

UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA JOSÉ SIMEÓN CAÑAS

UNIVERSIDAD DON BOSCO



**“DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN UNA PLANTA DE SERIGRAFÍA
TEXTIL, PROPUESTAS DE AHORRO”**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREPARADO PARA LA FACULTAD DE
POSTGRADOS UCA**

Y

FACULTAD DE INGENIERÍA UDB

PARA OPTAR AL GRADO DE:

MAESTRO EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

PRESENTADO POR:

**MOISÉS EDUARDO MENDOZA RAMÍREZ
RENÉ RODRIGO HENRÍQUEZ GRANADOS
HÉCTOR HUGO GUARDADO ESCALANTE**

DIRECTOR DE TESIS

LUIS AARÓN MARTÍNEZ

AGOSTO 2020

ANTIGUO CUSCATLÁN, EL SALVADOR, C.A.

Rectores

Andreu Oliva de la Esperanza, S.J.

Mario Rafael Olmos Argueta, SDB.

Secretarias Generales

Silvia Elinor Azucena de Fernández

Yesenia Xiomara Martínez Oviedo

Decana de Postgrados UCA

Nelly Arely Chévez Reynosa

Decano Facultad de Ingeniería

Mario Guillermo Juárez Pérez

Directores de la Maestría en Gerencia de Mantenimiento Industrial

Laura Beatriz Orellana UCA

José Luis Martínez UDB

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	7
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
III. OBJETIVO	11
3.1 Objetivo general	11
3.2 Objetivos específicos	11
IV. ALCANCE	12
V. MARCO TEÓRICO.....	12
5.1. Evaluación de tipos de auditoría	15
5.2. Consideraciones para auditoría energética.....	16
5.3. Descripción de la empresa	26
VI. METODOLOGÍA.....	28
6.1. Descripción del área en estudio.....	28
6.2. Descripción de equipos a medir.....	29
6.3. Metodología de medición y extrapolación de datos anuales.....	31
VII. FASE 1. LEVANTAMIENTO DE DATOS.....	31
7.1. Proceso productivo.....	33
7.1.1 Descripción general del proceso de serigrafía.....	34
7.1.2. Diseño de arte, separación de colores.....	35
7.1.3. Preparación de marcos.....	35
7.1.4. Preparación de tintas.....	36
7.1.5. Proceso de estampado.....	37
VIII. FASE 2. CONTABILIDAD ENERGÉTICA.	45
8.1 Cronograma de mediciones eléctricas en la planta de producción.	46
8.2 Equipos de medición	46
8.3 Procedimiento de medición y comparación de resultados.	48
8.4 Tabla y gráfica de consumo energético, tomado de facturas emitidas por la distribuidora.	49
8.5 Gráfica de cantidad de estampados producidos por mes.	54
8.6 Correlación entre cantidad de estampados y consumo energético.....	55
8.6.1 Correlación de cantidad de estampados vrs energía eléctrica suministrada.....	58

8.6.2 Correlación lineal de cantidad de estampados vrs Galones de GLP consumido..	59
8.7 Medición de consumo energético involucrados en el proceso productivo	60
8.7.1 Gráfica de consumo de energía de la Planta completa.	62
8.7.2. Curva monótona.	63
8.8 Indicadores de costos y consumos	64
IX. FASE 3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	65
9.1 Identificación en la Gráfica de consumo de energía de variables que producen valles y picos de consumo.	67
X. FASE 4. IDENTIFICACIÓN Y PROPUESTA DE MEDIDAS DE MEJORA.	70
10.1. Medidas de ahorro en el proceso de producción.	70
XI. CONCLUSIONES.....	76
XII. BIBLIOGRAFÍA.....	79

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1: Esquema de elementos que integran un sistema de Gestión energética.....	14
Figura 2: Marcas de clientes	27
Figura 3: Fase del diagnóstico energético.....	30
Figura 4: Fase del diagnóstico energético.....	30
Figura 5: Diagrama eléctrico unifilar.....	32
Figura 6: Esquema de sub-estaciones.	33
Figura 7: Diseño de proceso productivo.	39
Figura 8: Circutor MYeBOX® 15000.....	47
Figura 9: Analizador de calidad redes eléctricas Fluke 434-II.	47
Figura 10: Cámara termográfica Fluke.	48
Figura 11: Diagrama de dispersión.	55
Figura 12: Correlación de Pearson.....	56

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1: Detalles indicativos de los tipos de auditorías energéticas.....	23
Tabla 2: Detalles indicativos de auditoría tipo 2.	26
Tabla 3: Detalle de facturas de energía eléctrica.	31
Tabla 4: Cuadro resumen de áreas y máquinas en estudio.	40
Tabla 5: Detalles de los equipos del área productiva.....	45
Tabla 6: Cronograma para realización de mediciones eléctricas.....	46
Tabla 7: Cronograma para realización de mediciones eléctricas.....	50
Tabla 8: Tarifas eléctricas Del Sur.	53
Tabla 9: Tarifas eléctricas Del Sur.	54
Tabla 10: Producción anual de estampados vrs energía eléctrica y térmica.....	57
Tabla 11: Dato de consumo por tipo de máquinas y equipos.	61
Tabla 12: Dato de consumo por tipo de máquinas y equipos.	64
Tabla 13: Cálculo de consumo eléctrico por mediciones realizadas vrs consumo facturado	65
Tabla 14: Cuadro resumen del ahorro potencial al aplicar mejoras.	74
Tabla 15: Cuadro inversión del ahorro retorno de inversión simple.	75

RESUMEN EJECUTIVO

1. Introducción

El presente trabajo de investigación nos lleva a conocer el comportamiento del consumo energético en una planta de serigrafía textil, que ayude a identificar oportunidades de ahorro, aportando puntualmente las acciones que llevarían a una mejora en su consumo eléctrico, que indudablemente dará como resultado mejor rendimiento, por lo tanto, aumentar las utilidades. Se pretende que sirva de guía para lograr un mejor rendimiento energético en la empresa

2. Objetivos y alcances

El objetivo general del trabajo de investigación es el de realizar un diagnóstico energético en el proceso productivo, determinando oportunidades de ahorro basados en las mediciones puntuales en equipos y en el análisis de uso de maquinaria dentro de los procesos.

3. Descripción de la empresa en estudio.

Es una empresa de serigrafía textil, consta de 3 plantas de producción, y más de 500 empleados. Aunque tiene maquinaria con tecnología de punta, este tipo de industria tiene un consumo alto de energía. Para el presente estudio se toma una de las plantas de producción, que es la que tiene mayor consumo de energía.

4. Metodología aplicada

Para llevar a cabo el estudio se tomará como punto de partida la realización de una auditoría energética tipo 2 descrita por la ISO 50002, tomando en cuenta los aspectos en ella descritos, se partirá del cálculo de consumo de energía mediante el uso de equipos de medición adecuados para esto, datos de placa y factor de uso, para luego hacer una comparación con los datos emitidos por la distribuidora de energía, para el cual se espera obtener un diferencial no mayor al 5%.

5. Toma de datos

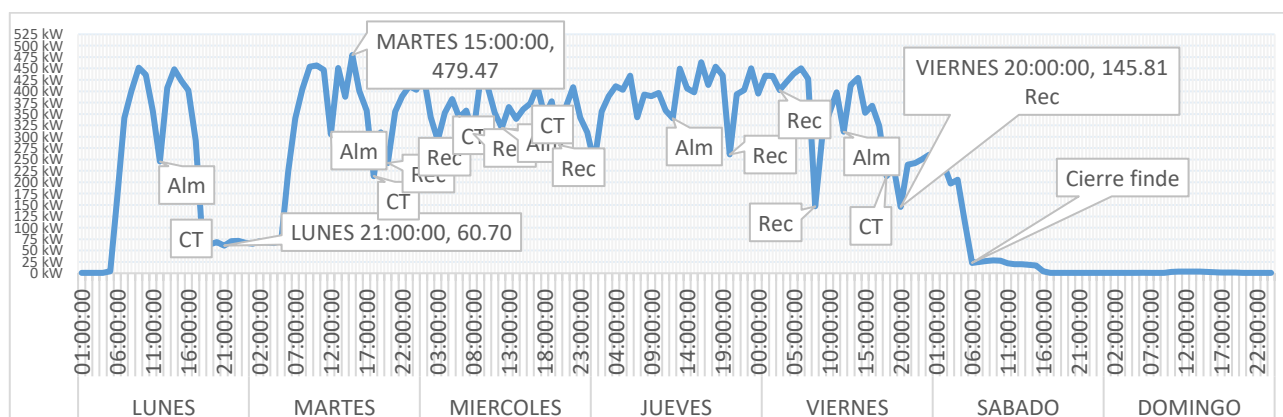
Para la toma de datos en los equipos y hacer la comparativa con la facturación provista por la distribuidora, se medirán las máquinas y equipos por un tiempo de 3 a 4 días, y el consumo de las sub-estaciones por una semana; los datos obtenidos se extrapolarán para un mes y un año, además se tomarán en cuenta todos los factores externos que influyen en el proceso productivo que pueden afectar a que los datos varíen demasiado al hacer la comparación.

En la toma de datos se logra identificar los equipos significativos, de mayor consumo, a los cuales se le debe poner más atención. Y se determina que los pre-secadores son los equipos que más consumen energía, en un considerable 58%, seguido del aire comprimido, aspiradoras, calandras y equipos de aires acondicionados. Se obtiene a la vez, la gráfica del consumo de una semana total de la planta (subestaciones), que permita identificar en que momentos del día se tienen los mayores consumos.

6. Análisis de datos.

Con la información recopilada y tabulada se procede a realizar el análisis que permita hacer recomendaciones a la alta gerencia, para esto habrá que conocer el proceso productivo de mejor manera, que permita identificar prácticas inadecuadas o que se pueden hacer de una manera más eficiente, de parte de los empleados que lleven a un menor consumo.

La siguiente gráfica muestra el comportamiento del consumo en una semana típica de la planta completa, que abarca las dos subestaciones existentes.



Gráfica 12: Medición de consumo de energía eléctrica en 1 semana de labores.

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar la gráfica resultante, se ve un comportamiento bastante irregular en el consumo, por lo que se considera importante buscar la manera de suavizarla, a través de acciones puntuales que se han identificado en la mayoría de valles, como son los paros por almuerzos y recesos y los picos inmediatos que se generan por los reinicios de las operaciones.

7. Recomendaciones

Las propuestas de ahorro y recomendaciones planteadas, en mayor proporción se enfocan en mejoras en el uso de los equipos, tales como, no parar la maquinaria en los recesos haciendo relevos, mantener un control de temperatura de las tablas para hacer los arranques a la temperatura requerida, cambio de luminarias aún con tecnología fluorescentes por led, programación de temperaturas en los aires acondicionados, en 2° C arriba del actual, minimizar el uso de mangueras directas de aire comprimido para enfriamiento de prendas, sustituyendo por sopladores industriales.

Realizando estas 5 actividades, se calculan los siguientes ahorros:

RESUMEN PROPUESTAS DE AHORRO	kWh	\$ /kWh, 2019	\$ /kWh, 2020
		\$0.1524	\$0.1248
REDUCCION HACIENDO RELEVOS	48,496.24	7,390.83	6,052.33
REDUCCION DE TIEMPOS DE CALENTAMIENTO	67,073.16	10,221.95	8,370.730
CAMBIO DE LUCES	13,392.18	2,040.97	1,671.34
USO DE MANGUERAS DIRECTAS	53,912.68	8,216.29	6,728.30
SUBIR 2° C A LOS AIRES ACONDICIONADOS	73,250.72	11,163.41	9,141.69
TOTAL	256,124.98	\$39,033.45	\$31,964.40

El ahorro de este monto representaría un 10% de la facturación anual, una cantidad nada despreciable. Además de estas medidas cuantificadas, se proponen otras medidas que podrían ayudar en el ahorro, tales como hacer arranques escalonados en los compresores y calandras, mantener en perfecto estado las aspiradoras y flashes ya que representan alto consumo y capacitar continuamente al personal en el uso adecuado de los flashes.

8. Conclusiones

A raíz de todo el estudio se determina que existen muchas oportunidades de ahorro en el área de energía eléctrica, oportunidades que no se observan a simple vista, ya que el proceso de

serigrafía es rentable cuando se produce a gran escala, por lo que se deja en segundo plano economizar en el consumo de este recurso.

Las acciones propuestas son de baja inversión y conllevan más que todo a mejoras en el uso de los equipos y maquinaria, dentro del proceso productivo.

ACLARACIÓN

Por confidencialidad de la empresa en estudio, algunos datos en las tablas fueron modificados para proteger la información que no se puede hacer pública, lo cual no altera los datos analizados.

I. INTRODUCCIÓN

La globalización está llevando a que las empresas busquen nuevas formas para mejorar sus utilidades, es acá donde la conservación de la energía y la eficiencia energética toman una gran importancia, ya que se pueden considerar como medidas de ahorro de energía que permiten la reducción del consumo energético en la industria, este último depende de la demanda de productos que se fabrican, de la eficiencia de la maquinaria y equipos utilizados, y de la forma en que se utilizan las máquinas y equipos por parte de los operadores.

En el año 2007 El Salvador dio su primer gran paso en la administración del sector eléctrico, en este año se creó el Consejo Nacional de Energía (CNE), el cual dio como primer resultado la política energética nacional 2010-2024. A lo largo de este tiempo el Consejo Nacional de Energía ha promovido grandes avances en el sector eléctrico y da un aporte importante a la aplicación de la eficiencia energética en el país teniendo como resultado para el año 2010 en el sector eléctrico el decreto ejecutivo 88-2010 que modifica la contratación a largo plazo y habilita a participar en grandes proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables con inyección a red eléctrica, dando apertura a proyectos como el del año 2017 donde inició operaciones la central fotovoltaica más grande de Centro América con capacidad de 101 MWp.

En la industria textil el tema energético se ha vuelto un punto vital en el costeo, así es como muchas empresas se lanzan a realizar proyectos que buscan el ahorro energético, pero muchas veces con inversiones altas, proyectos tales como cambios de aires acondicionados de tecnología inverter, instalación de paneles solares, que, si bien disminuyen la factura eléctrica al final del mes, no necesariamente son la mejor opción de inversión inicial, comparada con un programa de eficiencia energética en donde la inversión es mínima y los impactos son casi inmediatos.

En este punto es indispensable que las empresas empiecen por implementar programas de eficiencia energética, antes de iniciar con inversiones grandes como los proyectos antes mencionados, ya que una eficiencia energética se traduce inmediatamente en mayor capacidad de producción, reducción de costos de mantenimiento, mayor confiabilidad en los equipos inmersos en el proceso productivo, ya que generalmente invertir en eficiencia energética puede conllevar a obtener un mejor retorno de la inversión a un coste más bajo y un menor riesgo económico.

En materia de eficiencia energética, en la región ya se han dado grandes pasos, como la creación del primer programa a nivel de Centroamérica que desarrolla la eficiencia energética entre instituciones públicas, privadas y cooperación internacional, con acciones de capacitación, concientización y desarrollo de capacidades técnicas. Además, desde el año 2014 se ha creado un reconocimiento económico para aquellos impulsores en el desarrollo de proyectos de eficiencia energética, promovido por Consejo Nacional de Energía y Empresa privada, catalogado “Premio Nacional a la Eficiencia Energética” en donde se han dado beneficios y premios que ya suman hasta los \$450,000.00, en los últimos 5 años.

Además, en el país ya se ha avanzado en el tema de reglamentos técnicos en eficiencia energética para, aire acondicionado, motores y refrigeración que permitirá avanzar en la oferta de equipos eficientes, además ya existen esfuerzos y experiencias que buscan impulsar los criterios de construcciones eficientes y sostenibles.

En el presente trabajo de investigación, se busca determinar el consumo de energía en la industria serigráfica, determinando el consumo por área y evaluando el impacto energético

que cada uno de los equipos tiene dentro del proceso productivo y así identificar posibles ahorros que se puedan encontrar, a través de una auditoría energética.

El presente estudio contribuye al sector textil, específicamente en Serigrafía, a que tenga más herramientas de análisis para la toma de decisiones para lograr reducción de costos de producción, estos costos están estrechamente relacionados al uso del recurso energético con el que toda empresa cuenta, la disminución en el consumo energético impacta directamente en el costo total del producto elaborado, ya que es importante resaltar que en este tipo de industria el mayor consumo energético se da en el proceso de pre-secado y curado de prendas y se estima que representa el 54% de la factura de energía, de acuerdo a análisis de carga previo obtenidos de datos de placa, elaborado en el año 2011 por el departamento de mantenimiento de la empresa en estudio.

Como en todo proceso de transformación se pierde energía, hay desperdicios, remanentes, pérdida de tiempos, que al final del proceso afectan los costos de producción, y estos costos son más tangibles para aquellas empresas con recursos limitados y necesidades crecientes, es acá donde radica la importancia de realizar este estudio.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la industria de la serigrafía o de estampado textil, existe un vacío en cuanto a la información de consumo energético, no se encuentran datos a disposición del público y parte de este problema se da porque hay mucho productor independiente, micro y pequeña empresa, que trabaja de manera bastante artesanal, y utiliza el equipo que tiene a disposición; por otro lado, las grandes empresas que estampan, son generalmente de paquete completo, lo que significa, que además de proveer la tela, ellos cortan, ensamblan las prendas y luego hacen la serigrafía, por lo que esta última etapa no es su negocio principal, y sólo se ve como valor agregado a la prenda, por lo que generar ganancia directamente de la serigrafía en las prendas no es tan relevante, como generar ganancias en todo los procesos desde la tela hasta el producto final. Esta observación surge de experiencia propia, entrevistas y visitas que se realizaron en el período de investigación en otras empresas del rubro.

También existen empresas que se dedican exclusivamente a estampar prendas, y aquí si adquiere relevancia el conocer costos energéticos, el tipo de equipo y maquinaria utilizados, para ser rentables. La industria de la Serigrafía ha sufrido un cambio en la manera de producir estampados, anteriormente se veía más como un arte, donde los serígrafos producían estampados con menos recursos, con máquinas más pequeñas, menos pre-secadores, pero cada prenda elaborada tenía la calidad requerida por el cliente. Ahora en día, esta industria es más competitiva; el cliente quiere una alta calidad, acabados suaves al tacto, diseños con más colores, tintas amigables con el medio ambiente y sin ningún riesgo hacia las personas, todo en un grado más tecnificado, pero los precios que pagan los clientes siempre tienden a la baja, por lo que se vuelve necesario producir más rápido, mejorando la rapidez en montajes de diseños en máquinas, lo que impulso a fabricar mejores máquinas, tanto en velocidad como en precisión, y de mayor capacidad.

Para incrementar la velocidad de producción se vuelve necesario utilizar más pre-secadores en línea, lo que significa más consumo energético, ya que para pre-secar rápido se utilizan equipos con resistencias eléctricas.

El uso excesivo de pre-secadores y de aire comprimido en operaciones de enfriamiento dentro del proceso productivo, hacen que el costo de estampado se eleve, pero hasta este momento son suposiciones, ya que no hay datos reales con los cuales comprobar. En la empresa en estudio no ha sido un tema vital, ya que la rentabilidad puede ocultar los excesos en consumo eléctrico y de aire comprimido.

