



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UNA PROPUESTA DE MEJORA DE EFICIENCIA  
ENERGÉTICA EN EL TALLER DE METALMECÁNICA “INDUSTRIAS Y SERVICIOS, S.A.”  
UBICADO EN VILLA NUEVA, PARA UN AHORRO POTENCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

**Winston Spencer López de León**

Asesorado por el Mtro. Ing. Edgar Estuardo Chaj Ramírez

Guatemala, agosto de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UNA PROPUESTA DE MEJORA DE EFICIENCIA  
ENERGÉTICA EN EL TALLER DE METALMECÁNICA “INDUSTRIAS Y SERVICIOS, S.A.”  
UBICADO EN VILLA NUEVA, PARA UN AHORRO POTENCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**WINSTON SPENCER LÓPEZ DE LEÓN**

ASESORADO POR EL MTRO. ING. EDGAR ESTUARDO CHAJ RAMÍREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

|            |                                       |
|------------|---------------------------------------|
| DECANA     | Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada |
| VOCAL I    | Ing. José Francisco Gómez Rivera      |
| VOCAL II   | Ing. Mario Renato Escobedo Martínez   |
| VOCAL III  | Ing. José Milton de León Bran         |
| VOCAL IV   | Br. Christian Moisés de la Cruz Leal  |
| VOCAL V    | Br. Kevin Armando Cruz Lorente        |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez       |

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

|            |                                    |
|------------|------------------------------------|
| DECANO     | Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco |
| EXAMINADOR | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez    |
| EXAMINADOR | Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma |
| EXAMINADOR | Ing. Víctor Hugo García Roque      |
| SECRETARIA | Inga. Lesbia Magalí Herrera López  |

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UNA PROPUESTA DE MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL TALLER DE METALMECÁNICA “INDUSTRIAS Y SERVICIOS, S.A.” UBICADO EN VILLA NUEVA, PARA UN AHORRO POTENCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 28 de mayo de 2020.

**Winston Spencer López de León**

Ref. *EEPFI-553-2020*  
Guatemala, 29 de abril de 2020

Director  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Presente.

Estimado Ing. Urquizú:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: PROPUESTA DE MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL TALLER DE METALMECÁNICA "INDUSTRIAS Y SERVICIOS, S.A." UBICADO EN VILLA NUEVA, PARA UN AHORRO POTENCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA**, presentado por el estudiante **Winston Spencer López de León** carné número **200218094**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Artes en Energía y Ambiente.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*

Mtro. Edgar Estuardo Chaj Ramírez  
Asesor

Edgar Estuardo Chaj Ramírez  
INGENIERO ELECTRICISTA  
COLEGIADO No. 9134

Mtro. Juan Carlos Fuentes Montepeque  
Coordinador de Área  
Desarrollo Socio-Ambiental y Energético



Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Facultad de Ingeniería





*EEP-EIMI-046-2020*

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **PROPUESTA DE MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL TALLER DE METALMECÁNICA “INDUSTRIAS Y SERVICIOS, S.A.” UBICADO EN VILLA NUEVA, PARA UN AHORRO POTENCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA**, presentado por el estudiante universitario Winston Spencer López de León, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑADA A TODOS

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
Director

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, Mayo de 2020



DTG. 193.2020

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN PARA UNA PROPUESTA DE MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL TALLER DE METALMECÁNICA “INDUSTRIAS Y SERVICIOS, S.A.” UBICADO EN VILLA NUEVA, PARA UN AHORRO POTENCIAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA**, presentado por el estudiante universitario: **Winston Spencer López de León**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, agosto de 2020

AACE/asga

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Por haberme permitido realizar una más de mis metas y darme fuerza y fe en cada momento.

### **Mi madre**

Esperanza de León, por haberme traído al mundo y guiado a través de él, mi eterno agradecimiento por su apoyo para hacer realidad este sueño.

### **Mis hermanos**

Kener, Osvin, Glendy y Waleska López de León, por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

### **Mi esposa e hijo**

María Chavarría e Ian López, por ser la motivación e inspiración de mi vida para alcanzar mis metas.

### **Familia y amigos**



## AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por ser la *alma mater* que me permitió nutrirme de conocimientos.

**Facultad de Ingeniería**

Por proporcionarme los conocimientos que me han permitido realizar este trabajo de graduación.

