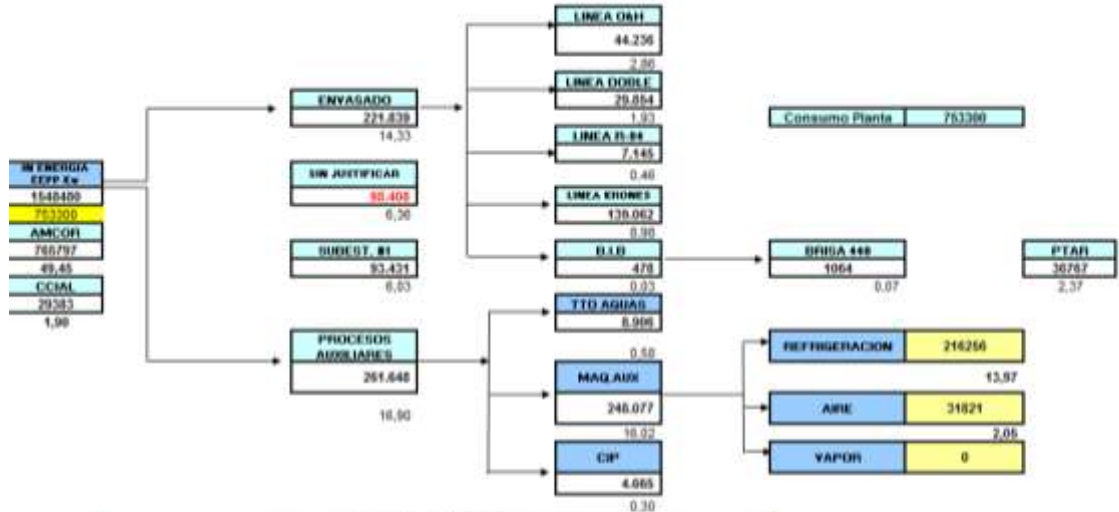
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.





RESUMEN DE PRODUCCIONES				
LINEAS	PRODUCCION (L. bebida)	LITROS/Kw	% E.L.	NUMERO CAMBIOS
LINEA OR	708728.83		84.86	
LINEA DOBLE	187199.1		85.7	
LINEA R-84	1065175.36		87.66	
LINEA KRONES	8982495.88		79.27	
SANTA CLARA	572336.6		82.3	
BBB	183191.14		86.75	
BBB	806878.2		78.1	
BBB	581848.00		86.75	
TOTAL	2384643.46	30.71	80.51	

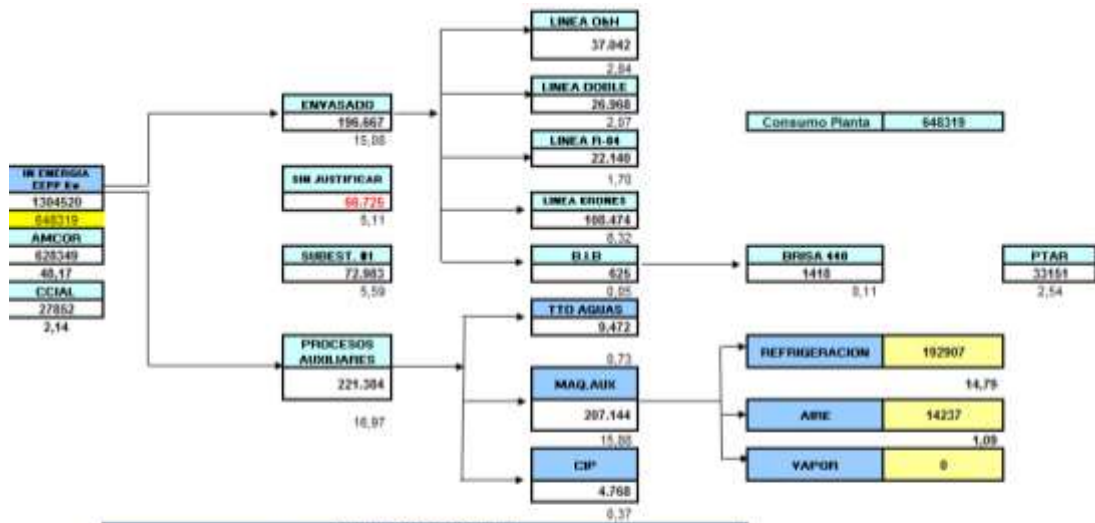
CONTADORES		31/08/2015	ULT. MED	CONSUMO	SIN JUSTIFICAR	
Taman Dimension		888336	8,01658	76564	sin justificar	
4	4	1	2	3	4	5
4	4	6	7	8	9	10
4	4	11	12	13	14	15
4	4	16	17	18	19	20
4	4	21	22	23	24	25



RESUMEN DE PRODUCCIONES				
LINEAS	PRODUCCION (L. bebida)	LITROS/Kw	% E.L.	NUMERO CAMBIOS
LINEA OR	794751.28		85.96	
LINEA DOBLE	1859877.8		71.1	
LINEA R-84	766495.76		86.79	
LINEA KRONES	1247898.77		73.53	
SANTA CLARA	527126.1		86.6	
BBB	177697.91		74.08	
BBB	683178.3		82.3	
BBB	682163.00		83.04	
TOTAL	2499492.69	31.89	81.20	