Enfocarse en este tipo de estudio de eficiencia energética tiene una razón principal, y es que, el consumo de energía es alto, respecto al área de terreno que utiliza, porque el proceso productivo como tal demanda alta cantidad de energía, lo cual incrementa el costo de producción.

También se debe poner atención en la parte de mantenimiento de equipos, ya que un equipo con mal mantenimiento o mantenimiento nulo, generará mayor consumo energético, típicamente el mantenimiento se ve como un gasto y como una tarea correctiva que se debe hacer para mantener

trabajando la maquinaria, sin importar su condición, sin saber cuan eficiente está trabajando. Se debe tener el enfoque de eficiencia energética incluido en el mantenimiento.

En la presente investigación se busca encontrar los excesos o desperdicios de energía, para hacer propuestas a la Alta Dirección, para minimizarlos.

III. OBJETIVO

3.1 Objetivo general

Realizar un diagnóstico energético en el proceso productivo de una fábrica de serigrafía textil, determinando oportunidades de ahorro basados en las mediciones puntuales en equipos y en el análisis de procesos, para proponer actividades de mantenimiento que ayuden a disminuir el consumo de energía, principalmente en los equipos de mayor demanda energética.

3.2 Objetivos específicos

- ❖ Identificar la maquinaria de alto consumo energético para verificar que porcentaje representa dentro de la matriz de la factura eléctrica.
- ❖ Determinar áreas de trabajo que generan mayor consumo de energía eléctrica, para costear mejor cada tipo de producto que se fabrica.
- ❖ Identificar y proponer mejoras para solventar las malas prácticas realizadas en los procesos por parte de los operadores, que pueden generar un consumo de energía innecesario.
- ❖ Identificar y proponer las actividades de mantenimiento de los equipos, para utilizar de manera eficiente la energía eléctrica.

IV. ALCANCE

Determinar oportunidades de ahorro basados en una auditoria energética para una de las instalaciones de la empresa en estudio, mediante el análisis del proceso productivo, con base en una auditoria tipo II de la ISO 50002 (Auditorías energéticas, requisitos con orientación para su uso).

Determinar los consumos reales de los equipos y maquinaria involucrados en el proceso productivo y de áreas periféricas que contribuyen a que el proceso productivo se lleve a cabo. Generar las propuestas de oportunidades de ahorro, tomando en cuenta la conservación de la energía y las prácticas que el personal realiza durante el proceso productivo que puedan considerarse como malas prácticas.

V. MARCO TEÓRICO

Cada día hay más conciencia por parte de las empresas en buscar alternativas que permitan la reducción del consumo eléctrico, para llevar a cabo su proceso productivo, así como también la utilización de energías alternativas, que sean menos agresivas con el medio ambiente y la descontaminación ambiental por medio de la reducción del consumo de energía.

La eficiencia energética se visualiza como la parte enfocada en hacer más competitiva a una empresa, siendo ambientalmente responsable, es decir sin afectar la calidad de productos o servicios que ésta ofrece. Se requiere de normativas, metodologías o procesos que interactúen entre sí para lograr la mejora sostenida y continua del desempeño energético; es acá donde nace el sistema de gestión energética (SGEn).

La ISO 50001 es una normativa internacional desarrollada por ISO (Organización Internacional para la Estandarización u Organización Internacional de Normalización) que tiene como objetivo mantener y mejorar un sistema de gestión de energía en una organización, cuyo propósito es el de permitirle una mejora continua de la eficiencia energética, la seguridad energética, la utilización de energía y el consumo energético con un enfoque sistemático. Este estándar apunta a permitir a las organizaciones mejorar continuamente la eficiencia, los costos relacionados con energía, y la emisión de gases de efecto invernadero.

La ISO 50001 tiene como base un ciclo de mejora continua, y hace un énfasis en el compromiso de todos los niveles de la empresa especialmente en la alta dirección para que su implementación sea efectiva. Este estándar también es aplicable a todos los tipos y tamaños de organizaciones independientemente de su ubicación geográfica, condiciones culturales o sociales.

Al hacer búsqueda de información de las empresas que se dedican a la industria de serigrafía, como procesos internos, manejo y consumo energético, no se encuentra mayor información, más que las especificaciones que cada fabricante de maquinaria ofrece. Esta información es muy privada y custodiada por las empresas que se dedican a este rubro, ya que es un negocio de poco margen de ganancia, pero sí de altos volúmenes, cuando se trate de empresas grandes; por el contrario, existen muchas empresas pequeñas que trabajan con pocos volúmenes, donde el margen de ganancia es mayor, sin embargo los equipos con los que cuentan muchas veces no son de alta tecnología, por lo que el costo energético lo absorben en el costo del producto sin mayor análisis, pudiendo obtener menores utilidades que una empresa grande.

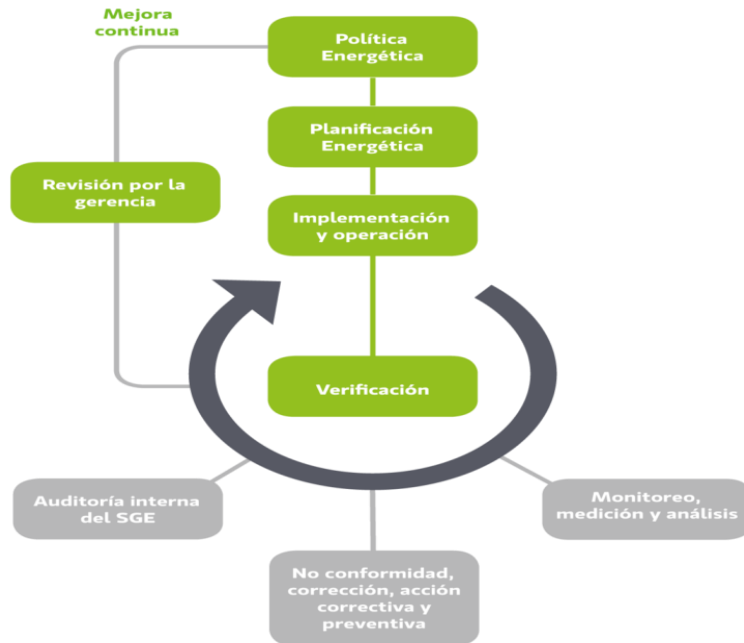


Figura 1: Esquema de elementos que integran un sistema de Gestión energética.

Fuente: <https://www.guiaiso50001.cl/>

El sistema de gestión de la energía inicia a partir de una identificación del escenario inicial de la empresa, además de establecer el compromiso sobre todo de la alta gerencia con el sistema de gestión energética, establecer objetivos y metas, crear y poner en práctica planes de acción, evaluar el proceso, para luego aplicar el ciclo de mejora continua.

Los beneficios de implementar un sistema de gestión son:

- ❖ Mejorar el desempeño de la empresa
- ❖ Asegura la calidad de la información para la toma de decisiones
- ❖ Genera cultura orientada a la gestión de la energía
- ❖ Incrementa la eficiencia y la productividad
- ❖ Ayuda a identificar y priorizar esfuerzos para propuestas de ahorro.

5.1. Evaluación de tipos de auditoría

Para llevar a cabo dicha auditoría energética, la organización internacional de normalización (ISO) dispone de la norma ISO 50002:2014 la cual especifica “El proceso y requerimientos para llevar a cabo una auditoría energética en relación al rendimiento energético.”

Dependiendo de las necesidades de la organización, uno o más de los siguientes tipos de evaluación resumidos en la tabla A.1, mostrada posteriormente, pueden seleccionarse como guía para la determinación del alcance y el nivel de detalle de la auditoría energética. (ISO 50002:2014)

Los tipos de auditoría detallados en la tabla A.1 no son requisitos absolutos. Las organizaciones pueden ajustar el nivel de detalle de la auditoría energética entre los tipos 1 y 3 para satisfacer las necesidades de la organización. El tipo 1 representa el mínimo nivel de detalle que podría ser apropiadamente considerado como auditoría energética. El nivel apropiado de detalle requerido para una auditoría energética dependerá del objeto en auditoría, el uso de la energía, el consumo de la energía y los recursos disponibles para llevar a cabo la auditoría. (ISO 50002:2014)

Como una actividad preliminar de auditoría, la organización y el auditor deberán establecer la disponibilidad de la información para la auditoría y determinar si es suficiente o no, para realizar un tipo de auditoría más detallada. Si son requeridas mediciones adicionales, el auditor y la organización deberán acordar una extensión de mediciones adicionales antes de emprender la auditoría. Para auditorías tipo 2 o arriba de este es recomendable para la organización y el auditor acordar una tarifa de energía eléctrica, kWh, de referencia para ser usada en el análisis financiero. (ISO 50002:2014)

5.2. Consideraciones para auditoría energética.

Las organizaciones deben ser conscientes de que el alcance de la auditoría energética y los requisitos de análisis pueden tener un efecto marcado en la auditoría. Los factores que pueden afectar los costos de auditoría incluyen:

- a) El nivel de incertidumbre y exactitud.
- b) La medida en que se investigan las oportunidades de recuperación más largas.
- c) El alcance y límites de la auditoría.
- d) La disponibilidad de la información, datos de rendimiento energético e información relacionada a los equipos.
- e) La disponibilidad de auditorías energéticas previas.
- f) La complejidad del sitio si los procesos y el equipo son inusuales o están diseñados a medida.

A continuación, se cita la Tabla 1 – Detalles indicativos de tipos de auditoría energética, que se encuentra en los anexos de la ISO 5002:2014.

Tabla 1: Detalles indicativos de los tipos de auditorías energéticas.			
Tipo	1	2	3
Aplicación típica	<p>Instalaciones / procesos o flotas.</p> <p>Adecuado como:</p> <p>Auditoría energética de organizaciones o instalaciones más pequeñas, o</p> <p>- auditoría preliminar para grandes organizaciones o instalaciones.</p>	<p>Sitio único / proceso o flota.</p> <p>Auditoría energética detallada.</p> <p>Generalmente no es rentable para organizaciones con presupuestos energéticos más pequeños.</p>	<p>Todo el sitio, proceso, sistema o flota.</p> <p>Auditoría energética integral con aportes significativos de la organización.</p> <p>En general, solo es rentable para organizaciones con altos gastos de energía o instituciones con subvenciones de inversión de capital específicas.</p> <p>También aplicable a nivel del sistema! (por ejemplo, aire comprimido)</p>
Tipo	1	2	3
Necesidad empresarial atendida	<p>Identificación de posibles ahorros y beneficios que podrían resultar de emprender investigaciones más detalladas, como auditorías energéticas tipo 2 o tipo 3.</p> <p>Identificación de áreas de enfoque para recursos de gestión energética.</p> <p>Mejor conciencia de los costos de energía y los beneficios potenciales de la gestión energética.</p>	<p>Identificación y evaluación de una gama de oportunidades coherentes y específicas de mejora del rendimiento energético con costos y beneficios identificados, incluida la cuantificación de ganancias "no energéticas".</p> <p>Los auditores deben tener la experiencia y las habilidades técnicas, administrativas y</p>	<p>Identificación y evaluación de una gama de oportunidades coherentes y específicas de mejora del rendimiento energético con costos y beneficios identificados, incluida la cuantificación de ganancias "no energéticas".</p> <p>Los auditores deben tener la experiencia y las habilidades técnicas, administrativas y profesionales</p>

		<p>profesionales adecuadas, y estar familiarizados con los usos específicos de la energía que se auditan, para analizar la energía detallada y procesar datos para identificar y evaluar oportunidades.</p> <p>Investigación más detallada de las oportunidades.</p>	<p>adecuadas, y estar familiarizados con los usos específicos de la energía que se auditan, para analizar la energía detallada y procesar datos para identificar y evaluar oportunidades.</p> <p>Investigación más detallada de las oportunidades.</p> <p>Consideración de estrategias comerciales en la auditoría.</p>
Tipo	1	2	3
Recopilación de datos	<p>Ingeniería básica o capacitación técnica con una comprensión general de las fuentes y sistemas de energía.</p> <p>Datos de energía de las instalaciones, incluidos instantáneos y perfiles diarios (donde estén disponibles).</p> <p>Datos apropiados sobre variables relevantes (por ejemplo, datos de producción, datos de ocupación) para establecer en general.</p> <p>Equipo del sitio Incluye datos de</p>	<p>Datos generales de energía disponibles, incluidos los perfiles de carga diaria.</p> <p>Datos variables relevantes apropiados (por ejemplo, datos de producción, datos de ocupación) para establecer En Pis para usos significativos de energía.</p> <p>Datos del medidor.</p> <p>Uso para ser hecho de los datos disponibles del sitio; No es necesario que el auditor tome medidas adicionales como parte de la auditoría a</p>	<p>Perfil operativo / de carga del sitio o flota.</p> <p>Datos variables relevantes apropiados (por ejemplo, datos de producción, datos de ocupación) para establecer En Pis para usos significativos de energía.</p> <p>¡Datos del medidor, evaluados hasta el nivel del perfil de carga! para metros significativos.</p> <p>Datos de consumo de energía para los procesos, sistemas y equipos clave del sitio.</p>

	<p>energía de la placa de identificación, descripción del equipo, programas de operación, factores de trabajo y estimaciones de factores de carga.</p>	<p>menos que se requiera la necesidad de datos adicionales para cumplir con los requisitos del alcance de la auditoría. Los datos e información energética que se recopilarán en la auditoría podrían incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> - datos detallados sobre sistemas, procesos y equipos que consumen energía, incluidas variables relevantes conocidas; - monitorización de la configuración del equipo e información de análisis; - documentos de diseño, operación y mantenimiento;- auditorías energéticas o estudios previos relacionados con la energía y el rendimiento energético; - planes futuros que afectan el uso de energía;- Datos de producción y proceso para evaluar el rendimiento. 	<p>Uso para hacerse de los datos del sitio disponibles, incluidos los datos de intervalos medidos; Se debe considerar la instalación de medidores adicionales para el monitoreo o la realización de ejercicios de registro específicos. Los datos deben recopilarse durante un período suficiente para tener en cuenta el rango de valores esperado para las variables relevantes y las demandas del sistema. Los datos e información sobre energía que se analizarán en la auditoría podrían incluir:</p> <ul style="list-style-type: none"> - datos detallados sobre sistemas, procesos y equipos que consumen energía, incluidas variables relevantes conocidas; - monitorización de la configuración del equipo e información de análisis; - documentos de diseño, operación y mantenimiento; - auditorías energéticas o estudios previos relacionados a energía y desempeño energético. -Información de cómo la organización maneja su desempeño energético
--	--	---	---

Tipo	1	2	3
Análisis	<p>Datos de consumo de energía y datos de equipos para organizar por equipos, sistemas y / o procesos.</p> <p>Uso de energía, datos del equipo para preparar el balance energético preliminar e identificar usos significativos de energía.</p> <p>Revisión de alto nivel de los perfiles de consumo para identificar anomalías en patrones diarios, semanales, mensuales o estacionales.</p> <p>Comparación con los puntos de referencia disponibles para identificar consumidores de alta energía o ineficiencias.</p>	<p>Análisis de datos energéticos actuales e históricos.</p> <p>Inscríbase a nivel de planta, flota, sistema, proceso o equipo para el análisis de oportunidades específicas, cuando corresponda.</p> <p>Balance energético detallado con datos de medición a nivel anual y de perfil, incluidas variaciones estacionales o de producción, según corresponda.</p> <p>Balance de masa para equipos, sistemas y / o procesos que incluyen flujos significativos de productos que influyen en el consumo de energía, o análisis equivalentes de flujos de energía y materiales.</p> <p>Los saldos utilizados para establecer el rendimiento actual y el potencial de mejora.</p> <p>Evaluación de las opciones de diseño y configuración para abordar las necesidades del sistema.</p> <p>Evaluación de la mejora del rendimiento energético asociada con los cambios de equipo, sistema o proceso.</p>	<p>Análisis de datos energéticos actuales e históricos.</p> <p>En Pls a nivel de planta o flota, y para usos significativos de energía.</p> <p>Balance de energía detallado conciliado con datos de medición, utilizando datos de una frecuencia suficiente para capturar la variación en el rendimiento.</p> <p>Balance de masa para procesos que incluyen flujos de producto significativos que influyen en el consumo de energía (o análisis equivalente de flujos de energía y masa).</p> <p>Evaluación del diseño y configuración de opciones para abordar las necesidades del sistema. Aplicación de una variedad de métodos de análisis para explorar las relaciones entre el consumo de energía y las variables relevantes.</p> <p>Recomendaciones para datos / investigación adicionales para mejorar la precisión de los datos.</p>

Tipo	1	2	3
<p>Identificación de oportunidades</p>	<p>Camine para inspeccionar visualmente los usos de la energía.</p> <p>Identifique y cuantifique oportunidades de mejora del rendimiento energético de bajo costo y fácilmente cuantificables.</p> <p>Identificación de oportunidades de mejora del rendimiento energético más intensivas en capital a un nivel genérico! pero no llevado a resolución técnica.</p>	<p>Una o más encuestas de energía del sitio) pueden satisfacer los requisitos de auditoría.</p> <p>Identificación de un conjunto de oportunidades de mejora del rendimiento energético específicas, que incluyen corto plazo, mediano plazo y acciones a largo plazo con ahorros de energía conciliados con el balance energético detallado. Todas o la mayoría de las oportunidades de mejora del rendimiento energético, proporcionan costos y beneficios, incluidas las indicaciones de ganancias "no energéticas" (por ejemplo, los ahorros de mantenimiento mejoraron la seguridad o reduciendo el impacto ambiental).</p> <p>NOTA: Las ganancias no energéticas pueden no siempre ser cuantificables dentro del alcance de la auditoría.</p> <p>Identificación de oportunidades de mejora del rendimiento energético en las que se requerirían datos Se le puede proporcionar a la organización un</p>	<p>Una o más encuestas de energía del sitio) pueden satisfacer los requisitos de auditoría.</p> <p>Cuantificación de una gama de oportunidades de mejora del rendimiento energético específicas, que incluyen acciones a corto, mediano y largo plazo (si se solicitan) con ahorros de energía conciliados con el balance energético detallado. Identificación de cualquier oportunidad de mejora del rendimiento energético donde se requieren datos / investigación adicionales para mejorar la precisión de los datos o la evaluación.</p> <p>Presentación del borrador de la lista de oportunidades a la organización para su discusión, a fin de confirmar la viabilidad de las oportunidades antes del análisis detallado / investigación.</p> <p>Se pueden utilizar otros análisis, técnicas o enfoques experimentales (por ejemplo, ingeniería, pruebas de vehículos, estudios piloto,</p>