**Empresa**

Por haberme brindado la información necesaria para realizar este diseño de investigación.

**Mis amigos**

Por haberme acompañado durante la carrera.

**Mi asesor**

Mtro. Ing. Edgar Estuardo Chaj Ramírez, por haberme guiado durante el trabajo de graduación.

**Gerente de Proyectos  
de la Empresa**

Victor Iván Perdomo quien bondadosamente me ayudó a lo largo de la investigación.

**Familia y amigos en  
general**

## ÍNDICE GENERAL

|  |     |
|--|-----|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....  | V   |
| LISTA DE SÍMBOLOS .....  | VII |
| GLOSARIO .....   | IX  |
| RESUMEN.....   | XI  |
| <br>   |     |
| 1. INTRODUCCIÓN .....  | 1   |
| <br>   |     |
| 2. ANTECEDENTES .....  | 5   |
| 2.1. MEM Y USAC se unen para disminuir el consumo de<br>energía eléctrica en el Estado.....  | 5   |
| 2.2. Proyectos piloto de la Comisión Nacional de Energía<br>Eléctrica de Guatemala.....  | 5   |
| 2.3. Análisis del potencial de ahorro de energía eléctrica sin<br>inversión, Ministerio Economía de Panamá .....   | 7   |
| 2.4. Propuesta de un programa de ahorro de energía para<br>disminuir los costos energéticos en el proceso productivo de<br>metalmeccánica de la empresa Ipsycom ingenieros S.R.L. de<br>la ciudad de Cajamarca, 2017 ..... | 9   |
| 2.5. Proyecto de ley de Eficiencia Energética en Guatemala .....   | 10  |
| <br>   |     |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....   | 13  |
| <br>   |     |
| 4. JUSTIFICACIÓN .....   | 15  |
| <br>   |     |
| 5. OBJETIVOS .....   | 21  |
| 5.1. General.....  | 21  |

|      |  |    |
|------|--|----|
| 5.2. | Específicos.....   | 21 |
| 6.   | NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN .....                         | 23 |
| 7.   | MARCO TEÓRICO .....  | 25 |
| 7.1. | Eficiencia energética .....  | 25 |
|      | 7.1.1.    Cuidado de la energía .....                                    | 25 |
|      | 7.1.2.    Gestionar la energía .....                                     | 26 |
|      | 7.1.3.    Obtener la energía.....  | 26 |
| 7.2. | La eficiencia energética.....  | 27 |
|      | 7.2.1.    Eficiencia energética industrial .....                         | 28 |
| 7.3. | ISO 50001 .....  | 29 |
| 7.4. | Fases de una auditoría energética industrial .....                       | 31 |
|      | 7.4.1.    Evaluación previa de diagnóstico .....                         | 31 |
|      | 7.4.2.    Medición y recogida de datos .....                             | 32 |
|      | 7.4.3.    Análisis y fase final, elaboración del informe<br>técnico..... | 32 |
| 7.5. | Instrumentos de medición para auditorías energéticas.....                | 32 |
|      | 7.5.1.    Analizador de redes eléctricas.....                            | 32 |
|      | 7.5.1.1.    Modo de empleo.....  | 33 |
|      | 7.5.2.    Cámara termográfica .....                                      | 34 |
|      | 7.5.2.1    Modo de empleo .....  | 34 |
|      | 7.5.3.    Otros equipos.....   | 35 |
|      | 7.5.3.1    Computadora portátil .....                                    | 35 |
|      | 7.5.3.2    Herramientas .....  | 35 |
|      | 7.5.3.3    Material de seguridad .....                                   | 35 |
| 8.   | PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS .....                                  | 37 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 9.    | METODOLOGÍA.....  | 41 |
| 9.1.  | Tipo de estudio .....   | 41 |
| 9.2.  | Objetivos específicos del trabajo que se realizará .....                      | 41 |
| 9.3.  | Actividades a desarrollar para dar cumplimiento al objetivo específico .....  | 41 |
| 9.4   | Versión preliminar del instrumento de recolección que se utilizará .....      | 43 |
| 9.5.  | Diagrama del modelo metodológico propuesto .....                              | 44 |
| 10.   | TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....                                  | 45 |
| 10.1. | Enfoque del trabajo que se realizará (cuantitativo, cualitativo o mixto)..... | 45 |
| 10.2. | Tipo de investigación que se realizará y alcance .....                        | 45 |
| 11.   | CRONOGRAMA PRELIMINAR DE ACTIVIDADES .....                                    | 47 |
| 12.   | FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO .....  | 49 |
| 13.   | REFERENCIAS.....  | 51 |