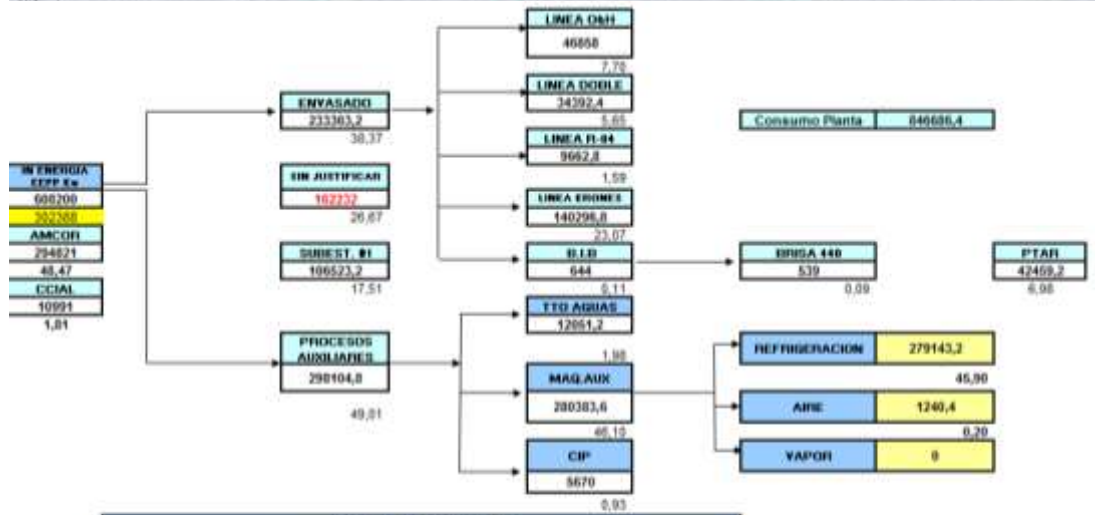
CONTADORES		31/08/2015	ULT. MED	CONSUMO	SIN JUSTIFICAR	
Taman Dimension		888336	8,01658	76564	sin justificar	
4	4	1	2	3	4	5
4	4	6	7	8	9	10
4	4	11	12	13	14	15
4	4	16	17	18	19	20
4	4	21	22	23	24	25
4	4	26	27	28		

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



RESUMEN DE PRODUCCIONES				
LINEAS	PRODUCCION (L bebida)	LITROS/Kw	% E.L.	NUMERO CAMBIOS
LINEA OHH	6191263,26		86,99	
LINEA DOBLE	1763937,9		67,8	
LINEA R-34	763005,28		83,81	
LINEA ERONES	10063112,19		72,09	
SANTA CLARA	418097,4		90,7	
	149162,92		94,48	
	603880,3		79,4	
BBB	563143,80		98,76	
TOTAL	21306602,19	32,86	78,87	

ACUMULADO

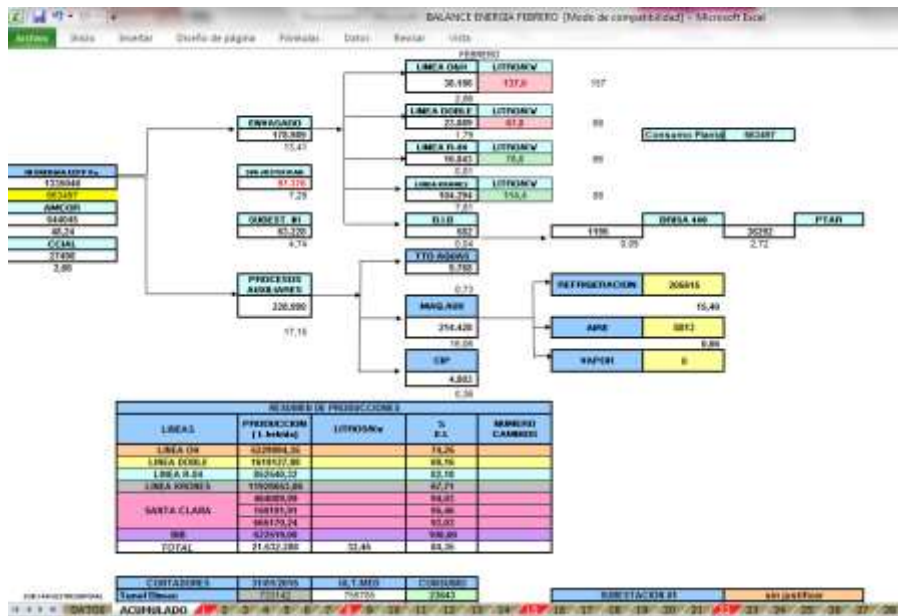
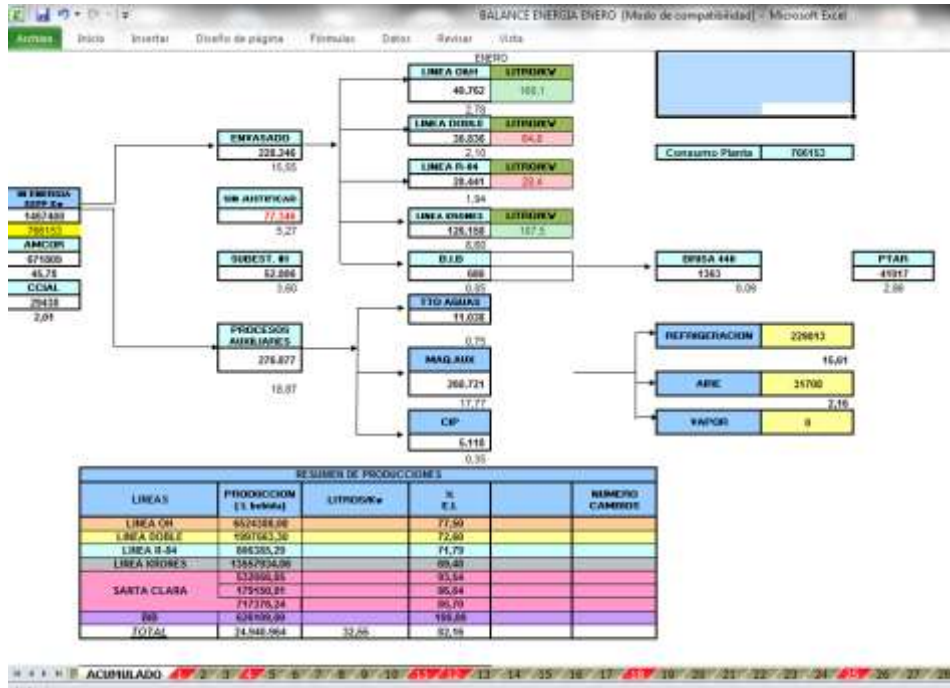