		<p>borrador de la lista de oportunidades para revisar, a fin de confirmar la viabilidad o conveniencia de las oportunidades propuestas antes del análisis / investigación detallados.</p> <p>Comparación con los puntos de referencia.</p>	<p>enfoques logísticos, simulaciones por computadora, estudios ultrasónicos o imágenes termográficas) para comprender completamente el consumo de energía.</p> <p>Discusión con los proveedores para identificar o verificar las últimas tecnologías para mejorar el rendimiento energético.</p>
Tipo	1	2	3
Evaluación de oportunidades	<p>Ahorro indicativo o típico calculado utilizando reglas comunes conciliadas con la línea base de energía.</p> <p>Nominación de períodos de recuperación típicos.</p> <p>Esquema de los pasos necesarios para generar EPIA específicas que se puedan implementar.</p>	<p>Ahorros calculados utilizando oportunidades de mejora de rendimiento energético específicas de la tecnología conciliadas con el balance energético detallado.</p> <p>Costos basados en elementos compuestos de capital y mano de obra utilizando reglas de impulso, costos estandarizados o información de proveedores fácilmente disponible, no se requieren cotizaciones de los proveedores.</p> <p>Presentación del análisis económico acordado, que generalmente incluye una recuperación de la inversión simple, pero puede incluir métodos</p>	<p>Ahorros calculados utilizando oportunidades de mejora de rendimiento energético específicas de la tecnología conciliadas con un balance energético detallado y considerando las interacciones del sistema.</p> <p>¡Costos calculados en base al compuesto de capital y artículos de trabajo, hasta el nivel! de precisión requerida por el proceso de gasto de capital existente de la compañía.</p> <p>NOTA: La organización podría necesitar ayudar al auditor con los datos de costos. Todas las oportunidades de mejora del</p>

		como la TIR o el VAN.	rendimiento energético con costos y beneficios, incluyendo ganancias "no energéticas". Presentación del análisis económico acordado, que generalmente incluye TIR o VAN con pagos simples como mínimo, para proporcionar información al proceso de gastos de capital de la organización.
Tipo	1	2	3
Salidas	<p>Identificación y evaluación básica de oportunidades de bajo costo que pueden implementarse fácilmente.</p> <p>Comprensión del consumo de energía en un sitio, sistema, proceso o nivel de flota.</p> <p>Se mejoró la conciencia de la contribución relativa de cada fuente de energía del sitio, los costos unitarios promedio para cada fuente y los beneficios potenciales de administrar la energía.</p> <p>Determinación del alcance de las oportunidades más intensivas en capital.</p>	<p>Comprensión detallada del consumo y uso de energía.</p> <p>Comprensión de la contribución relativa de la fuente de energía de cada sitio, los costos unitarios promedio y marginal para cada fuente.</p> <p>Identificación y evaluación básica de las oportunidades de bajo costo que pueden implementarse fácilmente.</p> <p>Determinación y análisis, incluido el cálculo integral de ahorros y el costo de inversión preliminar, para medidas de capital.</p> <p>Recopilación de datos con fines de revisión / monitoreo de energía.</p> <p>Perfil operativo y balance energético detallado.</p>	<p>Comprensión detallada del consumo y uso de energía.</p> <p>Identificación y análisis de oportunidades de ahorro de energía, incluidas medidas sin costo, de bajo costo y de inversión de capital para incluir beneficios energéticos y no energéticos, diseño preliminar de equipos o mejora de procesos y requisitos detallados de costos.</p> <p>Datos para fines de revisión energética.</p> <p>Examen de los sistemas de medición y recomendaciones para abordar las brechas de datos.</p>

Tabla 1: Detalles indicativos de los tipos de auditorías energéticas.

Fuente: ISO 5002:2014

Basándose en el cuadro de detalles indicativos de los tipos de auditorías energéticas que describe la ISO 5002:2014, tomaremos como punto de partida y como guía de desarrollo, la auditoría energética tipo 2, la cual aborda siete apartados en los que se explican algunos detalles, que deben tomarse en cuenta para que el estudio pueda considerarse como una auditoría energética de este tipo.

A continuación, describiremos el alcance que contendrá cada uno de los siete apartados en este trabajo de investigación y así poder constatar que se está cumpliendo con una auditoría tipo 2 tal y como lo describe la norma ISO.

Tabla 2: Detalles indicativos de auditoría tipo 2

AUDITORÍA TIPO	2
Aplicación típica	Se desarrollará dentro de una de las 3 plantas de la empresa e incluirá una auditoría energética detallada, considerando todas las áreas y equipos dentro de la planta.
Necesidad empresarial	Se identificarán oportunidades de ahorro dentro del proceso y en los equipos con los que se cuenta, la auditoría será desarrollada por los tres integrantes del grupo que poseen experiencia en el área eléctrica y en el proceso productivo mismo, lo cual es de gran beneficio para identificar de mejor manera las oportunidades de ahorro.
Recolección de datos	Se partirá con la recopilación de la información de las facturas emitidas por el proveedor de energía durante 1 año, detallando consumo de energía, picos de energía y factor de potencia. Los datos a recolectar incluirán el consumo energético de cada uno de los equipos incluyendo qué variables

	<p>relevantes afectan en el consumo del equipo, utilizando un analizador de redes, documentos, manuales e información del fabricante.</p> <p>Incluirá también las variables relevantes que afectan en el proceso productivo, tales como horarios de trabajo, descripción del proceso productivo e indicadores que se tengan para garantizar un buen proceso productivo.</p>
Análisis	<p>Las variables a analizar incluirán datos históricos de energía, balance energético que incluya variables como el clima, variaciones de producción, entre otras.</p> <p>Análisis del diseño del proceso productivo para identificación de necesidades del proceso, además del uso significativo que cada uno de los equipos tiene en el proceso.</p>
Identificación de oportunidades	<p>Se realizará una visita en planta para determinar malas costumbres o actividades que se puedan cambiar para obtener mejoras en el proceso, se identificarán medidas a corto plazo que nos permitan la reducción del consumo energético.</p> <p>Se buscará información de auditorías similares a esta, para poder comparar el proceso productivo de la empresa contra otras empresas del rubro.</p>
Evaluación de oportunidades	<p>Cálculo de posibles ahorros que puedan implementarse a corto plazo, y que se puedan verificar en el consumo total de la planta.</p>

	Mediante una gráfica de correlación encontrar la ecuación que describa el proceso productivo y así poder determinar ahorros para futuras producciones, luego de implementar las medidas de mejora.
Salidas	<p>Se obtendrá el detalle del consumo energético y del uso de la energía en cada una de las áreas y equipos de la planta.</p> <p>Análisis económico de las medidas de ahorro encontradas, inversión inicial, retorno de inversión, factibilidad de implementación.</p> <p>Análisis económico de las medidas de ahorro encontradas, inversión inicial, retorno de inversión, factibilidad de implementación.</p> <p>Datos que puedan servir para futuros estudios energéticos dentro de la planta, o que puedan servir para monitoreo de variables relevantes del proceso.</p>

Tabla 2: Detalles indicativos de auditoria tipo 2.

Fuente: ISO 50002:2014.

5.3. Descripción de la empresa

Es una compañía dedicada a la serigrafía que comenzó a operar en el año 1997, con 2 máquinas automáticas y un equipo de menos de 20 personas. Hoy se cuenta con modernas instalaciones, una estructura organizativa de más de 500 empleados y maquinaria de alta tecnología que le permite ser líder en innovación y ofrecer productos y servicios de la más alta calidad.

Ofrece servicios de serigrafía a la industria textil, enfocados en agregar valor a los productos de los clientes y cumplir con los compromisos de calidad y plazos a precios competitivos, a través de un equipo de profesionales éticos e innovadores, capaces de garantizar la satisfacción de los requisitos exigidos por los clientes.



Figura 2: Marcas de clientes

Fuente: Pagina Web de empresa en estudio

Misión

“Somos una compañía que ofrece servicio de serigrafía para la industria textil, enfocados en agregar valor al producto de nuestros clientes y cumplir nuestro compromiso de calidad y plazos a precios competitivos, a través de un equipo de profesionales éticos e innovadores, capaces de garantizar la satisfacción de los requisitos de nuestros clientes.”

Visión

“Ser una empresa regional, líder de forma integrada en los productos y servicios que ofrecemos capas de fomentar el bienestar económico y social para nuestros clientes, personal, proveedores, comunidad y accionistas.”

Responsabilidad social

“El amor de Dios está por encima de todo. Nuestros clientes son importantes no por ser nuestros clientes, sino porque son nuestros socios y nuestro éxito depende exclusivamente de su éxito. Nuestro personal es tan importante como nuestros clientes, ya que sería ilógico que pretendamos tener clientes satisfechos con un personal insatisfecho. Estamos abiertos a

cambios constantes, ya que no podemos esperar resultados diferentes hoy, haciendo el mismo trabajo de ayer.”

Valores

- ❖ Espiritualidad
- ❖ Responsabilidad
- ❖ Igualdad
- ❖ Excelencia
- ❖ Integridad
- ❖ Competitividad

VI. METODOLOGÍA

Este estudio se regirá a un método cuantitativo principalmente, dentro del cual se establecerá el punto de partida, con datos teóricos o datos nominales de placa y luego con datos de campo, medidos en el transcurso del tiempo establecido. Se puede aplicar un enfoque mixto, donde se contrastarán los resultados obtenidos con los planteados teóricamente en el inventario inicial de equipos.

Para la investigación se utilizarán equipos de medición de energía, con los cuales se obtienen consumos, potencias, factor de potencia y otros datos de importancia al hacer la medición en campo. También se aplicará una parte cualitativa que se realizará en la entrevista y observación de los operarios en el uso de los equipos.

6.1. Descripción del área en estudio

La investigación se planea ejecutar en una de las plantas de la empresa, la cual está ubicada en el Plan La Laguna, esta empresa posee 3 plantas de producción, pero el estudio será en la planta de mayor consumo energético.

Para el desarrollo del trabajo, se realizará el inventario de equipos de la empresa en estudio y se determinará el uso significativo de éstos, para identificar los más importantes en cuanto a consumo energético se refiere.

La auditoría se realizará en las siguientes áreas incluyéndose todos los equipos que estas áreas contengan:

❖ ***Área: Estampado***

Pre-calentadores (flashes)

Estampadoras

Iluminación

❖ ***Área: Tintas***

Mezcladores

Extrusores

❖ ***Área: Sublimación***

Impresoras

Calandras

Aire acondicionado

❖ ***Área: Sistema de aire comprimido***

Compresores de tornillo

6.2. Fases del diagnóstico energético.

Para el desarrollo del diagnóstico energético es necesario identificar las fases que esté incluirá, a continuación, se detallan las fases del estudio:

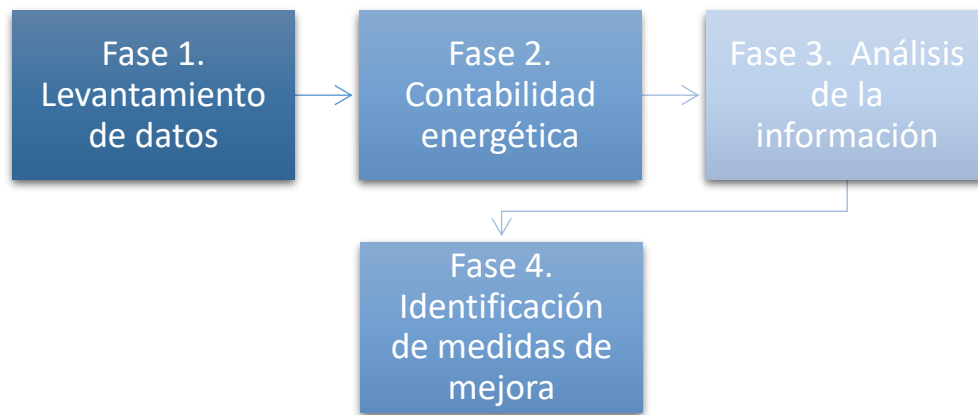


Figura 3: Fase del diagnóstico energético

Fuente: Elaboración propia

Además, se necesita contar con información necesaria relacionada a la instalación en estudio y al uso energético que esta tenga, a continuación, se detalla información que pudiera ser de gran ayuda en caso de contar con ella:

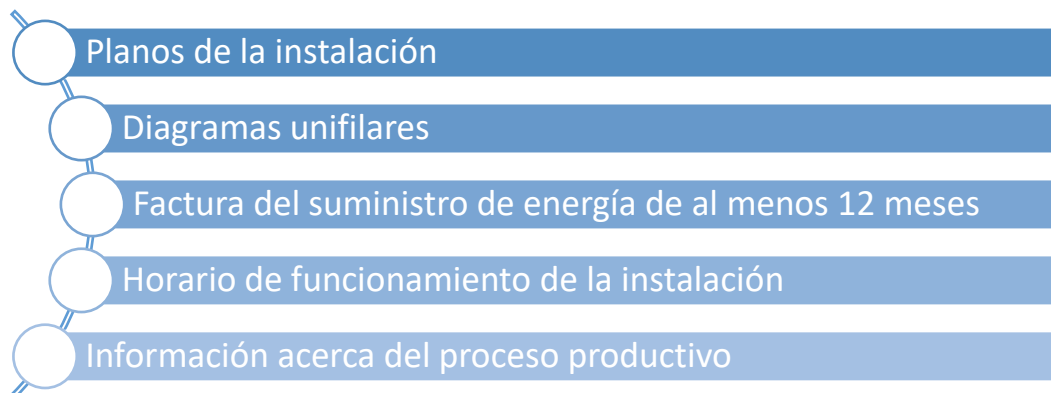


Figura 4: Fase del diagnóstico energético

Fuente: Elaboración propia.

Para este estudio se cuenta con toda la información antes detallada, con lo cual damos inicio a la Fase 1 del estudio energético.

6.3. Metodología de medición y extrapolación de datos anuales.

Las mediciones se llevarán a cabo en los equipos de la Planta en estudio, la medición se realizará en uno de cada tipo de máquina para conocer su consumo, luego estos datos se extrapolarán para completar un año. Se tomará en cuenta los días laborados por mes y los datos de producción donde se muestren los tiempos muertos que afecten el consumo. En el apartado 8.3, se amplía la metodología de cálculo empleada.

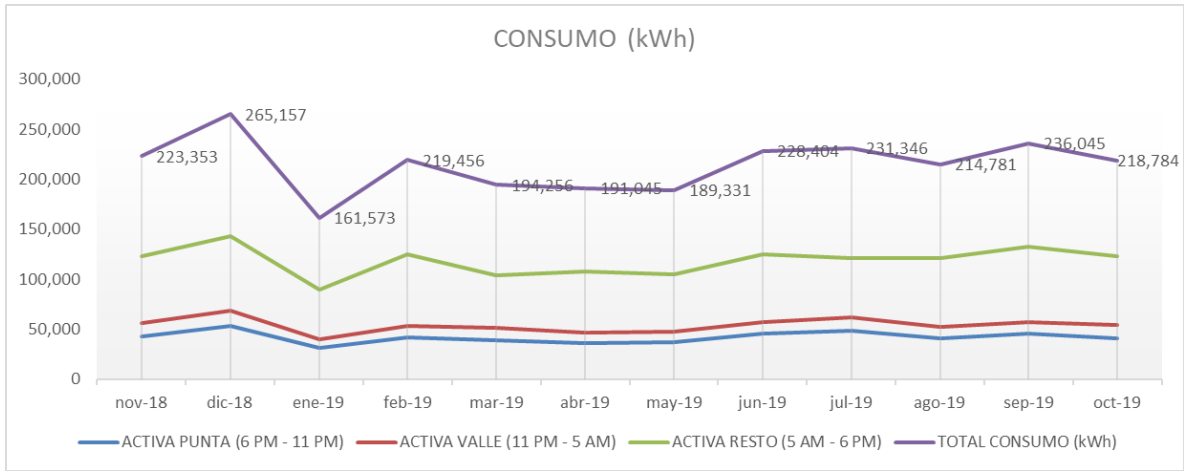
VII. FASE 1. LEVANTAMIENTO DE DATOS.

- Facturas del suministro energético de la planta.

DATOS DE POTENCIA Y CONSUMO FACTURADOS EN EL AÑO EN ANALISIS						
MES	PERIODO FACTURADO	POTENCIA (kW)	CONSUMO (kWh)			TOTAL CONSUMO (kWh)
		DEMANDA FACTURADA (kW)	ACTIVA PUNTA (6 PM - 11 PM)	ACTIVA VALLE (11 PM - 5 AM)	ACTIVA RESTO (5 AM - 6 PM)	
nov-18	19 oct -16 nov	552.0	43,310	56,669	123,374	223,353
dic-18	17 nov-17 dic	552.0	53,117	68,597	143,443	265,157
ene-19	18 dic-17 ene	561.6	31,704	40,459	89,410	161,573
feb-19	18 ene-17 feb	580.8	41,870	53,078	124,507	219,456
mar-19	18 feb-18 mar	537.6	38,976	51,682	103,598	194,256
abr-19	19 mar-16 abr	504.0	35,976	46,843	108,226	191,045
may-19	17 abr-17 may	508.8	36,850	47,285	105,197	189,331
jun-19	18 may-17 jun	518.4	45,634	57,600	125,170	228,404
jul-19	18 jun-17 jul	528.0	48,614	61,598	121,133	231,346
ago-19	18 jul-16 ago	532.8	40,843	52,805	121,133	214,781
sep-19	17 ago-16 sep	566.4	45,466	57,547	133,032	236,045
oct-19	17 sep-16 oct	528.0	40,896	54,624	123,264	218,784
TOTALES kWh			503,257	648,787	1421,486	2573,530

Tabla 3: Detalle de facturas de energía eléctrica.

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 1: Consumo de energía facturado.

Fuente: Elaboración propia.

❖ Diagrama unifilar de la instalación

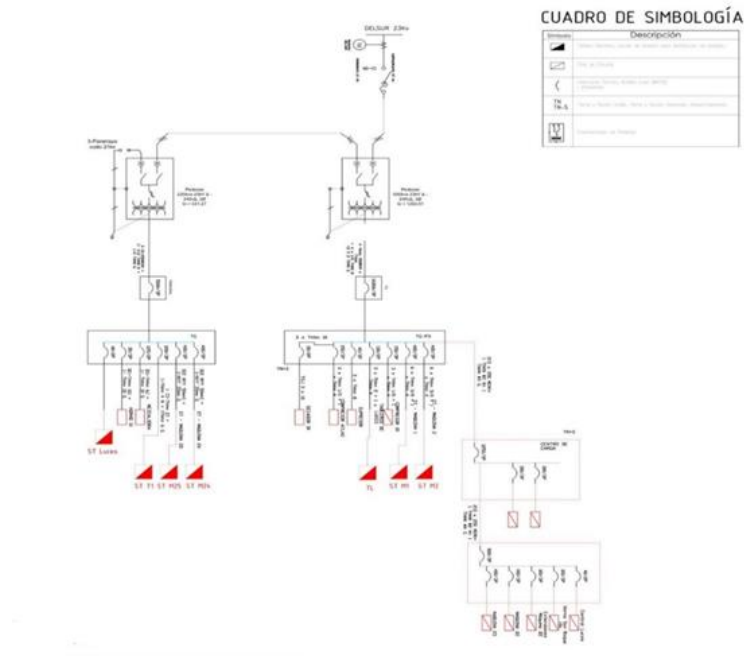


Figura 5: Diagrama eléctrico unifilar

Fuente: Entregado por empresa en estudio

- ❖ Esquema de sub-estaciones con acometida principal y contador de la planta.