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

|    |  |    |
|----|--|----|
| 1. | Consumo estimado de tres meses .....       | 15 |
| 2. | Factura EEGSA junio .....                  | 17 |
| 3. | Factura EEGSA mayo .....                   | 18 |
| 4. | Diagrama P H V A ....                      | 30 |
| 5. | Diagrama SGen .....                        | 31 |
| 6. | Analizador de calidad de corriente .....   | 33 |
| 7. | Cámara termográfica.....                   | 34 |
| 8. | Diagrama de flujo de actividades.....      | 44 |
| 9. | Cronograma preliminar de actividades ..... | 47 |

### TABLAS

|      |   |    |
|------|---|----|
| I.   | Proyectos piloto de eficiencia energética por CNEE .....        | 6  |
| II.  | Medidas de baja o nula inversión para un ahorro energético..... | 8  |
| III. | Consumo Q vs Kwh de tres meses .....                            | 16 |
| IV.  | Actividades para el cumplimiento al objetivo específico .....   | 42 |



## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b> | <b>Significado</b>                 |
|----------------|------------------------------------|
| <b>A/C</b>     | Aire acondicionado                 |
| <b>CO2</b>     | Dióxido de carbono                 |
| <b>USD</b>     | Dólares americanos                 |
| <b>Hz</b>      | Hercio                             |
| <b>h</b>       | Horas                              |
| <b>kWh</b>     | Kilo watt hora                     |
| <b>Km</b>      | Kilómetro                          |
| <b>KW</b>      | Kilovatio                          |
| <b>KV</b>      | Kilovoltio                         |
| <b>MW</b>      | Megavatio                          |
| <b>MWh</b>     | Megavatio hora                     |
| <b>%</b>       | Porcentaje                         |
| <b>P</b>       | Potencia                           |
| <b>Q</b>       | Quetzales                          |
| <b>Ton</b>     | Tonelada                           |
| <b>Btu</b>     | Unidad de medida térmica británica |
| <b>W</b>       | Vatio                              |
| <b>W</b>       | Watt                               |





## GLOSARIO

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>AMM</b>                      | Administrador del Mercado Mayorista.   |
| <b>Auditoría energética</b>     | Es una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía en un edificio, proceso o sistema con el objetivo de comprender la energía dinámica del sistema bajo estudio. |
| <b>CONEE</b>                    | Comisión Nacional de Energía Eléctrica.  |
| <b>Mantenimiento Correctivo</b> | Es aquel mantenimiento en el cual se corrigen averías o defectos observados.   |
| <b>Mantenimiento predictivo</b> | Son una serie de acciones que permiten determinar antes de tiempo, fallas en la maquinaria y equipos para evitar daños más grandes posteriormente y corregirlos a tiempo.    |
| <b>Mantenimiento preventivo</b> | Mantenimiento programado de maquinaria y equipos para su conservación y funcionamiento.  |
| <b>EEGSA</b>                    | Empresa Eléctrica de Guatemala S.A.  |
| <b>Eficiencia energética</b>    | Uso eficiente de la energía.   |

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>Energía eléctrica</b> | Forma de energía que resulta con una diferencia de potencial entre dos puntos.   |
| <b>EPP</b>               | Equipo de protección personal.   |
| <b>GEI</b>               | Gases de efecto invernadero.   |
| <b>GEI</b>               | Son los gases de efecto invernadero que se forman en la atmósfera natural, tales como el dióxido de carbono, gas metano, óxido nitroso, entre otros. |
| <b>INDE</b>              | Instituto Nacional de Electrificación.   |
| <b>ISO</b>               | Organización internacional de normalización.   |
| <b>MEM</b>               | Ministerio de Energía y Minas.   |
| <b>PHVA</b>              | Planificar, hacer, verificar y actuar.   |
| <b>TIR</b>               | Tasa interna de retorno.   |
| <b>USAC</b>              | Universidad de San Carlos de Guatemala.  |
| <b>VAN</b>               | Valor actual neto.   |
| <b>Viable</b>            | Que tiene posibilidad de llevarse a cabo.  |

## RESUMEN

La eficiencia energética se ha convertido en nuestra era, en uno de los principales objetivos de las industrias para mejorar los consumos y lograr una mejor educación ambiental y consciencia a las personas en temas relacionados a la generación y utilización de la energía eléctrica.