RESUMEN DE PRODUCCIONES				
LINEAS	PRODUCCION (L bebida)	LITROS/Kw	% E.L.	NUMERO CAMBIOS
LINEA OHH	8198420,65		98,34	
LINEA DOBLE	2340638,16		79,7	
LINEA R-34	1420314,53		86,82	
LINEA ERONES	16176368,59		72,21	
SANTA CLARA	676681,68		88,8	
	178400,32		92,84	
	4100361,33		85,5	
BBB	714835,28		100,00	
TOTAL	29778100,28	36,17		

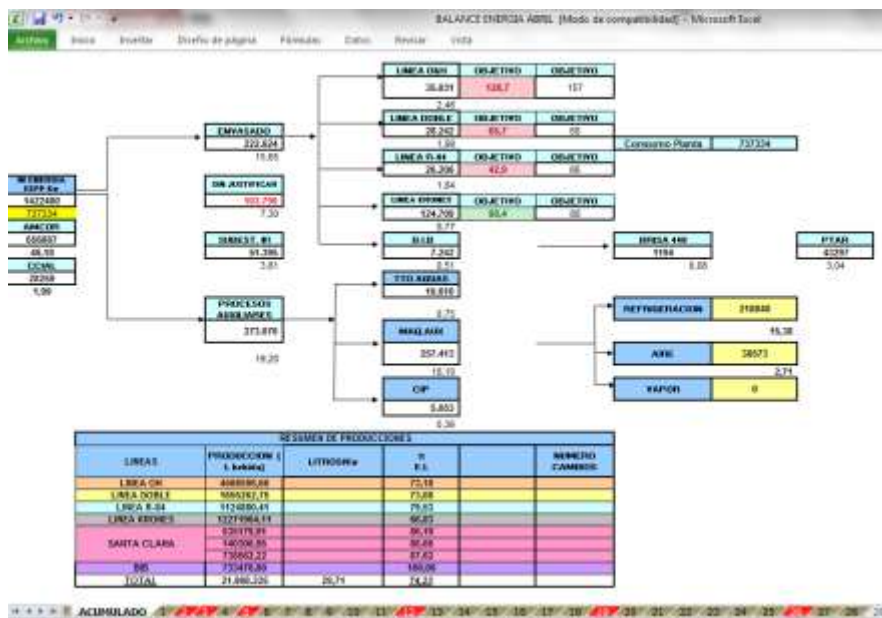
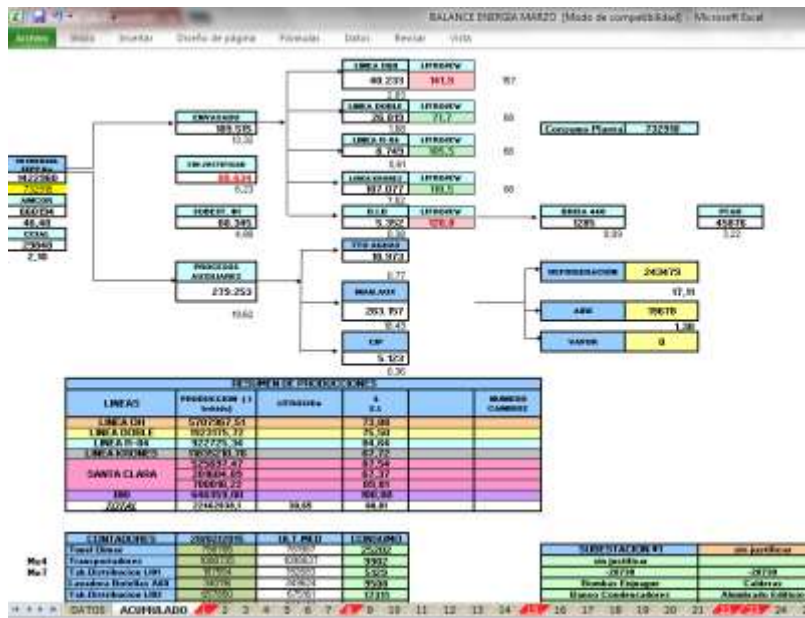
ACUMULADO