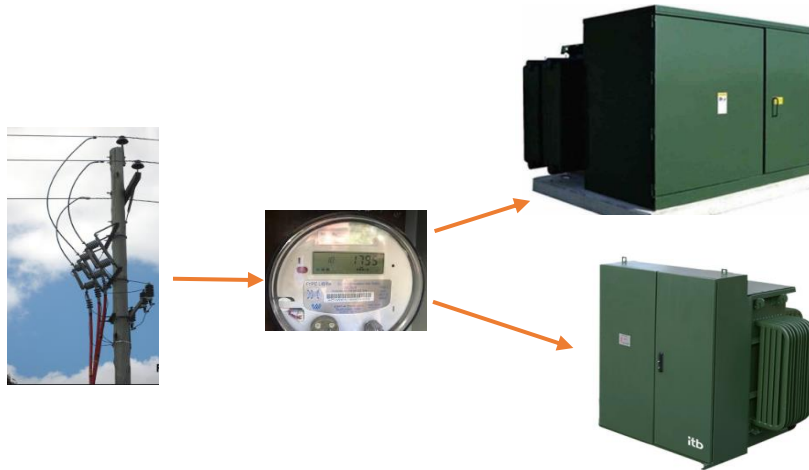


Figura 6: Esquema de sub-estaciones.

Fuente: Elaboración propia.

7.1. Proceso productivo

El proceso productivo de serigrafía tiene varios sub-procesos previos antes de poder imprimir. Dentro de los procesos principales tenemos:

- ❖ Diseño
- ❖ Preparación de marcos
- ❖ Revelado de marcos
- ❖ Preparación de tintas.
- ❖ Estampado

La serigrafía es un proceso en el cual se logra imprimir imágenes o diseños en una prenda, esto se logra haciendo pasar tinta a través de una malla tensada dentro de un marco, previamente preparado con el diseño seleccionado.

Se requiere un marco por cada color que tenga el diseño, y así, se va complementando un diseño total. Si se tiene un diseño de 4 colores, se requerirán al menos 4 marcos, si no lleva base, si llevara base se requerirán al menos 5 marcos.

Para imprimir la prenda completa, se debe pasar la prenda a través de todos los marcos, haciendo que los colores registren perfectamente y no quede ninguna luz ni ningún traslape

entre colores. Cuando se trata de serigrafía manual, esto se vuelve más complejo y lento ya que se debe ir marco por marco en cada estampado.

Para incrementar la capacidad de producción se hace necesario trabajar en máquinas, las cuales mejoran el nivel de registro y facilitan el manejo de la prenda, con lo cual se logra mayor producción y calidad.

A medida que esta industria fue evolucionando, se fueron fabricando mejores máquinas, primero se tienen máquinas manuales, en las cuales se asegura el registro y el fácil cambio de marcos, aunque aún la presión para transferir la tinta depende de la fuerza del operador. Una máquina manual puede llegar a dar 20 piezas por hora.

Luego surgieron las máquinas automáticas, con las cuales se logra mejor producción, calidad y acabados. Estas máquinas hoy en día pueden estampar hasta 1,200 piezas por hora.

Una máquina de serigrafía puede ser una simple máquina manual o ser una sofisticada máquina automática, eso depende del tipo de mercado que se atiende.

7.1.1 Descripción general del proceso de serigrafía.

- ❖ Se recibe el producto a estampar cortado, generalmente, o confeccionado. Se almacena en bodega para prepararlo para pasar a máquina cuando éste sea programado.
- ❖ Se recibe el arte gráfico por parte del cliente, para ser procesado en el Departamento de diseño en la planta matriz, para realizar la separación de colores. Este proceso se realiza con meses de anticipación, para preparar las muestras y que sean aprobadas por el cliente.
- ❖ Cuando Diseño realiza la separación de colores, se envían las imágenes vía red interna, a la máquina impresora de marcos.
- ❖ Los marcos son preparados por el departamento de ese nombre, En donde se preparan uno por color deseado, para poder crear el diseño solicitado por el cliente.

- ❖ Paralelamente el Departamento de Tintas, prepara los colores de acuerdo al requerimiento del cliente.
- ❖ Los marcos se colocan en las máquinas estampadoras conocidas como pulpos de serigrafía y se realiza el proceso de impresión.
- ❖ Se coloca la tinta en cada marco, de manera manual, de acuerdo al color requerido.
- ❖ Luego de impresas las prendas pasan al horno para secado de las tintas y fijar la impresión. Los hornos se encuentran centrados en los módulos de serigrafía.
- ❖ Las prendas terminadas son revisadas por auditoría de calidad, para aprobación.
- ❖ Se envían a la bodega de despacho, donde son ordenadas en cantidades según lo requiera el cliente, empacadas en bolsas plásticas o unipack para ser despachadas.

7.1.2. Diseño de arte, separación de colores.

El cliente envía sus diseños para hacer su desarrollo, y poder costearlo. En la parte del Diseño, que consiste realmente en la separación de colores, para distribuirlo en la cantidad de imágenes necesarias para estampar, se hacen los ajustes digitales para determinar la factibilidad de la técnica y verificar que se satisfacen los requerimientos del cliente.

Al determinar la cantidad de imágenes a estampar se determina la cantidad de marcos que se utilizarán.

7.1.3. Preparación de marcos.

Cuando Diseño realiza la separación de colores, se envían las imágenes vía red interna, a la máquina impresora de marcos.

Los marcos son preparados por el departamento de ese nombre, en donde se imprime la imagen en una impresora con tinta especial, se exponen a luz ultravioleta para endurecer la emulsión, para luego revelarlos y dejar listos para el proceso de encintado.

El marco es encintado en sus bordes y se ordenan según el orden del diseño a estampar. Se utiliza un marco por cada uno de las imágenes a estampar, colores y bases, que llevará el estampado.

Los marcos se colocan en las máquinas estampadoras conocidas como pulpos de serigrafía y se realiza el proceso de impresión.

7.1.4. Preparación de tintas.

En este proceso se pretende igualar las tintas a un patrón de colores específico. Las tintas utilizadas en el proceso de serigrafía, se pueden clasificar en tres tipos: Plastisoles, Base Agua y Silicón.

Plastisol

Las tintas plastisoles son una mezcla de una resina (PVC), de un plastificante y otros aditivos. La tinta a temperatura ambiente es de consistencia viscosa y al ser aplicada a la prenda, necesita pre-secarse antes de pasar al siguiente color, para evitar que se corra o se adhiera a la seda del marco. Esta tinta logra su curado a temperaturas arriba de 160 °C o no más de 200 °C, por lo que se debe pasar por un horno programado a esa temperatura mínima, para lograr la calidad necesaria.

Base agua

Las tintas base agua utilizadas son pigmentos solubles en agua y éstas requieren temperaturas similares que los plastisoles, solo que con más flujo de aire para evaporar toda la cantidad de agua.

Tintas silicón.

Estas tintas requieren una temperatura de curado inferior, que ronda los 130°C.

El proceso de preparación de Tintas se realiza previamente, reproduciendo la fórmula que se determinó en las muestras, y haciendo los ajustes necesarios para igualar los tonos.

Cuando se tienen todas las tintas preparadas, son enviadas a las máquinas para colocarlas en los respectivos marcos.

7.1.5. Proceso de estampado.

En el proceso de estampado es donde se hace la transferencia de la tinta a las prendas. Para que este proceso se realice bien, depende de los procesos anteriores, si hay errores en procesamiento de las tintas y de los marcos, el resultado final será pobre. Además de todas las variables que se deben controlar en la máquina de estampado.

El proceso se describe a continuación:

- ❖ Montaje de los marcos: Se montan los marcos en la máquina estampadora, bases y colores.
- ❖ Registro de marcos: Se coloca el primer marco y respecto a ese se montan los marcos siguientes, para que todos los colores se ajusten a los demás, en las máquinas automáticas más modernas, este paso se puede hacer en automático, si los marcos fueron hechos correctamente. Si no se tiene una máquina con esta tecnología se pueden usar las marcas guías en cada marco y se va colocando cada marco siguiente.
- ❖ Ecurridores y raquetas: Se colocan escurridores, que son los hules que presionan el marco para hacer pasar la tinta a través de la seda del marco; y las raquetas, que son las piezas que regresan la tintas sobre el marco para que la siguiente prenda pueda ser estampada.
- ❖ Colocación de Tinta: Se colocan las tintas sobre el marco correspondiente. Posteriormente se colocan lienzos de tela de prueba para terminar de ajustar el registro y permitir que la tinta llene los espacios vacíos que existen entre la seda.
- ❖ Estampado de una pieza: Se estampa una pieza en la ubicación determinada.
- ❖ Pre-secado de tinta: En el proceso de pre-secado de tinta, se trata de exponer a calor la tinta recién aplicada, para darle más consistencia y ayudar para que el siguiente color no se contamine. Esto depende del diseño y de cuantos pre-secadores se utilizarán en una prenda completa. En el desarrollo de esta investigación, los pre-secadores tienen una relevancia grande ya que son equipos que generan calor a través de lámparas infrarrojas, y tienen un consumo considerable. Los diseños pueden llevar hasta 6 pre-secadores o más si el operador así lo determina, por facilidad del estampado, que no necesariamente es lo correcto.

- ❖ Curado: La pieza estampada pasa por un proceso de curado, en el que se calienta en un horno de banda 160°C. como mínimo.
- ❖ Determinación de patrón de colores o tiempo de seteo: Se hace una evaluación visual para determinar si los patrones de colores coinciden. Si no coinciden se hacen ajustes en el ángulo y presión del escurridor y se repiten los pasos anteriores. si aún no se corrige el defecto, se recupera la tinta, se hacen ajustes a la formulación y se repiten los pasos. Se continúa este proceso de prueba y error hasta que los tonos se ajustan a lo requerido.
- ❖ Producción de diseño: Una vez ajustados los tonos, se inicia la producción.

Los procesos que se siguen en una planta de serigrafía, se muestran en la siguiente figura:

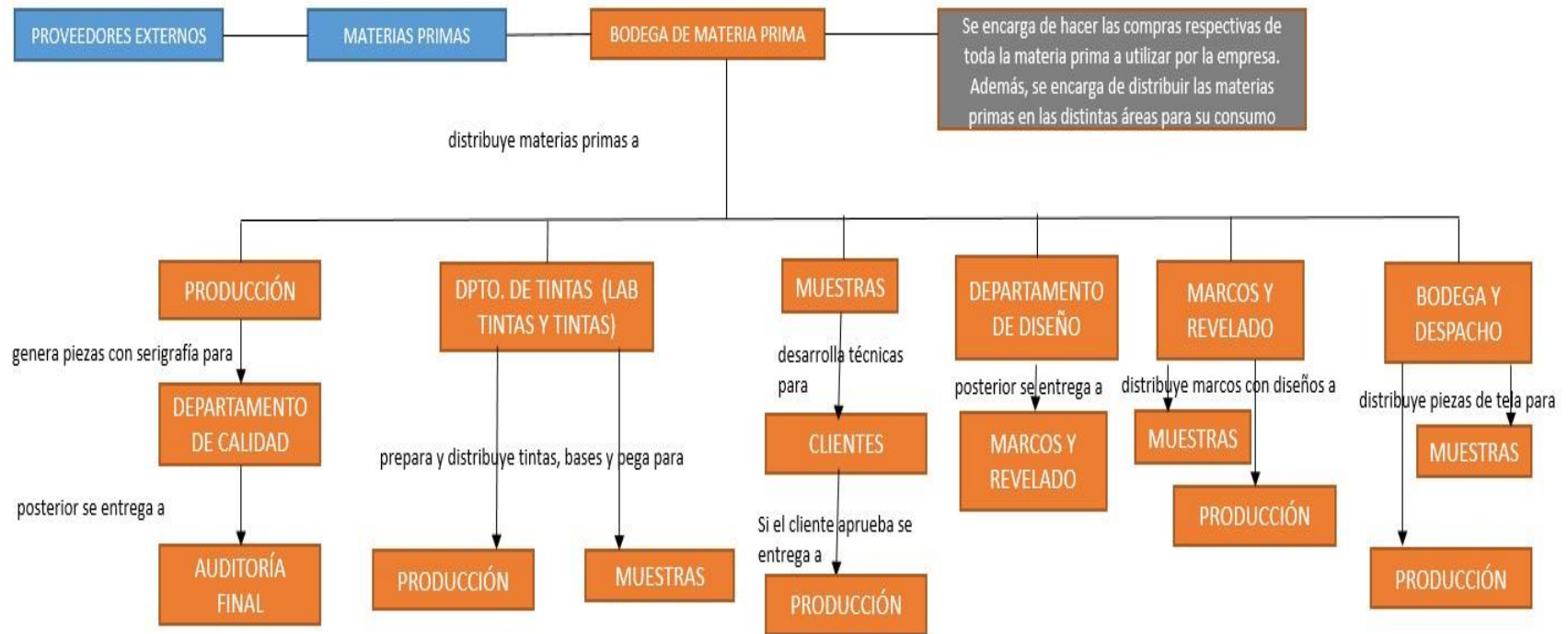


Figura 7: Diseño de proceso productivo.
Fuente: Elaboración propia.

Información	Es una empresa de estampado textil, trabaja de lunes a viernes, 24 horas, inicia operaciones los días lunes a las 6 am y termina la semana a las 6 am del día sábado. En ocasiones si la demanda de producción lo exige se trabaja sábados 12 horas
Iluminación	La planta cuenta con un sistema de iluminación basado en luminarias Led de 20 W. En el área de oficinas, las luminarias son utilizadas de 8:00 a.m. a 5:45 p.m. de Lunes a Viernes. En el área de planta, son utilizadas las veinticuatro horas. Puede asumir un factor de uso de 1.0. El área de piso de las oficinas es de 829 metros cuadrados y el área de piso de la planta es de 2,724 metros cuadrados. La Planta cuenta con iluminación Led en un 81 % del edificio, dentro de las cuales se tienen las lámparas con uso de 24 horas. Se tienen lámparas fluorescentes en las áreas de parqueo , servicios sanitarios. Las lámparas de vapor de mercurio están distribuidas en el perímetro
Aire comprimido	La planta cuenta con un sistema de aire comprimido, el cual consiste de un compresor de 50 hp y dos compresores de 30 hp. El compresor de 50 hp opera continuamente (nunca para) con una presión de operación entre 110 y 125 psig. Uno de los compresores de 30 hp es redundante. El aire comprimido es activado por 24 horas en el día. El consumo fue medido por 3 días.
Estampado	La Planta de estampado trabaja en 2 tipos de horarios, uno es de turnos cortos, donde se trabajan 2 días a 14 horas y 3 días a 24 horas. Y el otro es de turnos largos que son 5 días a 24 horas(Lunes a Viernes)
Sublimación	Tiene los mismos horarios que estampado, pero son áreas independientes, por lo que pueden tener horarios diferentes. Esta área tienen consumos bien estables ya que son equipos con resistencia y de uso continuo
Tintas	El área de tintas, es donde se hace el mezclado de tintas, se trabaja en 12 horas de lunes a viernes. Aunque se tienen motores grandes de 50 kW y 30 kW, el consumo es poco porque trabajan por lapsos cortos.
Aire acondic	Se tienen 11 equipos de aire acondicionado en toda la Planta, el más pequeño es de 0.75 ton y el más grande de 5 toneladas. La mayoría son utilizados en los procesos productivos que requieren ambientación, como Revelado de marcos y Sublimación, por lo que trabajan las 24 horas, excepto l aire de la oficina de clientes que lo utilizan solo 8 horas diarias.
Inyectores y	Se tienen 7 extractores y 4 inyectores de aire para ventilar la Planta. Los extractores trabajan las 24 horas diarias y los inyectores en un lapso de 9.6 a 10 horas diurnas.
Aspiradoras	Hay 8 aspiradoras en total, estas se utilizan para limpieza de las prendas, para eliminar cualquier contaminación que lleven, trabajan las 24 horas del día con un factor de uso de 0.91
Otros	En este grupo se tienen los Hornos de secado de Marcos, los equipos de Revelado y la máquina de Transferencia de calor, por ser equipos cuyo consumo no es muy representativo. Los 2 hornos de secado de marcos permanecen encendidos las 24 horas al día, 5 días a la semana. Los equipos de marcos de Creación de marcos, consta de 1 impresora, 1 emulsionadora, 1 reveladora. Máquina de Heat transfer, que tiene un horno eléctrico pero que su uso es poco, 1 día por semana.

Tabla 4: Cuadro resumen de áreas y maquinas en estudio.

Fuente: Elaboración propia.



En esta primera fase se tratará de conocer de mejor manera la instalación, de qué manera impacta en la factura de energía cada uno de los equipos y áreas que la conforman, para poder identificar los equipos o áreas donde se pueden realizar mejoras y así conocer el impacto que éstas tendrán al implementarlas.







A continuación, se detalla un cuadro resumen de las máquinas y equipos que intervienen en todo el proceso productivo, y que se incluirá en la auditoría energética que se llevará a cabo. El detalle se ha hecho por familia de equipos en el cual se especifica la cantidad de equipos y las características más importantes de cada uno de ellos.

La Planta a analizar tiene 7 máquinas de estampado, 4 hornos de curado, 49 pre-secadores, 3 compresores, uno de los cuales es redundante, 3 impresores digitales de sublimación y 3 calandras para la transferencia de sublimación. La capacidad de producción es de más de 2 millones de estampados al mes y se labora normalmente de lunes a viernes 24 horas, se inicia la semana el lunes a las 6 am y se termina el sábado a las 6 am.








Los datos nominales de cada equipo se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5: Detalles de los equipos del área productiva.