Sabemos que las auditorías energéticas nos ayudan a ver el panorama de consumo desde un punto de vista totalmente energético. Cuando se realiza una evaluación previa de diagnóstico, se va seleccionando los equipos en los cuales se puede concentrar la mayor parte del consumo, para que en la recogida de datos y mediciones sean tomados con especial atención.

El presente diseño de investigación busca encontrar los puntos en los cuales se tiene un consumo inadecuado, el cual se puede estar dando por diferentes circunstancias, las cuales pueden ser: montajes inadecuados de maquinaria y equipos, mantenimientos no especializados o no programados, instalaciones eléctricas con deficiencias, mantenimientos eléctricos inadecuados y cualquier instalación mecánica que tenga pérdidas en energía mecánica y eléctrica, logrando por medio de una auditoría, detectar y realizar



# 1. INTRODUCCIÓN

El uso eficiente de la energía se ha convertido en un tema primordial para las empresas actuales tanto en este país como en los desarrollados. Por lo cual es importante que las empresas implementen buenas prácticas para mejoras en los consumos energéticos e inviertan en todo lo relacionado con eficiencia energética, ya sea equipos más modernos, montajes e instalaciones adecuadas y uso apropiado de equipos y maquinaria, mantenimientos preventivos, correctivos y mantenimiento de redes de servicio de aire, gases, agua y otros. La eficiencia energética es importante tanto a nivel doméstico, comercial, industrial y a nivel de país, ya que al mejorar la eficiencia se reducen considerablemente los consumos de energía eléctrica, lo cual ayuda a la economía de todos los usuarios y del país, reduciendo también la emisión de gases de efecto invernadero.

La propuesta para mejorar el consumo de energía eléctrica en un taller de metalmecánica, se debe a que los picos de consumo son más frecuentes, si se trabaja el mismo tiempo y con la misma maquinaria. Esto indica que puede haber factores que no se han analizado como instalaciones adecuadas y normadas, mantenimiento de equipos adecuado, hábitos operativos que provocan pérdida de energía y uso de ventilación e iluminación natural en oficinas, lo cual se estudiará mediante una auditoría energética.

En Guatemala se ha empezado a realizar varios proyectos piloto para mejorar la eficiencia energética, sin embargo, no se le ha dado la debida importancia, aunque en los proyectos piloto realizados se ha logrado medir las

mejoras económicas y energéticas en cuanto a estos proyectos, también han propuesto nuevas iniciativas de ley con las que el Estado pretende mejorar la eficiencia energética al impulsar auditorías energéticas para saber la situación actual y un plan para mejorar el consumo a nivel país. De lo que se sabe de otros países como Panamá y Chile, se han realizado proyectos de mejora en el consumo energético, lo cual da resultados positivos y medibles tanto en el consumo y en el aspecto económico.

El estudio que se realizará en la empresa en evaluación se llevará a cabo mediante estadística descriptiva, todos los datos van a servir para realizar una propuesta fiable, que de ser puesta en marcha los resultados puedan ser percibidos por los usuarios y directores del lugar.

Lo que se ha advertido en la empresa, son picos de consumo que varían en cada factura mensual. Las facturas presentan picos de consumo, laborando las mismas horas de trabajo, con la misma maquinaria y con el mismo personal. Todo esto indica que se tiene una oportunidad de mejora en lo que respecta a la eficiencia energética, lo cual se podrá evaluar mediante los métodos de medición, tanto en el consumo eléctrico, mantenimiento de maquinaria y prácticas en los procesos de manufactura de la empresa.

Los objetivos estarán enfocados en la medición teórica y práctica para determinar no solo el consumo teórico sino también el consumo real, con lo cual se realizarán análisis para presentar la mejor propuesta para mejorar el consumo energético.

Para realizar todo el procedimiento y lograr los objetivos de esta investigación, es necesario conocer ciertos equipos y procedimientos para las mediciones en campo, así como las normativas de la empresa y las

internacionales en cuanto a la seguridad industrial, para evitar cualquier eventualidad que pueda ocurrir. También se debe tomar en cuenta la norma ISO 50001, que indica también los procedimientos que se seguirán en una auditoría energética y así crear políticas generales y medibles para incluirlos en la propuesta de mejora de eficiencia energética.