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

## ANEXO 2 TABLAS DE CONSUMO kW / MES AÑO 2015

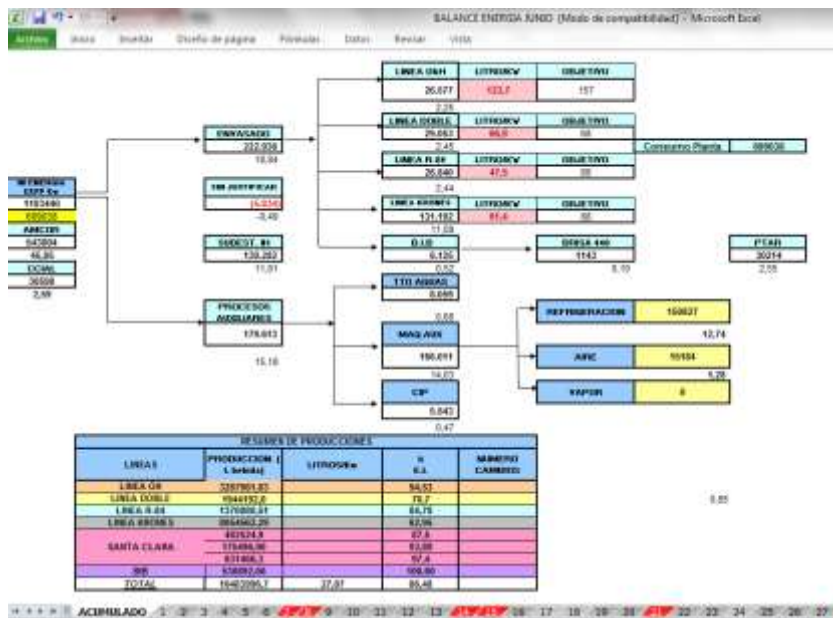
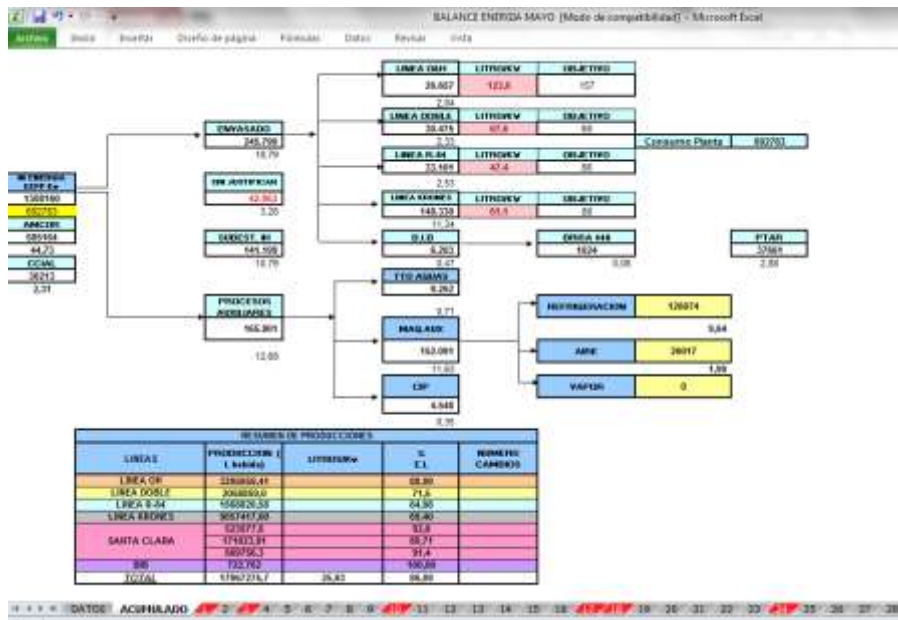