MAQUINA/EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
<p data-bbox="302 1255 699 1287">ESTAMPADORA ALPHA 8</p> 	<p data-bbox="756 1276 1146 1308">Capacidad: 1000 piezas/Hora</p> <p data-bbox="756 1333 1141 1365">Consumo de aire: 1671 l/min</p> <p data-bbox="756 1388 1403 1419">Características eléctricas: 230 V trifásica, 15 kW</p> <p data-bbox="756 1442 1094 1474">Cantidad de máquinas: 3</p>
<p data-bbox="334 1518 667 1549">ESTAMPADORA ROQ</p> 	<p data-bbox="756 1539 1130 1570">Capacidad: 800 piezas/Hora</p> <p data-bbox="756 1596 1141 1627">Consumo de aire: 1547 l/min</p> <p data-bbox="756 1650 1403 1682">Características eléctricas: 230 V trifásica, 12 kW</p> <p data-bbox="756 1705 1094 1736">Cantidad de máquinas: 4</p>

PRE-SECADOR ROQ	 <p>Características eléctricas: 230 V trifásica, 14.4 kW Cantidad de máquinas: 26 Área de secado: 500/700 mm</p>
PRE-SECADOR M&R	 <p>Características eléctricas: 230 V trifásica, 18 kW Cantidad de máquinas: 19 Área de secado: 500/700 mm</p>
MEZCLADORA	 <p>Características eléctricas: 230 V trifásica, 0.7 kW Cantidad de máquinas: 2 Capacidad: 1 Tonelada</p>
EXTRUSORA	 <p>Características eléctricas: 230 V trifásica, 0.4 kW Cantidad de máquinas: 2 Capacidad: 1 Tonelada</p>
IMPRESORA	 <p>Características eléctricas: 230 V trifásica, 7 kW Cantidad de máquinas: 3 Capacidad: 180 m²/h</p>
CALANDRA	 <p>Características eléctricas: 230 V trifásica, 14 kW Cantidad de máquinas: 3 Capacidad: 12 m/min</p>

AIRE ACONDICIONADO	
	<p>Características eléctricas: 220 V Monofásica, 11 kW</p> <p>Cantidad de máquinas: 2</p> <p>Capacidad: 5 Toneladas</p> <p>Eficiencia: SEER 13</p>
	<p>Características eléctricas: 220 V Monofásica, 10 kW</p> <p>Cantidad de máquinas: 1</p> <p>Capacidad: 5 Toneladas</p> <p>Eficiencia: SEER 15</p>
	<p>Características eléctricas: 220 V Monofásica, 9 kW</p> <p>Cantidad de máquinas: 5</p> <p>Capacidad: 3 Toneladas</p> <p>Eficiencia: SEER 13</p>
	<p>Características eléctricas: 220 V Monofásica, 11 kW</p> <p>Cantidad de máquinas: 4</p> <p>Capacidad: 5 Toneladas</p> <p>Eficiencia: SEER 13</p>
AIRE COMPRIMIDO	
	<p>Características eléctricas: 230 V Trifásica, 32.3 kW</p> <p>Cantidad de máquinas: 1</p> <p>Capacidad: 236 cfm</p> <p>Potencia del motor: 50 HP</p>

	<p>Características eléctricas: 230 V Trifásica, 23.7 kW</p> <p>Cantidad de máquinas: 1</p> <p>Capacidad: 128 cfm</p> <p>Potencia del motor: 30 HP</p>
<p>HORNO DE SECADO</p>	<p>Características eléctricas: 230 V Trifásica, 6.7 kW</p>
	<p>Cantidad de máquinas: 4</p> <p>Consumo GLP: 0.2 – 6 Nm³ /h</p>
<p>ILUMINACIÓN</p>	<p>Características eléctricas: Tubo T20, 110 V, 0.05 kW</p>
	<p>Cantidad: 463</p>
	<p>Características eléctricas: Tubo T18, 110 V, 0.07 kW</p> <p>Cantidad: 117</p>
	<p>Características eléctricas: Tubo 75 Watts, 110 V</p> <p>Cantidad: 32</p>
	<p>Características eléctricas: Tubo 32 Watts, 110 V</p> <p>Cantidad: 86</p>
	<p>Características eléctricas: Tubo 40 Watts, 110 V</p> <p>Cantidad: 23</p>
	<p>Características eléctricas: Lámpara de mercurio 175 Watts, 220 V</p> <p>Cantidad: 6</p>




VENTILACION	 <p>Características eléctricas: 220 V Trifásica, 1.5 kW Cantidad de extractores: 7 Cantidad de inyectores: 4 Potencia del motor: 2 HP</p>
ASPIRADO	 <p>Características eléctricas: 220 V Trifásica, 3.2 kW Cantidad: 6 Potencia del motor: 3 HP</p>
	<p>Características eléctricas: 220 V Monofásica, 1.5 kW Cantidad de extractores: 2</p>

Tabla 5: Detalles de los equipos del área productiva

Fuente: Elaboración propia.

VIII. FASE 2. CONTABILIDAD ENERGÉTICA.

Para llevar a cabo la contabilidad energética total de la planta en estudio se partirá de los datos de placa de cada una de las máquinas y equipos para determinar el consumo nominal.

También se realizará mediciones del consumo energético en máquinas y equipos para conocer el dato real de consumo en un determinado periodo de tiempo y con el consumo nominal obtener el factor de uso de estos.

$$\text{FACTOR DE USO} = \frac{kWh_{reales}}{kWh_{nominales}}$$

8.1 Cronograma de mediciones eléctricas en la planta de producción.

Las mediciones en cada una de las máquinas y equipos se realizaron con base al cronograma siguiente:

Tabla 6: Cronograma para realización de mediciones eléctricas.

ACTIVIDAD	Semana 28	Semana 29	Semana 30	Semana 31	Semana 32	Semana 33	Semana 34	Semana 35	Semana 36	Semana 37	Semana 38	Semana 39	Semana 40	Semana 41	Semana 42	Semana 43	Semana 44	Semana 45	Semana 46	Semana 47	Semana 48	Semana 49	Semana 50	Semana 51	Semana 52
Realización de mediciones en equipos de planta:																									
Medición de equipo serigráfico #1																									
Medición de equipo serigráfico #2																									
Medición de equipo de impresión digital																									
Medición de equipo de transferencia digital																									
Medición de aire comprimido #1																									
Medición de aire comprimido #2																									
Medición de pre-calentador #1																									
Medición de pre-calentador #2																									
Medición de pre-calentador #3																									
Medición de equipo mezclador																									
Medición de equipo extrusora																									
Medición de equipo de acondicionamiento #1																									
Medición de equipo de acondicionamiento #2																									
Medición de luminaria																									
Medición de consumo total de la planta																									
Medición de consumo area digital																									
Medición de consumo area tintas																									

Tabla 6: Cronograma para realización de mediciones eléctricas.

Fuente: Elaboración propia.

Las mediciones de equipos pequeños se realizaron durante 3 y 4 días, y para los equipos grandes y Planta completa se tomaron por una semana (7 días). Se iniciaron desde la semana 32 y finalizaron en la semana 44 del año 2019, y se procedió a consolidar toda la información y a realizar su análisis respectivo.

8.2 Equipos de medición.

Para llevar a cabo estas mediciones, se contó con un equipo analizador de redes y una cámara termográfica propiedad de la empresa en estudio, además se utilizó un equipo analizador de redes de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas “UCA”.

Los equipos e instrumentos utilizados para llevar a cabo las mediciones con sus especificaciones, son los siguientes:

- Analizador de redes CIRCUTOR



Figura 8: Circutor MYeBOX® 15000.

Fuente: <http://circutor.com/en/?start=4>

MYe BOX-15000 es un analizador de redes portátil utilizado en la planta que aporta la información detallada de todos los parámetros eléctricos, de calidad de red y transitorios de una instalación eléctrica, proporcionando un acceso total a la información obteniendo todos los parámetros y gráficas, propiedad de la empresa en estudio.

- Analizador de redes FLUKE



Figura 9: Analizador de calidad redes eléctricas Fluke 434-II.

Fuente: <https://www.fluke.com/es-sv/producto/comprobacion-electrica/calidad-electrica/434-435>

Equipo utilizado para mediciones de calidad de energía eléctrica en la planta y conectado a la red eléctrica obteniendo lecturas monofásicas, trifásicas y gráficas del comportamiento de los equipos y máquinas, propiedad de la UCA.

- Cámara termográfica Fluke.



Figura 10: Cámara termográfica Fluke.

Fuente: <https://www.fluke.com/es-sv/productos/camaras-termicas>

Cámara termográfica utilizada para realizar lecturas e imágenes de temperaturas de los paneles eléctricos, equipos y máquinas en la planta y visualizar las temperaturas y pérdidas de energía por calentamientos para resolver problemas puntuales como detectar fallos potenciales, propiedad de la empresa en estudio.

8.3 Procedimiento de medición y comparación de resultados.

1. Graficar el suministro de energía facturado comprendido entre noviembre de 2018 a octubre de 2019.
2. Tabular la cantidad de estampados producidos por cada mes, estos datos se tomarán de la información que el departamento de producción reporta.
3. Verificar si hay correlación o no de la cantidad de estampados producidos vrs. el consumo de energía y el consumo de GLP, para demostrar si una variable es dependiente de la otra.
4. Medición de los consumos de energía por equipo, mediante las herramientas de análisis antes mencionadas, los periodos de medición de los equipos se realizarán de

2 formas, para los equipos grandes se tomarán medidas durante 1 semana completa de trabajo y los equipos pequeños se medirán durante 3 y 4 días laborales.

5. Tabular el consumo obtenido de las mediciones para cada uno de los equipos y se extrapolará para un periodo de un año laboral, para encontrar el factor de uso, tomando en cuenta los tiempos muertos de la fábrica, el horario laboral y todas las variables del proceso productivo que puedan afectar en la medición.
6. Mostrar gráfica del consumo obtenido de las subestaciones durante la semana de medición para poder identificar picos de corriente.
7. Identificación, en la gráfica de consumo total, las variables que pueden afectar en el proceso productivo a tener un aumento de consumo de energía.

Las variables a medir son: corriente(I), tensión(V), potencia(P), Factor de Potencia (F.P), que permitirán encontrar el consumo energético de cada equipo y así determinar mediante una gráfica el equipo con mayor demanda energética, para identificar puntos de mejora y centralizar los esfuerzos en estos equipos para lograr medidas de ahorro.

8.4 Tabla y gráfica de consumo energético, tomado de facturas emitidas por la distribuidora.

El corte en las facturas eléctricas varía entre el 18 y 19 del mes siguiente, al 17 y 18 del mes en estudio, por lo cual se creó una tabla que comprendiera cada uno de los periodos para los meses en estudio. Donde se especifican los consumos en las mediciones horarias, punta, valle y resto, además se coloca la demanda facturada que representa la potencia más alta demandada en kW y el consumo total del mes, kWh.

Tabla 7: Cuadro de consumo eléctrico

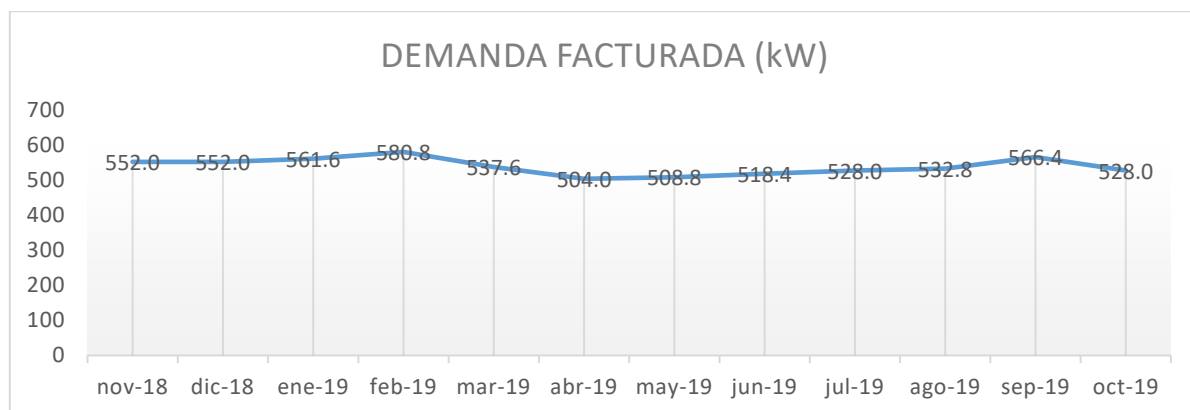
DATOS DE POTENCIA Y CONSUMO FACTURADOS EN EL AÑO DE ANALISIS						
MES	PERIODO FACTURADO	POTENCIA (kW)	CONSUMO (kWh)			TOTAL CONSUMO (kWh)
		DEMANDA FACTURADA (kW)	ACTIVA PUNTA (6 PM - 11 PM)	ACTIVA VALLE (11 PM - 5 AM)	ACTIVA RESTO (5 AM - 6 PM)	
nov-18	19 oct -16 nov	552.0	43,310	56,669	123,374	223,353
dic-18	17 nov-17 dic	552.0	53,117	68,597	143,443	265,157
ene-19	18 dic-17 ene	561.6	31,704	40,459	89,410	161,573
feb-19	18 ene-17 feb	580.8	41,870	53,078	124,507	219,456
mar-19	18 feb-18 mar	537.6	38,976	51,682	103,598	194,256
abr-19	19 mar-16 abr	504.0	35,976	46,843	108,226	191,045
may-19	17 abr-17 may	508.8	36,850	47,285	105,197	189,331
jun-19	18 may-17 jun	518.4	45,634	57,600	125,170	228,404
jul-19	18 jun-17 jul	528.0	48,614	61,598	121,133	231,346
ago-19	18 jul-16 ago	532.8	40,843	52,805	121,133	214,781
sep-19	17 ago-16 sep	566.4	45,466	57,547	133,032	236,045
oct-19	17 sep-16 oct	528.0	40,896	54,624	123,264	218,784
TOTALES kWh			503,257	648,787	1421,486	2573,530

Tabla 7: Cuadro de consumo eléctrico.

Fuente: Elaboración propia.

La facturación se realiza en medición primaria, media tensión, con división horaria, por lo que el cuadro muestra los diferentes horarios. Es de notar que los consumos en el horario punta, donde la energía es más cara, son menores que en los otros horarios.

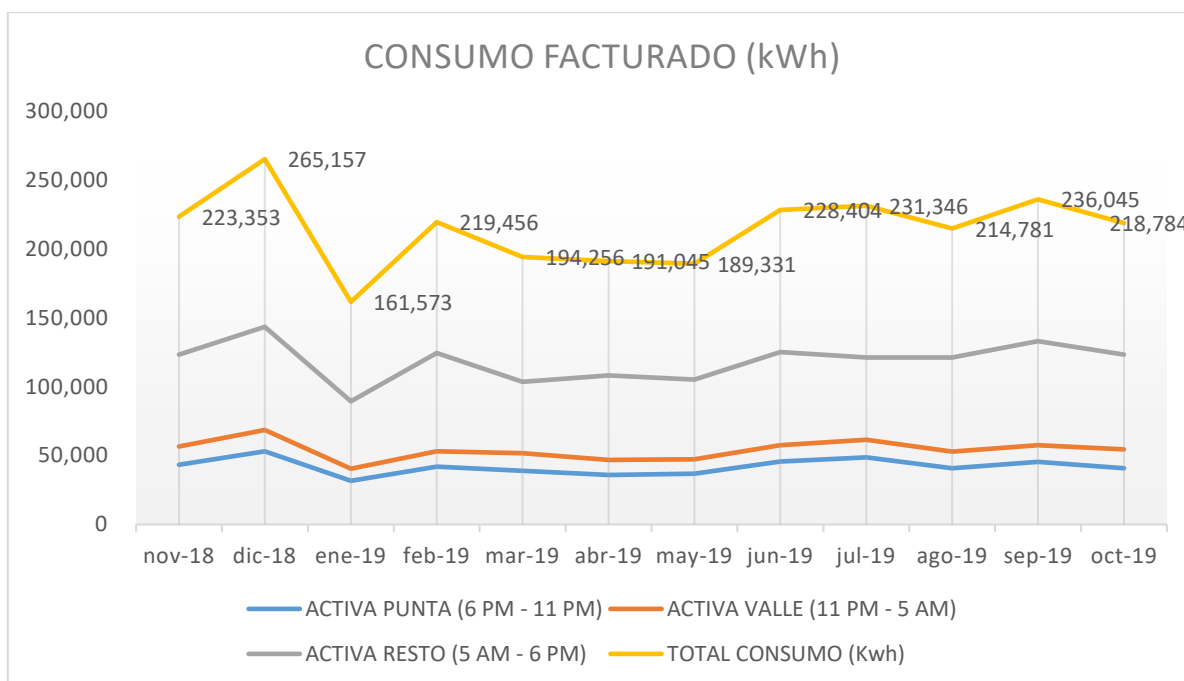
A continuación, se grafica la demanda y consumo facturados, para tener una mejor idea del comportamiento a lo largo del año.



Gráfica 2: Demanda de energía facturada.

Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento de la demanda de energía, que se ve en la gráfica, se mantiene bastante estable en el transcurso del año, la desviación estándar es de 23.7, nos dice que la demanda no varía significativamente.



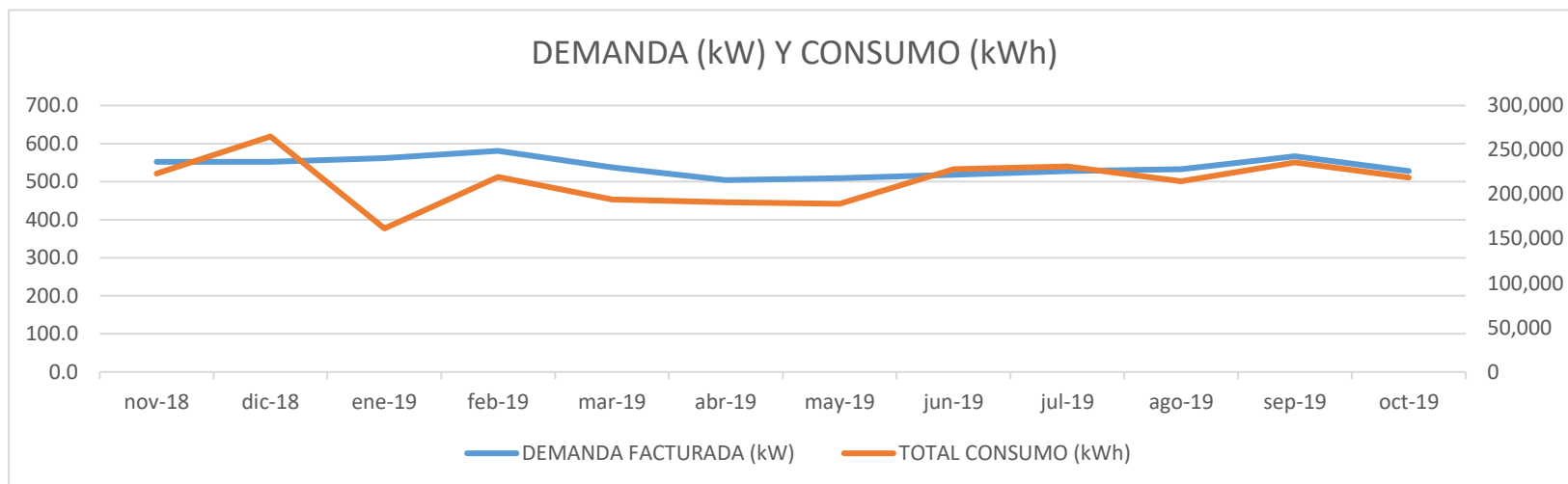
Gráfica 3: Consumo eléctrico facturado.

Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de consumo nos muestra el comportamiento mensual del consumo energético en medición horaria, lo cual nos da una idea del comportamiento en el horario punta, donde es más cara la energía, ver **Tabla 8: Tarifas eléctricas Del Sur**. De este gráfico se puede deducir que se tiene un buen comportamiento en el consumo, ya que, en las horas más caras, (punta), no hay exceso, lo que genera un ahorro en la facturación. Por lo que se ve estabilidad a lo largo del día; no así a lo largo del año, hay variaciones en los meses de enero y diciembre. Se deberá determinar las variables que afectan estos cambios bruscos dentro del proceso, pueden ser ventas, tipos de trabajos, cambio de temporadas, vacaciones anuales y otras más, para lo cual se hará el análisis de correlación de las variables de producción y demanda.