La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

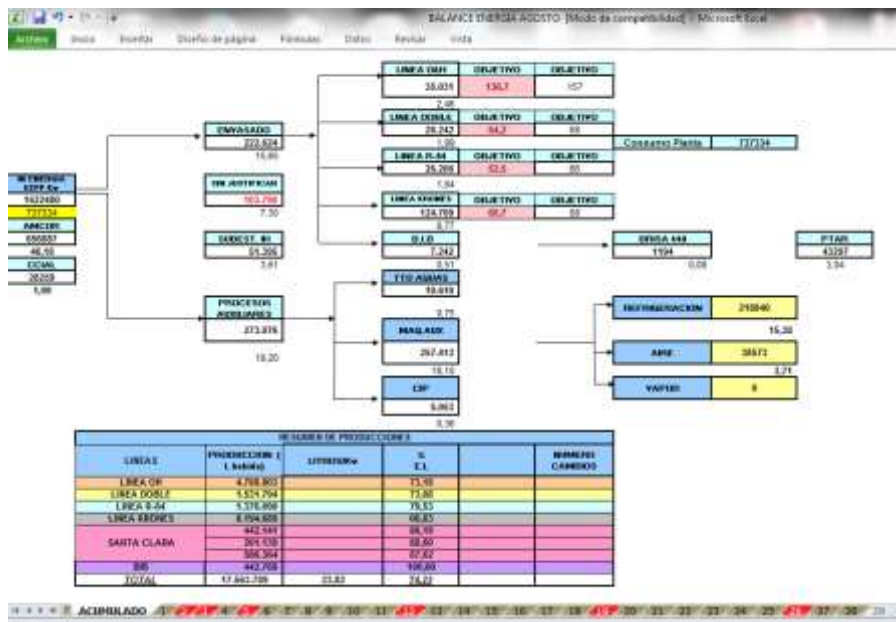
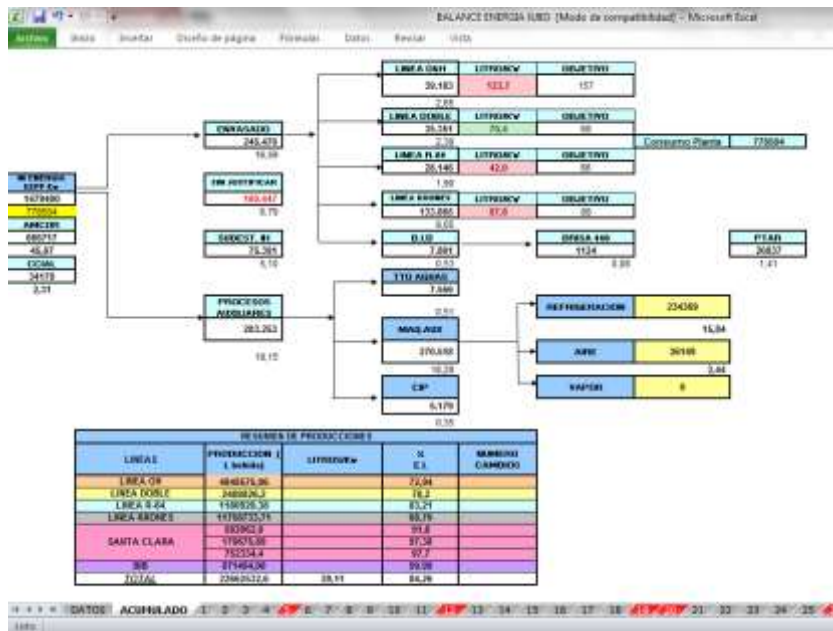


La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

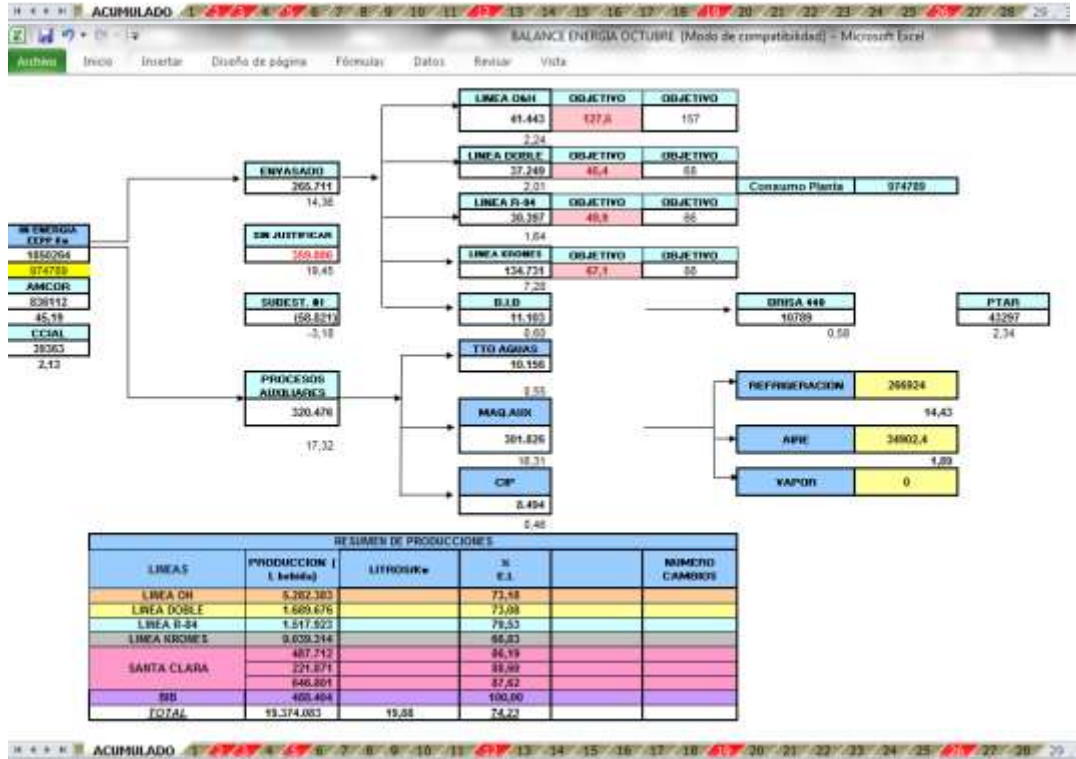
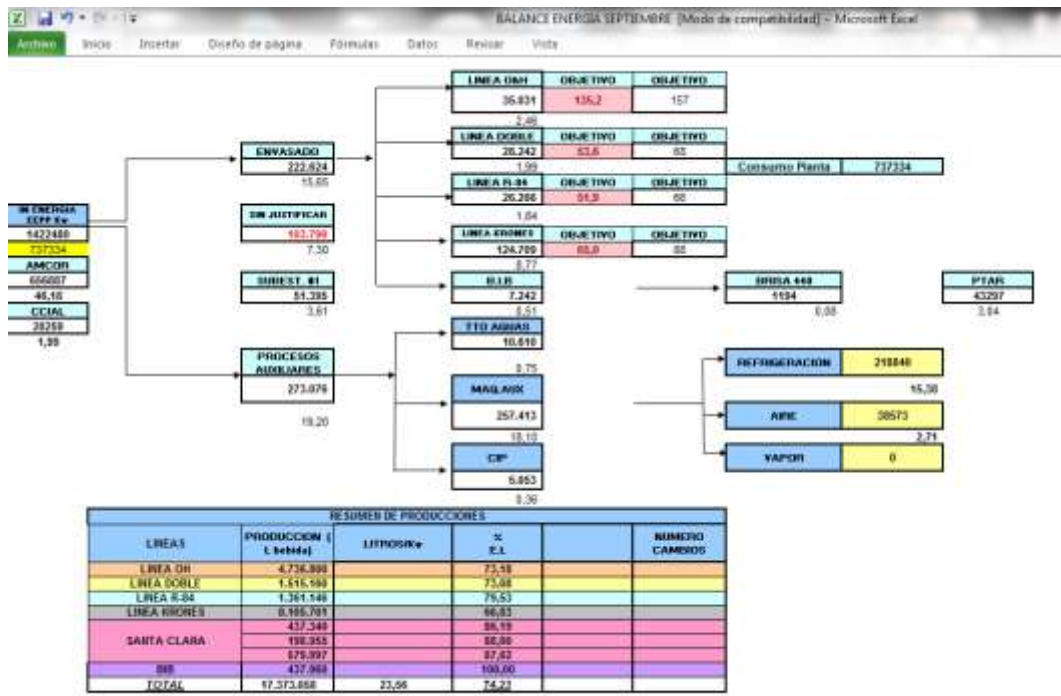