De la gráfica de demanda y consumo, mostrada a continuación (**Gráfica 4**), se ve claramente que no hay una relación directa entre las dos, ya que son dos variables diferentes, aunque las dos generen un cobro. Podemos observar que la demanda se mantiene en un rango con poca amplitud que ronda desde los 500 a los 580 kW y la curva del consumo es bastante estable a excepción de los meses de diciembre y enero.

La demanda está más relacionada a la manera de cómo se distribuye el trabajo en los equipos, mientras que el consumo muestra con cuánto tiempo se utilizaron los equipos. Si se hace una mala distribución del trabajo, se puede generar muchos picos de demanda, aunque el consumo se mantenga estable.



Gráfica 4: Consumo y demanda eléctrica.

Fuente: Elaboración propia.

PRECIOS	nov-18	dic-18	ene-19	feb-19	mar-19	abr-19	may-19	jun-19	jul-19	ago-19	sep-19	oct-19
DISTRIBUCIÓN	6.764374	6.764374	6.764374	6.764374	6.764374	6.821509	6.821509	6.821509	6.821509	6.821509	6.821509	6.821509
ACTIVA PUNTA	0.162992	0.162992	0.159871	0.159871	0.159871	0.152617	0.152617	0.152617	0.155182	0.155182	0.155182	0.148437
VALLE	0.158098	0.158098	0.159372	0.159372	0.159372	0.152087	0.152087	0.152087	0.153661	0.153661	0.153661	0.146431
RESTO	0.152999	0.152999	0.151999	0.151999	0.151999	0.141596	0.141596	0.141596	0.142757	0.142757	0.142757	0.135539
COMERCIALIZACIÓN	14.27953	14.27953	14.47726	14.47726	14.47726	14.47726	14.47726	14.47726	14.47726	14.47726	14.47726	14.47726

Tabla 8: Tarifas eléctricas Del Sur.

Fuente: Elaboración propia.

8.5 Gráfica de cantidad de estampados producidos por mes.

El dato de producción mensual, se consolida de los reportes diarios dentro de un mes. Para el presente estudio, se toma la producción mensual de acuerdo a los períodos de facturación de energía, ya que la empresa no cuenta con medidores internos que permitan obtener los consumos de energía en un mes calendario. Así nos aseguramos de obtener la producción real en el período facturado. No se prorratea al mes calendario por la variación de producción dentro de los meses, que nos dará un dato menos certero.

Tabla 9: Producción anual.

MES	PERIODO	CANTIDAD DE ESTAMPADOS POR MES
nov-18	19 oct -16 nov	821,223
dic-18	17 nov-17 dic	904,974
ene-19	18 dic-17 ene	652,289
feb-19	18 ene-17 feb	776,287
mar-19	18 feb-18 mar	822,013
abr-19	19 mar-16 abr	732,997
may-19	17 abr-17 may	769,896
jun-19	18 may-17 jun	888,140
jul-19	18 jun-17 jul	843,458
ago-19	18 jul-16 ago	700,544
sep-19	17 ago-16 sep	779,669
oct-19	17 sep-16 oct	631,330
	TOTAL	9322,819

Tabla 9: Producción anual.

Fuente: Elaboración propia.

8.6 Correlación entre cantidad de estampados y consumo energético.

El concepto de relación o correlación se refiere al grado de variación conjunta existente entre dos o más variables, la forma más directa e intuitiva de formarse una primera impresión sobre el tipo de relación que pueda existir entre dos variables es mediante un diagrama de dispersión.

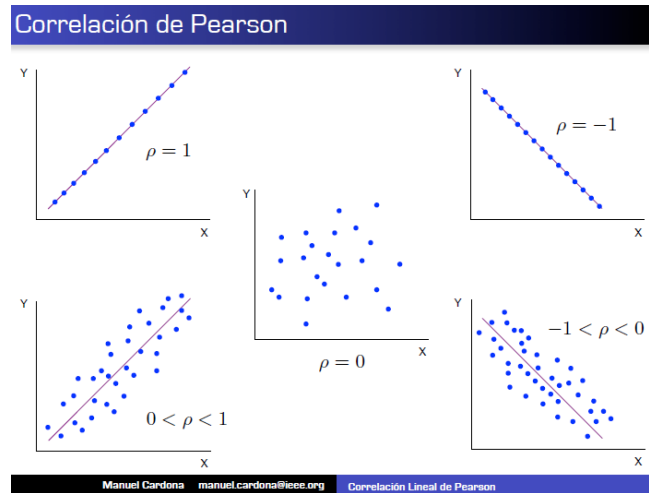


Figura 11: Diagrama de dispersión.

Fuente: Maestría en Gerencia de Mantenimiento industrial, Materia Metodología de la Investigación.

El diagrama de dispersión es aparentemente beneficioso para un análisis de dispersión lineal positiva o negativa, donde la relación se nota a simple vista como se puede observar en la imagen anterior, pero para datos que se muestran como una nube de puntos ya no es tan evidente sólo a simple vista, si no que se vuelve necesario utilizar algún índice numérico para poder ajustar los datos a una línea de tendencia. De ahí el nombre de coeficiente de correlación, que nos permite encontrar el grado de relación lineal entre dos rangos variables cuantitativas.

En la figura 12, se muestran los posibles escenarios de rangos de datos que se pudieran obtener, para entender de mejor manera las tendencias de las correlaciones se tiene la siguiente figura:

Sifnificado del Coeficiente de Correlación de Pearson

+0.70 ó superior	relación positiva muy fuerte
+0.40 a +0.69	relación positiva fuerte
+0.30 a +0.39	relación positiva moderada
+0.20 a +0.29	relación positiva débil
+0.01 a +0.19	ninguna relación ó insignificante
0	Ninguna relación [correlación de orden cero]
-0.01 a -0.19	ninguna relación ó insignificante
-0.20 a -0.29	relación negativa débil
-0.30 a -0.39	relación negativa moderada
-0.40 a -0.69	relación negativa fuerte
-0.70 ó superior	relación negativa muy fuerte

Figura 12: Correlación de Pearson.

Fuente: Maestría en Gerencia de Mantenimiento industrial, Materia Metodología de la Investigación.

Habiendo explicado el concepto de correlación lineal, se procede a analizar los datos de estampados, consumo de energía eléctrica en kWh y consumo de energía térmica en galones de GLP mensuales.

En la siguiente tabla se muestran los datos de estas tres variables. El objetivo es determinar si la cantidad de estampados tiene una correlación con el consumo energético, tanto en energía eléctrica y en energía térmica.

Tabla 10: Producción anual de estampados vrs energía eléctrica y térmica.

Mes	Período	Cantidad de Estampados por mes	Energía eléctrica (kWh) (x10)	Galones GLP de hornos (x1000)
nov-18	19 oct -16 nov	821,223	2,233,530	2,668,800
dic-18	17 nov-17 dic	904,974	2,651,568	3,250,000
ene-19	18 dic-17 ene	652,289	1,615,728	3,045,000
feb-19	18 ene-17 feb	776,287	2,194,560	3,627,000
mar-19	18 feb-18 mar	822,013	1,942,560	3,277,000
abr-19	19 mar-16 abr	732,997	1,910,448	3,415,000
may-19	17 abr-17 may	769,896	1,893,314	4,070,000
jun-19	18 may-17 jun	888,140	2,284,038	4,578,000
jul-19	18 jun-17 jul	843,458	2,313,456	4,725,000
ago-19	18 jul-16 ago	700,544	2,147,808	4,085,000
sep-19	17 ago-16 sep	779,669	2,360,448	4,195,000
oct-19	17 sep-16 oct	631,330	2,187,840	4,157,000
	TOTAL	9322,819	25,735,298	46,872,000

Tabla 10: Producción anual de estampados vrs energía eléctrica y térmica.

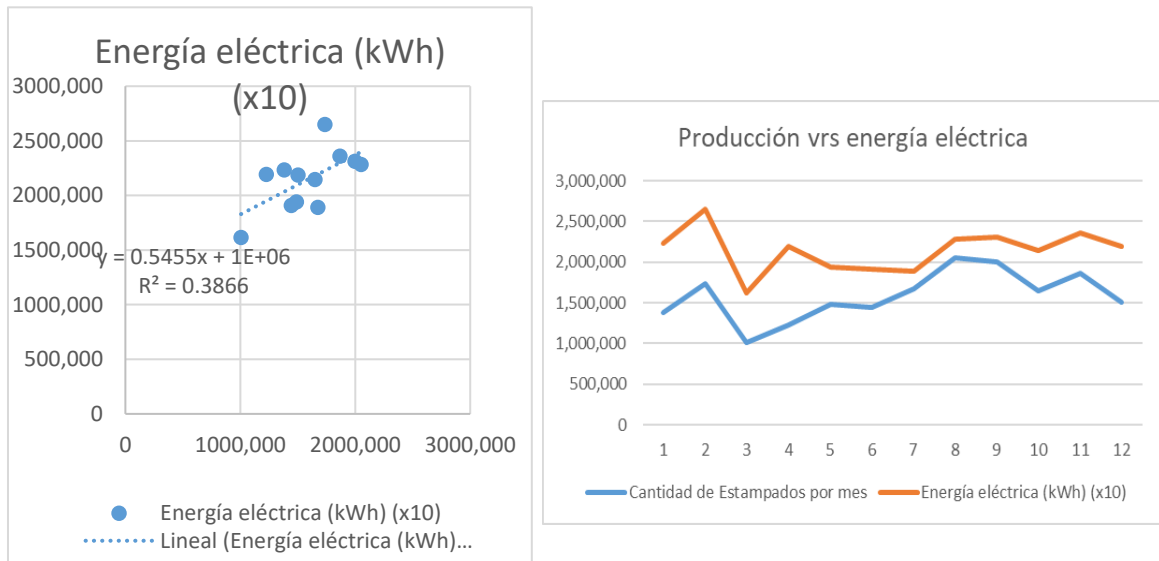
Fuente: Elaboración propia.

Para determinar si una variable influye directamente en la otra, se buscará la correlación entre cada una de las variables respecto a la cantidad de piezas estampadas, para esto haremos uso de la correlación del programa Excel.

Para mantener una escala de datos similares y hacer la comparación, se multiplica el dato de kWh por 10 y los galones de GLP por 1000, esto ayudará tener una mejor representación gráfica de las variables y así observar de mejor manera la relación que estas tienen.

Utilizando la fórmula de coeficiente de correlación de Excel, arroja la correlación que existe entre los dos rangos de datos, cantidad de estampados con consumo energético.

8.6.1 Correlación de cantidad de estampados vrs energía eléctrica suministrada.



Gráfica 5: Producción vrs energía eléctrica.

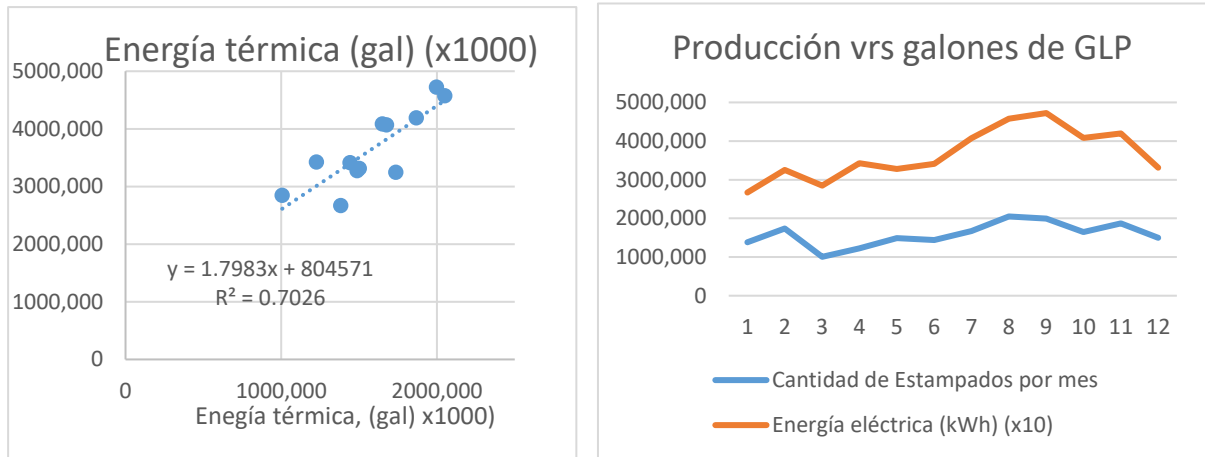
Fuente: Elaboración propia.

Se encontró que el coeficiente de correlación entre las piezas producidas y el consumo de energía es de 0.6217467, lo cual se considera que hay una correlación positiva fuerte, tomada de la tabla de correlación lineal de Pearson (Figura 13).

Como el coeficiente de correlación lineal nos indica el comportamiento lineal entre las tendencias, podemos decir que se comportan en un 62% similares.

Y el coeficiente de determinación, R^2 , nos indica que el 38.7 % del comportamiento del consumo de energía eléctrica depende de la producción.

8.6.2 Correlación lineal de cantidad de estampados vrs Galones de GLP consumidos



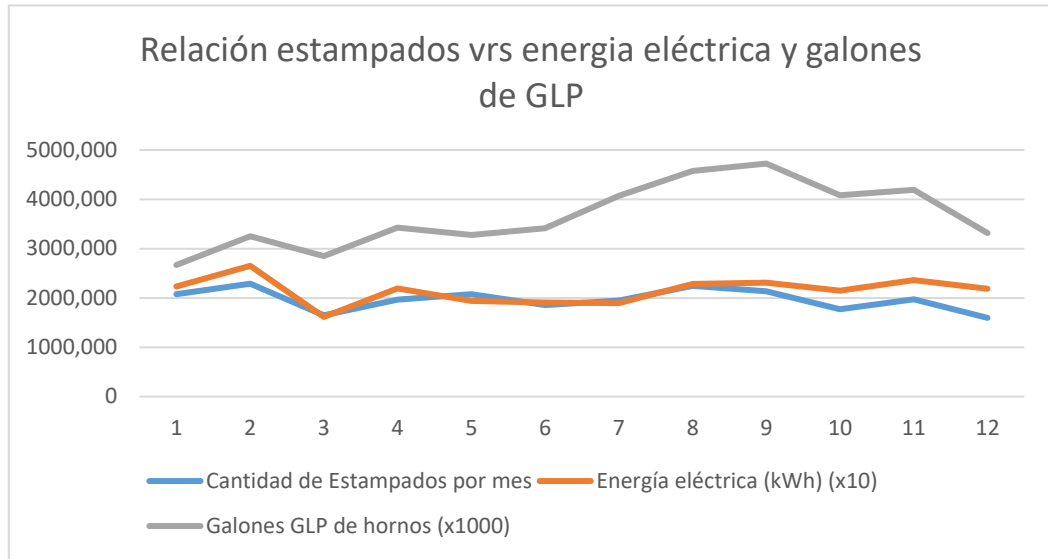
Gráfica 6: Producción vrs galones GLP.

Fuente: Elaboración propia.

Se encontró que el coeficiente de relación entre las piezas producidas y el consumo de gas LP es de 0.83823571, lo cual se considera que hay una correlación positiva muy fuerte, tomada de la tabla de correlación lineal de Pearson (Figura 13).

Lo que demuestra que el consumo de gas está correlacionado con la producción de estampados, y aunque los hornos permanezcan encendidos las 24 horas del día, estos se regulan automáticamente dependiendo de la carga de trabajo que se les demande.

Se gráfica la variable del consumo de energía y los galones de combustible consumido vrs la cantidad de piezas producidas, para evidenciar que las tres curvas generan la misma tendencia en cada uno de los meses en estudio, e incluso se puede evidenciar que durante los meses 6 y 7 se obtuvo una de las mejores relaciones en cuanto a las piezas producidas y el consumo de energía.



Gráfica 7: Estampados vrs energía eléctrica y galones de GLP.
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la gráfica se determina que la producción es una variable dependiente para el consumo eléctrico y el consumo de gas GLP, ya que sus tendencias se comportan de manera similar, lo cual se determinó en el análisis de correlación lineal.

8.7 Medición de consumo energético en equipos involucrados en el proceso productivo.

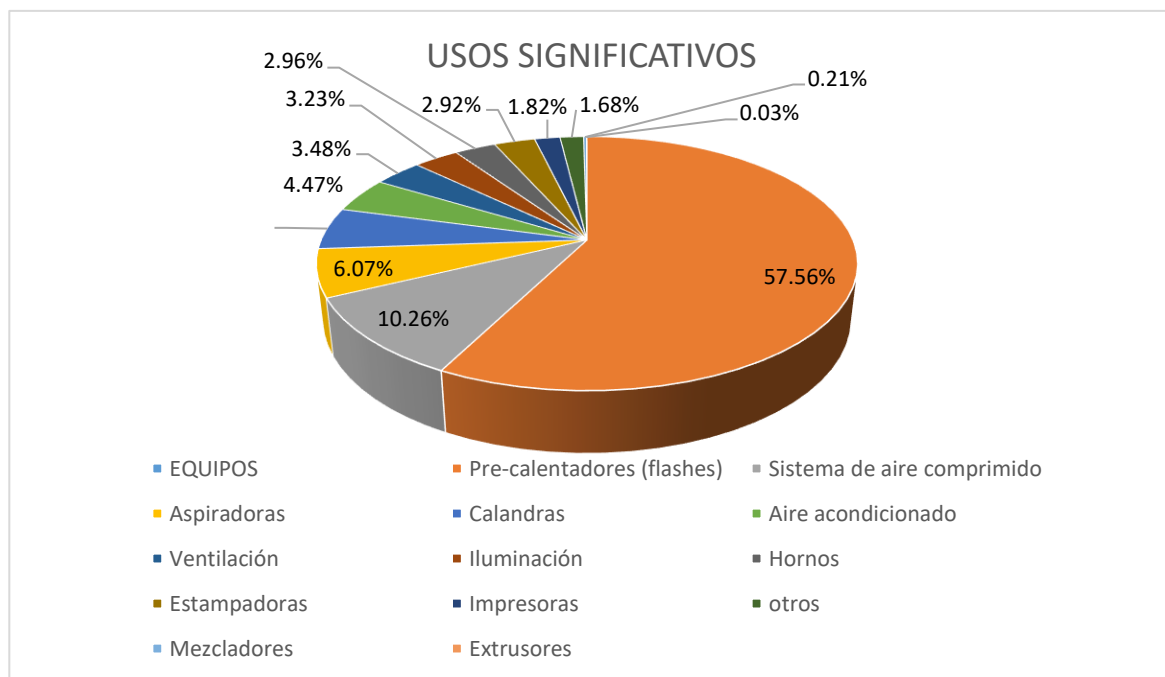
En la etapa de medición, se siguió la lista de equipos y maquinaria seleccionados, uno de cada tipo para realizar la medición de consumo energético. Se realizaron cada una de las mediciones según los periodos establecidos, y en base al cronograma presentado en el numeral 8.1.