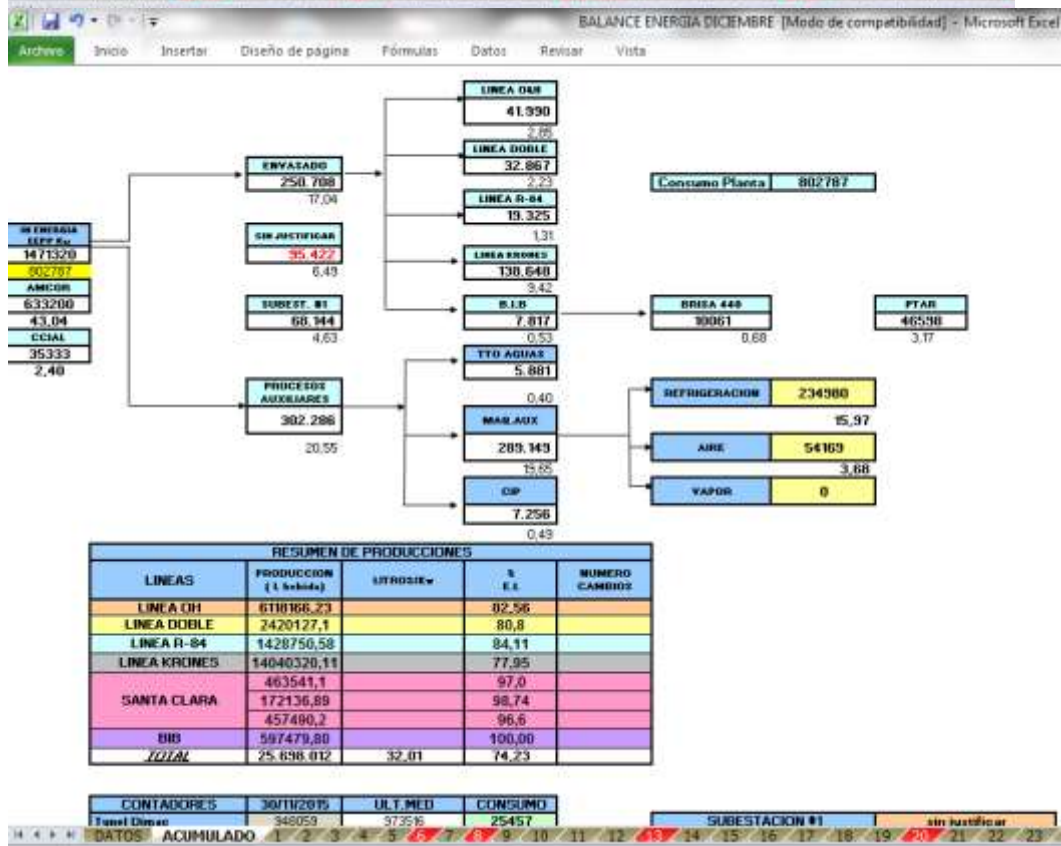
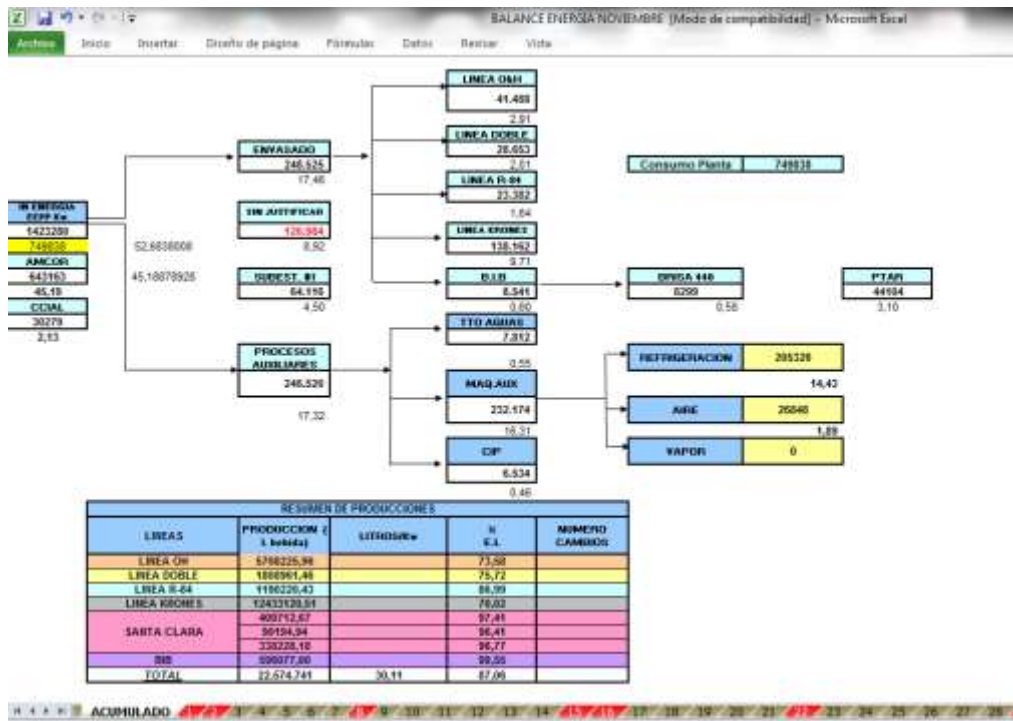
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