Los analizadores de redes nos brindan todas las variables necesarias, las mediciones son puntuales por lo cual habrá que hacer una sumatoria para cada una de las mediciones y así poder determinar el consumo real por cada hora y día que duró la medición. Con los datos obtenidos de la medición, se realiza la extrapolación para el consumo de un año, y se determina la participación porcentual de cada grupo de equipos. Con los datos tabulados se pueden ver los usos significativos de energía, determinando que los pre-calentadores (flashes) son los equipos de mayor consumo energético, superando el 50% de toda la

facturación y el segundo de mayor relevancia es el sistema de aire comprimido, que representa el 10%, lo que nos permite priorizar las áreas de mejora donde se debe poner más atención. Ver tabla 11

EQUIPOS	CONSUMOS (kWh/año)	%
Pre-calentadores (flashes)	1,504,056.01	57.56%
Sistema de aire comprimido	267,993.98	10.26%
Aspiradoras	158,515.62	6.07%
Calandras	139,185.42	5.33%
Aire acondicionado	116,880.06	4.47%
Ventilación	90,857.93	3.48%
Iluminación	84,394.72	3.23%
Hornos	77,248.30	2.96%
Estampadoras	76,420.64	2.92%
Impresoras	47,432.88	1.82%
Otros	43,834.78	1.68%
Mezcladores	5,416.80	0.21%
Extrusores	878.40	0.03%
	2,613,115.55	100.0%

Tabla 11: Dato de consumo por tipo de máquinas y equipos.
Fuente: Elaboración propia.



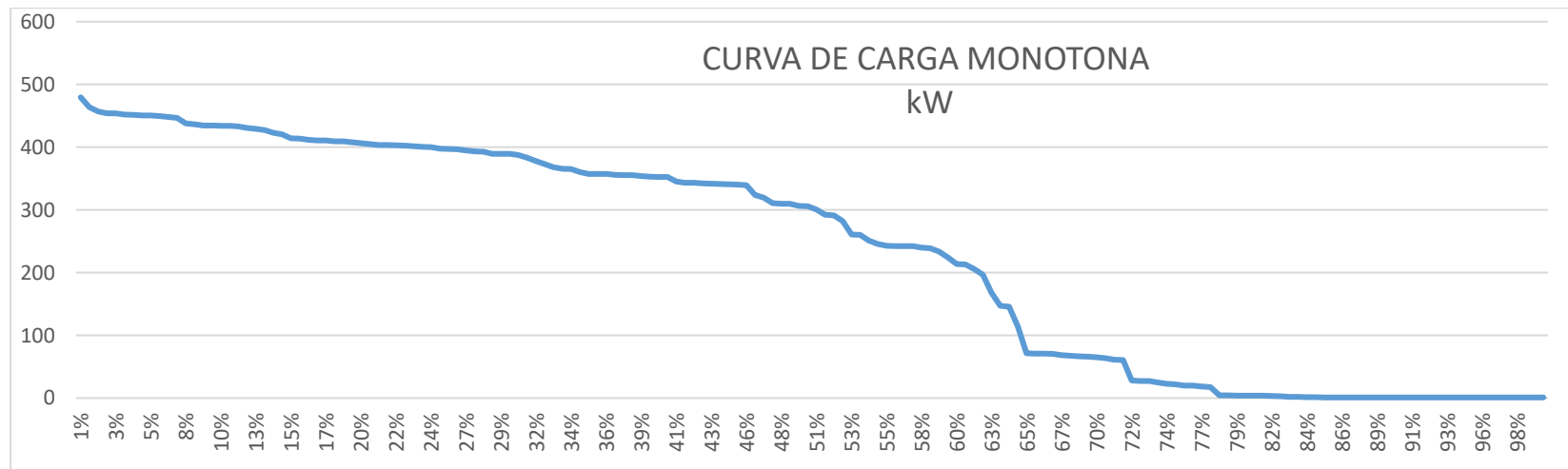
Gráfica 8: Uso significativo de los equipos de producción.
Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico general de consumo de la planta, se observa un comportamiento irregular, con bastantes picos de consumo y valles constantes. Estas irregularidades o fluctuaciones se abordarán en la fase de análisis de la información que se detalla en el literal 9.1 , para identificar qué variables del proceso son las que propician estas variaciones.

8.7.2. Curva monótona.

De la gráfica de consumo eléctrico medido de las subestaciones se genera la curva monótona de la planta, la cual muestra un ordenamiento decreciente de los datos obtenidos, para identificar el régimen de consumo de la planta.

La demanda de la Planta se mantiene arriba de 250 kW más del 50% del tiempo trabajado, y solo el 20% del tiempo, la demanda se vuelve casi nula, que corresponden a los fines de semana que es cuando la planta está cerrada.



Gráfica 10: Curva carga monótona.

Fuente: Elaboración propia.

8.8 Indicadores de costos y consumos

Tabla12: Dato de consumo por tipo de máquinas y equipos.

Consumo anual de energía	2573,529.80	kWh/año	Intensidad del uso de la energía	779.72	kWh/m ² /año
Costo anual de energía	411,554.30	\$/año	Intensidad de costo de energía	124.69	\$/m ² /año
Área de piso	3,300.57	m ²	Consumo por estampado	0.276	kWh/estampados/año
Precio unitario medio	0.1524	\$/kWh	Costo de energía por estampado	0.044	\$/estampados/año

Tabla 12: Dato de consumo por tipo de máquinas y equipos.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior podemos observar algunos indicadores con los que la empresa cuenta, que permiten evaluar la diferencia de éstos entre periodos de tiempo, tales como consumo anual de energía que dependerá como lo vimos anteriormente de la cantidad de estampados producidos; mientras que hay otros indicadores que nos permiten ver valores o costos de energía por estampado, para identificar qué tipo de estampado tiene más costo que otro.

IX. FASE 3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Con toda la información obtenida, ya se tiene la capacidad de entender el comportamiento de la Planta productiva, desde el comportamiento humano, el manejo que se le da a la maquinaria y los consumos de energía que cada máquina o equipo genera de acuerdo a sus características.

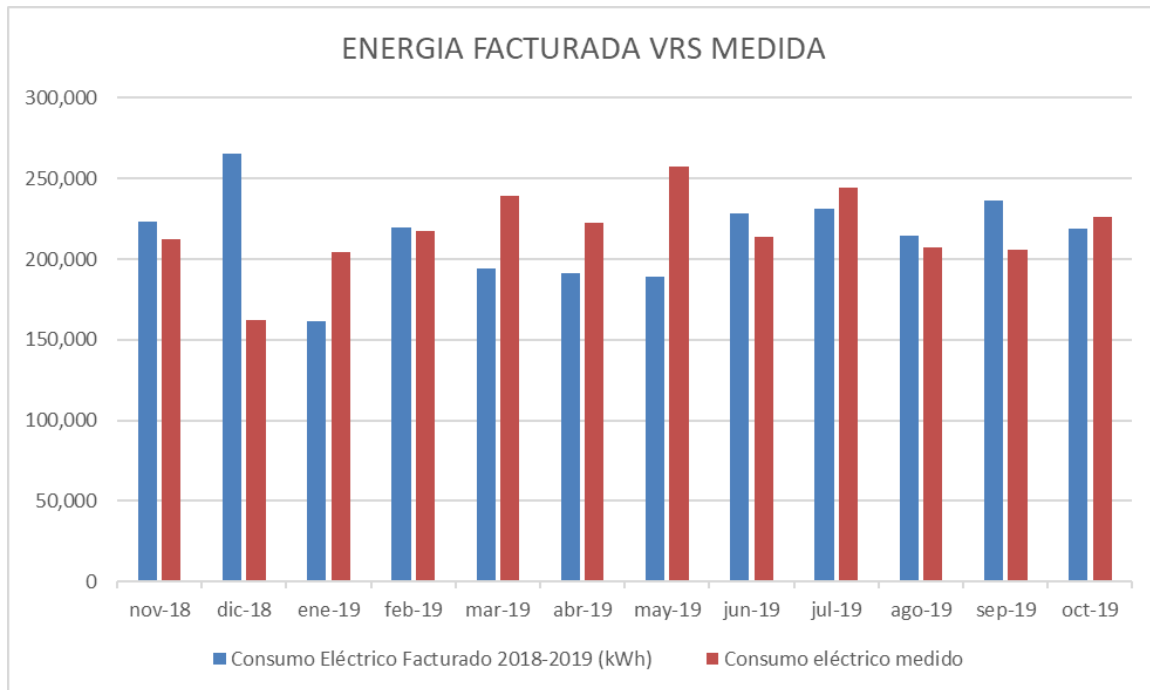
En el balance energético, la facturación comparada vrs. los datos medidos, arroja una diferencia de 1.5 %, el pequeño margen en la diferencia entre ambos se debe a que se tiene toda la información de equipos, maquinaria, horarios de trabajo y tiempos muertos en producción, lo cual permite hacer un cálculo bastante aproximado al real. Típicamente se considera una diferencia entre el consumo calculado anual y el consumo medido anual menor a 5% como aceptable.

Tabla13: Cálculo de consumo eléctrico por mediciones realizadas vrs consumo facturado

DATOS DE TRABAJO INVESTIGACIÓN. EMPRESA DE SERIGRAFIA							
Año	Período	Mes	Consumo Eléctrico Facturado 2018-2019 (kWh)	Costo de Energía Eléctrica Total (\$)	Cantidad de Estampados por mes	Precio kWh	Consumo eléctrico medido
2018	19 oct -16 nov	nov-18	223,353	36,722	821223.320	0.1580	212166.17
2018	17 nov-17 dic	dic-18	265,157	42,926	904973.715	0.1580	162335.91
2019	18 dic-17 ene	ene-19	161,573	27,609	652289.379	0.1580	204397.35
2019	18 ene-17 feb	feb-19	219,456	36,120	776287.206	0.1571	217258.15
2019	18 feb-18 mar	mar-19	194,256	32,165	822013.043	0.1571	239492.05
2019	19 mar-16 abr	abr-19	191,045	32,949	732996.598	0.1571	222196.95
2019	17 abr-17 may	may-19	189,331	31,406	769895.850	0.1488	257373.83
2019	18 may-17 jun	jun-19	228,404	36,880	888139.700	0.1488	213638.19
2019	18 jun-17 jul	jul-19	231,346	37,527	843457.684	0.1488	244684.05
2019	18 jul-16 ago	ago-19	214,781	35,103	700543.980	0.1505	207553.17
2019	17 ago-16 sep	sep-19	236,045	38,457	779668.763	0.1505	206006.54
2019	17 sep-16 oct	oct-19	218,784	35,584	631329.875	0.1505	226013.17
		Total	2573,530	423,448	9322,819		2613,115.55
				\$39,033.45	9.2%	Comparación	1.01538189
						Error:	1.50%

Tabla 13: Consumo eléctrico por toma de mediciones realizadas en maquinaria vrs consumo facturado por distribuidora eléctrica

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 11: Energía facturada vrs energía medida

Fuente: Elaboración propia.

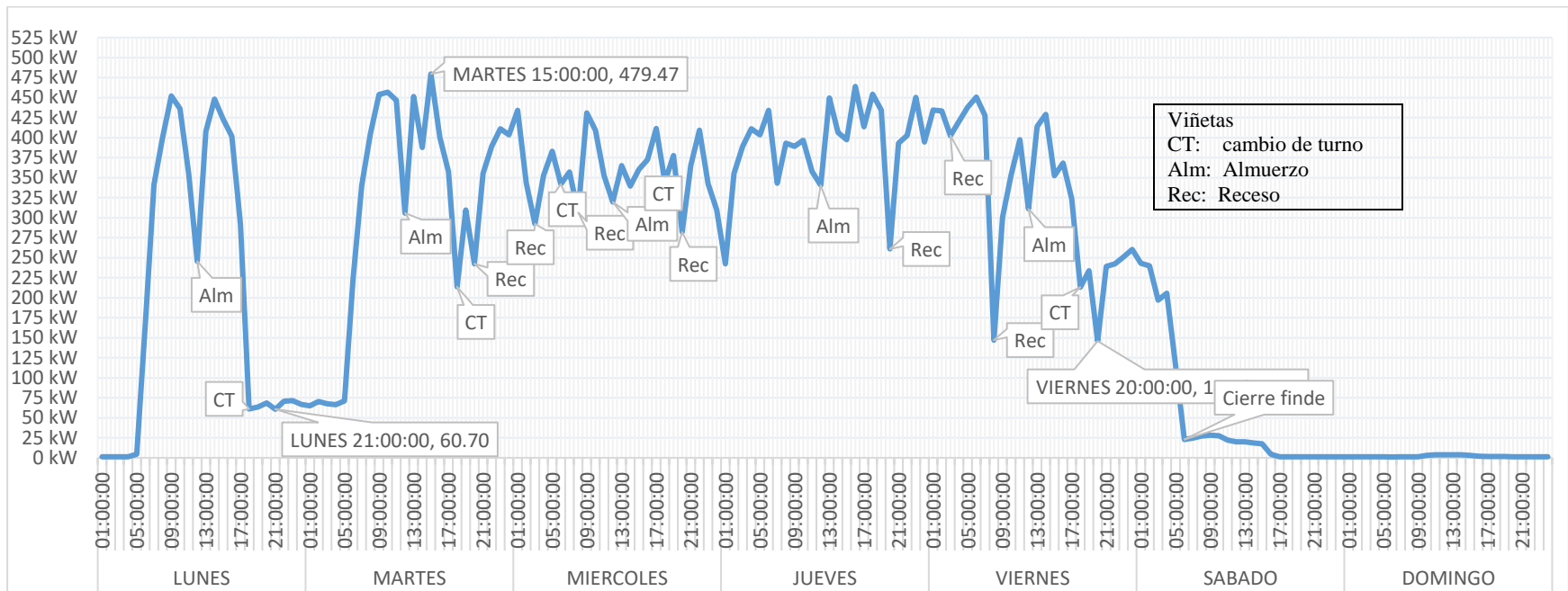
Para facilitar el análisis se grafican los datos de demanda energética de la planta y se identifican todos los picos y valles que se generan, por efecto del uso de los equipos, para encontrar que es lo que genera que se produzcan estos picos y valles de la gráfica.

Las conclusiones que se extraen de esta gráfica se basan mucho en la observación del comportamiento del personal de la Planta, de los horarios de trabajo establecidos y de los consumos reales de los equipos. Las condiciones plasmadas en la Tabla 4, explican toda la información necesaria del comportamiento de la planta y del proceso, que dan el marco de referencia para este análisis.

Se toman en cuenta todos los paros programados, así como también los intrínsecos en el proceso productivo, tales como los tiempos de seteo de diseños, que depende bastante de la habilidad del operador de la máquina, así como de los procesos previos, como son la preparación de marcos y formulación de tintas. Estos dos últimos pueden generar tiempos improductivos que impactan grandemente con los tiempos de seteos, período dentro del cual la máquina permanece encendida por lo que está consumiendo energía,

A continuación, se muestra la gráfica 12, en donde se identifica y analiza cada uno de los picos y valles más representativos que nos arrojan claramente donde existen áreas con oportunidades de mejora.

9.1 Identificación en la Gráfica de consumo de energía de variables que producen valles y picos de consumo.



Gráfica 12: Medición de consumo de energía eléctrica en 1 semana de labores.

Fuente: Elaboración propia.

Todos los datos con que se cuenta para el análisis han sido recabados in situ, las mediciones de consumos, los datos de facturación de energía, la información de paros productivos, la producción de estampados, las áreas de utilización y otros, han sido facilitados por la empresa en estudio.

Tomando como base que todos los datos son reales, se procede a hacer el análisis:

La empresa trabaja en dos horarios, a uno se le denomina “turnos cortos” y al otro “turnos largos”, el primero se trabaja dos días de 14 horas y los 3 días restantes a 24 horas, en el segundo se trabajan las 24 horas al día, 5 días a la semana, en el fin de semana se realizan tareas de mantenimiento y rara vez trabaja producción. Hay excepciones como la ocurrida en la semana de medición, donde se trabajó el día lunes en turno de 12 horas y el resto de la semana a 24 horas.

La medición general de consumos en toda la Planta que nos arroja la gráfica 12, en donde se puede notar que el consumo es irregular, muestra que hay muchos picos y valles diariamente.

Al conocer los horarios y costumbres del personal se determina el porqué de este comportamiento; en la gráfica se indica los momentos donde hay recesos, almuerzos y cambios de turno.

Al observar el primer día, que se trabajaron 12 horas del día (6:00 a.m. a 6:00 p.m.) nada más, se ve el comportamiento de entrada, almuerzo y salida, bien marcado. En la noche de lunes trabajó solamente el área de Sublimación.

Los 4 días siguientes se trabajó 24 horas, en donde se ve el comportamiento irregular, en donde predominan los valles y picos, que se generan exactamente en las horas de recesos y almuerzos. En los recesos de la mañana, todo el personal sale a descansar y el día viernes donde es más pronunciado, es porque se dan charlas o capacitaciones, en estos momentos la planta de producción para por completo.

En la hora de almuerzo, los valles no son tan pronunciados como los recesos porque no siempre salen todos a almorzar al mismo tiempo, aunque no hay ninguna regla que determine eso.

Dependiendo de las necesidades de producción, por ejemplo, cuando un trabajo urge, se realiza una práctica que le llaman “relevar”, esto es cuando dejan la máquina trabajando en los recesos y almuerzos y parte del personal se queda atendiéndola, y es en estas ocasiones que los valles y picos disminuyen. Esto lo podemos observar en los días martes y miércoles, donde la gráfica se vuelve más cerrada y uniforme en términos de consumo.

Teniendo en cuenta el comportamiento de horarios, se conocen las razones de los valles en la gráfica, y se pudiera deducir los picos que se generarán al retorno de las labores, en esta empresa se tiene un comportamiento más marcado en la entrada de recesos y almuerzos.

En serigrafía, para poder trabajar a altas velocidades y evitar que los colores se mezclen, se realizan los pre-secados de tinta, de un marco a otro, y se requiere que las tablas tengan una temperatura entre 70° C y 80° C, para lograr mejores acabados en la superficie de los estampados. Para lograr estas condiciones, se requiere precalentar toda la máquina, lo que implica que todas las tablas antes de iniciar a producir deben alcanzar una temperatura entre 70 °C y 80 °C. Esto requiere poner a trabajar todos los flashes por un lapso entre 8 a 10 minutos y medir con la cámara termográfica cuando se haya alcanzado esta temperatura para obtener el arranque por parte del departamento de calidad.

Esta acción requiere de mucha energía, tanto para calentar las tablas como para calentar los flashes en sí; esta actividad se realiza 4 veces diarias, al regresar de los dos recesos y al regresar del almuerzo y cena.

El parar a estas horas, provoca que las tablas y los flashes se enfríen casi a temperatura ambiente, lo que implica hacer un arranque completo al momento de reiniciar la producción. Por esta razón es que los picos después de entrar de los recesos se vuelven tan pronunciados y caros para la empresa.

En las observaciones hechas, se encontraron situaciones netamente de malas costumbres del personal, como dejar la máquina en calentamiento por lapsos de tiempos más largos, de hasta 20 minutos y sin nadie monitoreando la temperatura alcanzada por las tablas, por lo que se vuelve un gasto para la empresa. En este tiempo que se deja sola la máquina el personal se va al baño a cepillarse los dientes y otras actividades de aseo personal, ya en horario de trabajo.

Centrarse en los tipos de maquinaria y equipos, no entra al análisis en este estudio, porque la empresa cuenta con los equipos más modernos, con tecnología de punta, por lo que no se tienen muchas más opciones a escoger.