**ANEXO 3 CHECK LIST REALIZADO AL FINALIZAR PRODUCCION**



**COCA COLA FEMSA S.A. DE C.V.**

**PLANTA DE MEDELLIN**

**CHECK LIST DE VERIFICACIÓN PARA LINEAS DE PRODUCCION**

	Equipo: <u>Línea Doble</u>	Responsable: Sebastián Casas L	Fecha :11/05/2015	
	Cambio de referencia _____ Fin de la producción <u>X</u>			
		<b>Cumple</b>	<b>No Cumple</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>1</b>	<b>Línea OH</b>			
	Aerotransportadores Apagados			
	Transportadores Tabletop de Botellas Apagados			
	Horno Apagado			
	Las iluminaciones están apagadas al finalizar producción.			
	No hay fugas neumáticas en las maquinas líneas			
	No hay equipos energizados al finalizar producción.			
<b>2</b>	<b>Línea Doble (verificar si están apagados)</b>			
	Transportadores de cajas de depaletizadora a desempacadora	X		
	Transportadores de botellas de desempacadora a lavadora	X		

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



	Transportadores de botellas de lavadora a llenadoras	X		
	Transportadores de botellas de llenadoras a empacadoras		X	Botellas vacías en las bandas transportadoras
	No hay equipos energizados al finalizar producción.		X	
	No hay fugas neumáticas o de vapor en las maquinas.	X		
	Las iluminaciones están apagadas al finalizar producción.		X	
<b>3</b>	<b>Linea R- 84 (verificar si están apagados)</b>			
	Transportadores de cajas de depaletizadora a desempacadora			
	Transportadores de botellas de desempacadora a lavadora			
	Transportadores de botellas de lavadora a llenadora			
	Transportadores de botellas de llenadora a empacadora			
	Transportadores de cajas de empacadora a paletizadora			
	No hay equipos energizados al finalizar producción.			
	No hay fugas neumáticas o de vapor en las maquinas.			
	Las iluminaciones están apagadas al finalizar producción.			
<b>4</b>	<b>Linea Kronas</b>			
	Aerotransportadores Apagados			

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

	Transportadores Tabletop de Botellas Apagados			
	Horno Apagado			
	No hay fugas neumáticas en las maquinas.			
	Las iluminaciones están apagadas al finalizar producción.			
	No hay equipos energizados al finalizar producción.			

#### ANEXO 4 CHECK LIST PARA CAMBIO DE REFERENCIA

				
<b>COCA COLA FEMSA S.A. DE C.V.</b>				
<b>PLANTA DE MEDELLIN</b>				
<b>CHECK LIST DE VERIFICACIÓN PARA LINEAS DE PRODUCCION</b>				
	<u>Equipo:</u> Línea Doble / Línea 4 _____	<u>Responsable:</u> Juan David Arias M	<u>Fecha:</u> 17/06/2015	
	Cambio de referencia <input checked="" type="checkbox"/> Fin de la producción _____			
		<b>Cumple</b>	<b>No Cumple</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>1</b>	<b>Línea OH</b>			
	Aertransportadores Apagados			
	Transportadores Tabletop de Botellas Apagados			
	Horno Apagado			
	Las iluminaciones están apagadas al finalizar producción.			