X. FASE 4. IDENTIFICACIÓN Y PROPUESTA DE MEDIDAS DE MEJORA.

10.1. Propuestas y recomendaciones de medidas de ahorro en el proceso de producción.

1. Implementar los relevos dentro de la planificación del trabajo.
2. Establecer y asegurarse que se realice la medición de temperatura de tablas, para arrancar el trabajo cuando estas lleguen a la medición deseada.
3. Verificar que no se deje sola la maquinaria en la etapa de calentamiento.
4. Capacitar al personal en el uso correcto de los flashes, colocando la correcta programación de potencia y tiempo a los flashes, y las áreas en la prenda que requieren presecado, para el trabajo específico. Implementando un procedimiento de verificación de seteos.
5. Realizar el arranque los compresores escalonados, encendiendo primero uno y esperar que llegue a la presión de seteo, ya que se está iniciando la jornada, la demanda es mínima. Luego encender el segundo compresor, el cual sólo entrará a trabajar si la demanda de aire lo requiere.
6. Minimizar el uso de mangueras directas de aire comprimido para enfriamiento de prendas, aprovechar los ventiladores que se tienen para ese uso. Los compresores

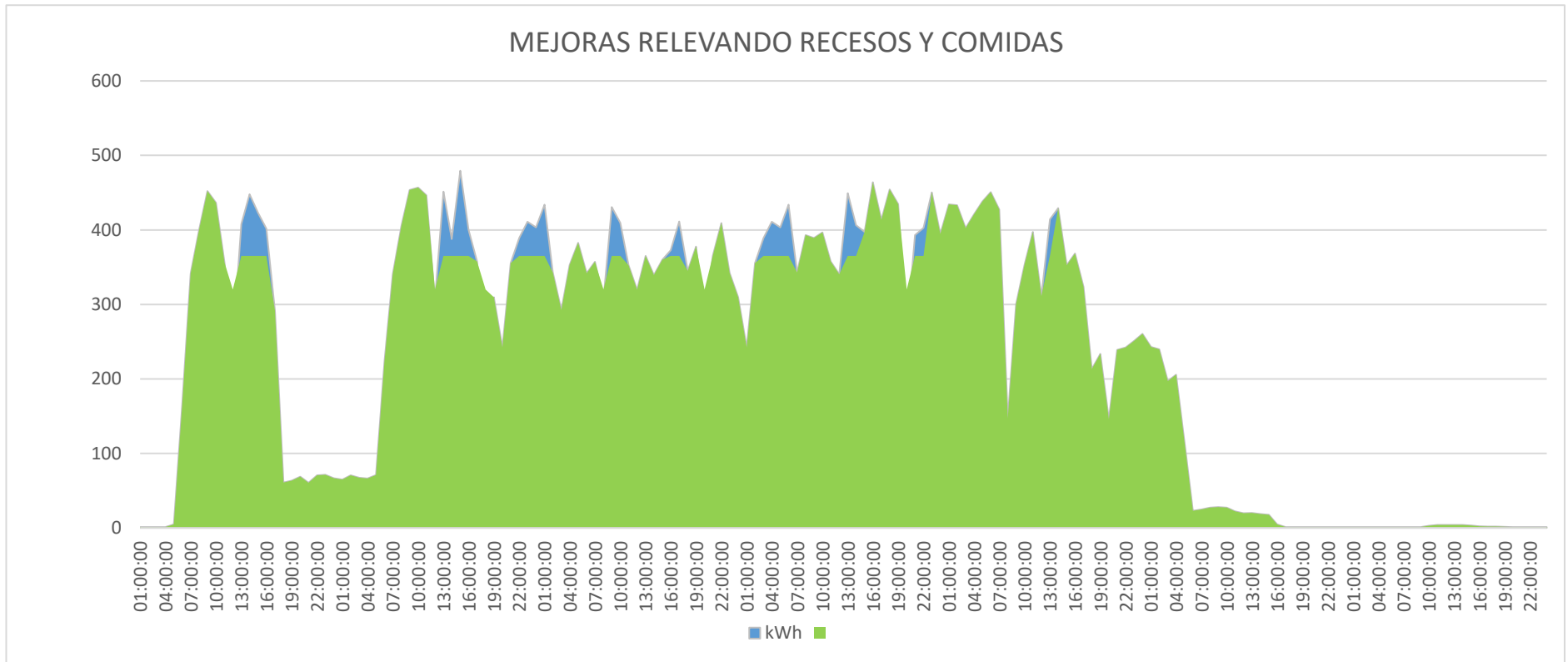
representan un 10% del consumo energético de la planta. Se pueden sustituir por sopladores industriales.

7. Ejecutar el mantenimiento correcto a los flashes, limpieza, reapriete de conexiones, para ayudar a ser más efectiva la transferencia de calor que deben recibir las tablas y las prendas en producción, mejorando el tiempo de calentamiento.
8. Los aires acondicionados deben conservarse con un buen mantenimiento, limpieza de filtros continuo, para mejorar la transferencia de calor y mantener los equipos seteados a una temperatura entre 23 °C y 25 °C, que son las recomendaciones de los fabricantes de equipos, principalmente los impresores sublimación y de marcos. Lo que ayuda a mantener una humedad relativa adecuada. Aquí logramos un ahorro de 10% de energía por cada grado subido.
9. Las aspiradoras representan unos de los equipos de mayor impacto en el consumo, 6%, lo cual nos indica que debemos darle la atención de mantenimiento adecuado al motor y saber distribuir los arranques escalonados, y mantenerlas apagadas cuando no se requiera su uso.
10. Realizar arranque escalonado en las calandras, para bajar los picos a la hora del arranque al inicio de la semana, ésta área no requiere siempre arrancar todos los equipos al mismo tiempo.
11. Apagar las calandras cuando éstas no serán utilizadas, de acuerdo a la planificación de la producción.
12. Cambiar las luces convencionales, que aún existen en el edificio, por tecnología Led, que significaría un ahorro directo.
13. Incluir en el plan de mantenimiento preventivo de tableros eléctricos con el que ya cuenta la empresa, el monitoreo de puntos calientes, mediante el uso de la cámara termográfica, para determinar si es necesario un apriete en terminales o sustitución de componentes con desgaste

La siguiente gráfica muestra los ahorros posibles que se tendrían si se establece los “relevos” en recesos y comidas, para que no se dé el enfriamiento de flashes y tablas, y mejorando así, también la producción.

Se ha estimado los datos de picos en 365 kW y los valles en 320 kW, que son los datos mínimos y máximos cuando se relevó.

El ahorro con estas medidas es de 932.62 kWh semanales, 48,496.24 kWh anuales en 52 semanas de trabajo. Lo que representa un ahorro de \$7,390.83 anual solo en esta medida, a un precio promedio de kWh de \$0.1524.



Gráfica 13: Ahorro de energía estimado aplicando medidas de mejora.
Fuente: Elaboración propia.

Los ahorros estimados en el calentamiento correcto de las tablas y máquinas, se basa en que 10 minutos máximos son los necesarios para lograr el punto óptimo.

Por las observaciones hechas en el piso de producción, se encontraron ocasiones que calentaban hasta por 20 minutos, teniendo un excedente de 10 minutos de consumir energía sin producir nada. Para nuestro análisis quitaremos 10 minutos de calentamiento en exceso, y con los datos medidos se determina el ahorro potencial al mejorar esta práctica.

Con 4 paros al día de 24 horas, se pueden ahorrar 40 minutos en calentamiento al día, lo que nos da 14.67 horas ahorradas en un mes. De acuerdo a las medidas realizadas, cada flash consume 7.65 kWh en promedio, lo cual genera un ahorro potencial de 67,073.16 kWh al año, lo que equivale a \$10,221.94 adicionales a la primera medida propuesta.

Teniendo un total de ahorro potencial al año con estas medidas de 115,649.4 kWh y \$17,624.97

La siguiente medida a tomar es hacer el cambio de las luminarias que aún están con tecnología fluorescentes por lámparas led, existen 717 luminarias de las cuales 137 son fluorescentes y vapor de mercurio. Hay que especificar que todo el piso de producción tiene instaladas luces led, pero en algunas oficinas, parqueos, luces perimetrales y servicios sanitarios, todavía tienen luces fluorescentes, que, aunque no trabajan 24 horas, si generan un consumo significativo. Con esta medida se puede lograr un ahorro directo de 13,392 kWh que representan un ahorro de \$2,040.94 anuales.

El uso de mangueras directas de aire comprimido para enfriamiento rápido de piezas, es un punto de discusión con producción, ya que ellos requieren bajar la temperatura de la prenda rápidamente y así ganar tiempo, sin embargo, no se evalúa el costo en energía que esa acción genera. Se sabe que producir aire comprimido es caro, por lo que usarla para salida continua es un desperdicio enorme para un compresor.

El compresor de 50 hp, tiene la capacidad de generar 236 cfm, de los cuales 60 cfm se utilizan con mangueras de enfriamiento, que al analizarlas son fugas y una carga extra al compresor. En lo observado siempre hay entre 1 y 3 mangueras haciendo esta función, y por razones de

análisis se toma como promedio que hay 2 mangueras en toda la planta permanentemente. La recomendación hecha es de hacer el cambio de las mangueras directas por sopladores industriales, cuyo consumo podría ser mucho menor, alrededor del 7.4% respecto a lo gastado en aire comprimido. Con esta medida se lograría un ahorro de 53,913 kWh y \$8,216.34 anuales.

En aire acondicionado, la medida propuesta es subir 2 grados Celsius a su programación, basado en que los aires en producción son más que todo para los equipos, los cuales requieren temperatura entre 22 °C a 26 °C, se puede programar en 24 °C sin provocar daños y aún es una temperatura agradable para los operadores. Tomando el dato del Consejo Nacional de Energía, que por cada grado Celsius subido, se logra un ahorro del 10% del consumo, se considera un ahorro del 20% de ahorro por equipo, con lo cual se consigue un ahorro de 73,250.7 kWh y \$11,163.41 al año.

Tomando estas medidas de reducción de consumo de aire comprimido, sustituyendo mangueras permanentes por ventiladores industriales y la programación de aires acondicionados a 24 °C, se estima un ahorro de 256,125 kWh al año, y de acuerdo a los precios promedios del año 2019, el ahorro sería de \$39,033.5 y con el precio promedio actual del kWh de \$0.1248, el ahorro potencial podría llegar a ahorrarse \$31,964.4 en el año.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de ahorros:

Tabla 14: Cuadro resumen del ahorro potencial anual al aplicar mejoras, inversión inicial y retorno de inversión

RESUMEN PROPUESTAS DE AHORRO	kWh	\$ /kWh, 2019	\$ /kWh, 2020
		\$0.1524	\$0.1248
REDUCCION HACIENDO RELEVOS	48,496.24	7,390.83	6,052.33
REDUCCION DE TIEMPOS DE CALENTAMIENTO	67,073.16	10,221.95	8,370.730
CAMBIO DE LUCES	13,392.18	2,040.97	1,671.34
USO DE MANGUERAS DIRECTAS	53,912.68	8,216.29	6,728.30
SUBIR 2° C A LOS AIRES ACONDICIONADOS	73,250.72	11,163.41	9,141.69
TOTAL	256,124.98	\$39,033.45	\$31,964.40

Tabla 14: Cuadro resumen del ahorro potencial anual al aplicar mejoras.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de retorno de inversión de las propuestas de mejora se muestra en la Tabla 15.

RESUMEN PROPUESTAS DE AHORRO	\$ /kWh, 2020	INVERSION	RETORNO SIMPLE (AÑOS)
	0.1248		
REDUCCION HACIENDO RELEVOS	6,052.33	0	0.00
REDUCCION DE TIEMPOS DE CALENTAMIENTO	8,370.73	0	0.00
CAMBIO DE LUCES	1,674.02	\$1,910.65	1.14
USO DE MANGUERAS DIRECTAS	6,728.30	\$700	0.10
SUBIR 2° C A LOS AIRES ACONDICIONADOS	9,141.69	0	0.00
TOTAL	31,967.08	\$2,610.65	

Tabla 15: Cuadro inversión inicial y retorno de inversión simple

Fuente: Elaboración propia.

En la reducción haciendo relevos no se incluye ningún costo de inversión, porque sólo implica una toma de decisión de parte de la empresa.

En la reducción de tiempos de calentamiento de tablas, tampoco se incluye ningún costo de inversión, aunque este si lleva capacitación, pero éstas pueden ser incluidas en el plan de capacitación interno existente, donde se abordan este tipo de temas de mejora.

El cambio de luces incluye cambiar todas las luminarias que aún no es tecnología led, como las luces de los parqueos, las luces perimetrales, oficinas y cafetería. Todo el piso de producción ya tiene instalado luminaria led. El costo de adquisición de luces, de manera local es de \$1910,65.

En el uso de mangueras de directas, se sugiere el cambio por sopladores industriales, cuyo costo es de \$279.00 más costo de importación de México, estimado en \$71.00 por equipo. Se requiere sustituir 2 mangueras directas permanentes en el piso de producción.

En los aires acondicionados no requiere inversión inicial, solamente se dará la instrucción de programar los equipos 2 °C arriba del seteo actual que es de 22 ° C. Esta acción puede ser ejecutada sin impactar negativamente a las áreas y equipos acondicionados, ya que los impresores digitales y otros equipos pueden trabajar a 26° C.

XI. CONCLUSIONES

El consumo energético en una empresa, específicamente en la industria de la serigrafía, es uno de los costos a tomar en cuenta, ya que representa un impacto en el producto final. Dependiendo del rubro en el que se esté, así es la carga financiera que se debe absorber en el costo final del producto o servicio.

Las empresas deben siempre buscar minimizar ese costo para mejorar sus ganancias, lo cual no siempre está a simple vista, si no que se debe examinar detenidamente, para no cometer errores como el de tomar medidas iniciales, de cambiar equipos, luminarias, aires acondicionados, sin mayor análisis, y solo por tener una viñeta de mayor eficiencia. Apoyado por una política energética y de cambio de equipos.

Primero se tiene que realizar un estudio energético, utilizando herramientas que ya existen, las cuales sirven de guía para realizar una auditoría energética correcta.

La ISO 50002 nos aporta una guía para realizar un diagnóstico de manera sistemático y poder llegar a un resultado adecuado, generando las recomendaciones o propuestas de ahorro, si las hubieran.

A lo largo de esta investigación, se han encontrado factores que inciden en el consumo elevado de energía y que son productos de prácticas inadecuadas de parte de operadores de las máquinas. Así como también actividades que se pueden planificar de mejor manera, para poder disminuir el consumo de energía.

Realizar el diagnóstico energético de la empresa de serigrafía ha sido cumplido de una manera adecuada, generando las propuestas de oportunidades de ahorros planteadas en el objetivo general de esta investigación.

Así es como se han logrado determinar ahorros potenciales en cinco áreas de mejora: hacer relevos en horas de recesos y almuerzo, para evitar que se enfríen los flashes, controlar de

mejor manera el tiempo de calentamiento al entrar de recesos, cambio de luces existentes de tecnología fluorescentes por luminaria led, eliminación de uso de mangueras directas de aire comprimido, para enfriamiento de piezas, reajustar temperaturas programadas de los aires acondicionados, logrando cuantificar los ahorros mostrados en la Tabla 14.

Se determinó que los presecadores o flashes, representan el mayor consumo energético de la planta de producción, alrededor del 57 % del consumo general y dependiendo del tipo de trabajo este porcentaje podría subir, ya que la tendencia en la industria es de hacer diseños con más colores o aplicaciones. Esto obligaría a presecar cada vez más, por lo anterior, se vuelve aún más importante enfocarnos en estos equipos.

Los compresores son los equipos ubicados en segundo lugar como de mayor consumo energético, aquí se logró detectar el uso de mangueras directas para lograr enfriamiento rápido en las prendas, lo cual se puede evitar sustituyendo por sopladores industriales que consumirían un 7.5% de lo que se pierde en aire comprimido, bajando el 20% del consumo general del sistema de aire comprimido, lo que representa un 2% de ahorro de la factura total de energía.

El área productiva de mayor consumo es la de estampado propiamente dicha, por sobre Sublimación, heat transfer y preparación de tintas, ya que aquí se utilizan los presecadores, llegando al 80% del consumo de la Planta. Por esta razón las acciones inmediatas se deben enfocar aquí.

Se detectaron malas prácticas de los operadores al momento de precalentar los flashes al regresar de los recesos, ya que los equipos los dejan calentando y son desatendidos en algunas ocasiones, por lo que no se sabe en qué momento alcanzaron la temperatura adecuada para arrancar la producción; aquí se genera doble pérdida, se pierde producción y se consume energía como si se estuviera produciendo.

Las actividades de mantenimiento que se determinaron como importantes para mantener una buena eficiencia, son la de realizar las limpiezas adecuadas y continuas a los flashes

(presecadores), haciendo inspecciones visuales al menos una vez al mes, midiendo corrientes de consumo para detectar alteraciones en los patrones normales. Estas actividades no se pueden cuantificar de manera teórica, pero si al ser aplicadas en el campo, lo cual ya no entra en los objetivos de esta investigación.

Se propondrá a la empresa en estudio realizar la fase de aplicación de mejoras propuestas. Los ahorros propuestos representan un 9.2% de la facturación anual, por lo que se le debe dar su debida importancia.

Aunque la empresa en estudio posee la mejor maquinaria de esta industria, que se le puede llamar tecnología de punta, siempre se encontraron oportunidades de ahorros, lo cual al inicio no se veía tan obvio. Estos resultados pudieron ser obtenidos en base a meses de mediciones y observaciones en el piso de producción.

Finalmente, se concluye que siempre existen oportunidades de ahorro para ser más competitivos en toda industria, aplicando procesos de mejora continua.

XII. BIBLIOGRAFÍA

Fernández Salgado, José María. Eficiencia energética en los edificios. Madrid: AMV Ediciones 2011). (2 ejemplares)

Martínez, Francisco Javier Rey, and Eloy Velasco Gómez. Eficiencia energética en edificios: certificación y auditorías energéticas. Editorial Paraninfo, 2006.

“Estudio de eficiencia energética para la reducción de costos de operación de una empresa textil”
Tesis de Grado, Eduardo José Ramírez Corzo, Universidad Rafael Landívar, Guatemala, 2015

“Mejora en la gestión energética en la planta industrial de la empresa rvr transformadores”
Trabajo de fin de Carrera de Maestría de Gestión Ambiental, Christian Arturo Calderón Gavilanes, Universidad Internacional Sek, Perú, 2019

Material recibido en la Materia de Eficiencia Energética, Luis Aaron Martínez, abril 2019

Material de Materia “Metodologías de Investigación”, Manuel Cardona, noviembre 2017

Uso eficiente de aires acondicionados y ventiladores, Dirección de Eficiencia Energética, Consejo Nacional de Energía.

Norma Internacional ISO 50002, Auditorías energéticas. Requisitos con orientación para su uso, 2014

Manuales de fabricantes de equipos de la industria de serigrafía:

M&R Screen Printing Machines

Roq internacional, máquinas automáticas de serigrafía

MHM Screen Printing Machines