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

	No hay fugas neumáticas en las maquinas líneas			
	No hay equipos energizados al finalizar producción.			
<b>2</b>	<b>Línea Doble (verificar si están apagados)</b>			
	Transportadores de cajas de depaletizadora a desempacadora	X		
	Transportadores de botellas de desempacadora a lavadora	X		
	Transportadores de botellas de lavadora a llenadoras		X	
	Transportadores de botellas de llenadoras a empacadoras		X	
	No hay equipos energizados al finalizar producción.	-	-	
	No hay fugas neumáticas o de vapor en las maquinas.	X		
	Las iluminaciones están apagadas al finalizar producción.	-	-	
<b>3</b>	<b>Línea R- 84 (verificar si están apagados)</b>			
	Transportadores de cajas de depaletizadora a desempacadora			
	Transportadores de botellas de desempacadora a lavadora			
	Transportadores de botellas de lavadora a llenadora			
	Transportadores de botellas de llenadora a empacadora			
	Transportadores de cajas de empacadora			

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



	a paletizadora			
	No hay equipos energizados al finalizar producción.			
	No hay fugas neumáticas o de vapor en las maquinas.			
	Las iluminaciones están apagadas al finalizar producción.			
<b>4</b>	<b>Linea Krones</b>			
	Aerotransportadores Apagados	X		
	Transportadores Tabletop de Botellas Apagados		X	
	Horno Apagado		X	
	No hay fugas neumáticas en las maquinas.	X		
	Las iluminaciones están apagadas al finalizar producción.	-	-	
	No hay equipos energizados al finalizar producción.	-	-	

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

## ANEXO 5 INFORME CAMBIO DE ILUMINACION POR TECNOLOGIA LED

### INFORME CAMBIO LAMPARA DE 400 WATIOS MARCA LITHONIA POR LAMPARA TIPO LED DE 200 WATIOS EN BODEGA PRODUCTO TERMINADO

ÁREA	DESCRIPCIÓN	FOTO ANTES LAMPARA DE 400 W. MARCA LITHONIA	FOTO DESPUES LAMPARA DE 200 W. TIPO LED	
BODEGA PRODUCTO TERMINADO	ALUMBRADO  LABOR : CAMBIO LAMPARA DE 400 WATIOS POR LAMPARA TIPO LED DE 200 WATIOS EN SECTOR BODEGA PRODUCTO TERMINADO	CENTRO DE LAMPARA = 128.7 LUXES 	CENTRO DE LAMPARA CON ACRILICO = 176.7 LUXES 	CENTRO DE LAMPARA SIN ACRILICO = 185.7 LUXES 
		NORTE DE LAMPARA = 154.9 LUXES 	NORTE DE LAMPARA CON ACRILICO = 131.7 LUXES 	NORTE DE LAMPARA SIN ACRILICO = 142.9 LUXES 
		SUR DE LAMPARA = 98.2 LUXES 	70.5 LUXES 	ACRILICO = 87.4 LUXES 
		OCIDENTE DE LAMPARA = 100.7 LUXES 	OCIDENTE DE LAMPARA CON ACRILICO = 112.8 LUXES 	OCIDENTE DE LAMPARA SIN ACRILICO = 125.0 LUXES 

C:\Users\Hector\Pictures\2014-03-31 FOTOS MARZO 31 X\FOTOS MARZO 31 X 004.JPG

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

**ANEXO 6 TABLA DE PUNTAJES DIAGRAMA DE ISHIKAWA**

METODO	MAQUINA	MEDICIONES	MANO OBRA	MEDIO	USA PROBABLE	SELECCIÓN DE CAUSAS PROBABLES				
						IMPACTO: 1. Baja 2. Media 3. Alta 4. Muy Alta	RECURRENCIA: 1. Bajo 2. Medio 3. Alto 4. Muy Alta	DIFICULTAD de Control: 1. Alta 2. Media 3. Baja 4. Muy Alta	TOTAL IxRxD	Pareto ≥ 6? Si/No
X					Falta metodología para seguimiento diario de	2	2	1	4	No
X					No se realiza análisis de termografía a todos los	2	2	2	8	Si
X					Bajo seguimiento a los consumos de energía en	3	3	1	9	Si
X					Compresor de aire fuera de uso	4	4	3	48	Si
X					Compresor de amoniaco fuera de uso	4	4	3	48	Si

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

					Factor de potencia de las subestaciones muy bajo	2	1	2	4	No
	X				Nivel deficiente de puestas a tierra	1	2	2	4	No
	X				Nivel de aislamiento de los transformadores bajo	1	2	2	4	No
	X				Estado de instalaciones eléctricas con puntos calientes	2	1	2	4	No
	X				Compuertas de túneles de termo encogido fuera de	2	2	1	4	No
	X				Iluminación e los procesos de baja eficiencia.	3	3	2	18	Si
	X				Motores eléctricos y reductores de baja eficiencia	3	3	1	9	Si
		X			Falta de líneas basales para cada centro de costos	3	2	3	18	Si
		X			Faltan medidores para áreas sin justificar	2	3	1	6	Si
			X		Fallas operativas en manejo energético	2	2	2	8	Si
			X		Control operativo en apagado de compresores	3	3	3	27	Si

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.