La metodología se basará en los objetivos tanto el general como los específicos, la cual se desarrollará paso a paso para lograr la medición práctica y teórica del consumo energético, para luego elaborar la propuesta en conjunto con la viabilidad técnica y financiera de la presente investigación.

Las técnicas del análisis de la información serán por medio de un trabajo mixto, ya que se realizarán entrevistas para obtener información y a la vez mediciones de campo para determinar los consumos reales. El tipo de investigación será cuasiexperimental, ya que tiene elementos cuantitativos y cualitativos que se tomarán en cuenta en la investigación. La técnica de análisis de investigación será basada en estadística descriptiva, debido al conjunto de mediciones que se realizarán y con base en cual se realizará la propuesta.





## **2. ANTECEDENTES**

### **2.1. MEM Y USAC se unen para disminuir el consumo de energía eléctrica en el Estado**

En el año 2017 el Gobierno Ministerio de Energía y Minas (MEM) y la USAC, Estudiantes de Ingeniería eléctrica y Mecánica eléctrica se unieron para lograr reducir un 30% de consumo en Instituciones Estatales, lo que en el plan incluían una reducción de emisiones de CO2 de 52.6 toneladas en un año, lo cual pretendía también por medio de cambio de iluminación a luces led, hábitos de apagado y encendido de luminarias, y otras medidas lograr hacer más eficiente el consumo en todas las entidades del Estado de Guatemala. Además, proponían hacer en conjunto, proyectos de auditorías energéticas, todo esto lo incluye en la política de ahorro y uso eficiente de la energía 2013-2027. (Bolaños, 2017)

Estos son unos de los proyectos más recientes en Guatemala y América en los cuales también se han realizado auditorías energéticas para hacer más eficiente el consumo de energía eléctrica:

### **2.2. Proyectos piloto de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica de Guatemala**

Proyectos piloto de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica de Guatemala a entidades tanto del sector público como privadas dentro de los segmentos de industria, comercio y servicio. Los planes se basaron

básicamente en cambio de iluminarias de tecnología que necesitan menos amperaje, equipos que desplacen la cantidad correcta de Btu del ambiente de trabajo, así no dimensionarlos y estufas que consumen menos biomasa.

Los nueve proyectos piloto que fueron implementados, debido al cambio de iluminarias se obtuvo un ahorro bastante representativo en el consumo de kWh; debido al cambio de equipos de A/C se obtuvo un ahorro de consumo de kWh al año de 73 818 que representó Q 100 459,00, y un ahorro de 1 588 toneladas de biomasa al año, lo cual representa un ahorro de Q 67 686,00, significa una reducción del CO2. Esto indica que en varios casos hay que hacer una inversión inicial, pero al transcurrir de los años se ven los beneficios, los cuales se describen en la siguiente tabla I. (Navarro, 2018).

Tabla I. **Proyectos piloto de eficiencia energética por CNEE**

| <b>Beneficiario</b>       | <b>Descripción</b>  | <b>Ahorro<br/>Kwh/año</b> | <b>Ahorro<br/>Q/año</b> |
|---------------------------|---|---------------------------|-------------------------|
| McDonald's<br>Calle Martí | Suministro e instalación de 2 equipos de A/C tipo paquete   | 73 818                    | 100 459                 |
| Taco Bell<br>zona 4       | Instalación de 6 lámparas de 400 w haluro metálico  | 14 434                    | 36 018                  |
| CDAG                      | Instalación de 125 lámparas de 2 x 32 y 192 lámparas de 4 x 32 W (tecnología T8)  | 62 211                    | 203 416                 |
| OJ Edificio<br>Jade       | Instalación de 94 lámparas de 2 x 32 W (tecnología T8) y cambio de tarifa.  | 20 033                    | 35 429                  |
| CIG                       | Instalación de 245 lámparas de 2 x 32 W, 53 lámparas de 4 x 32 W, 121 lámparas fluorescentes compactas auto balastradas de 8 W, 78 lámparas contra polvo. humedad 2x32 W tecnología T8. | 38 665                    | 67 686                  |

Continuación tabla I.

|                               |   |        |         |
|-------------------------------|---|--------|---------|
| Fundación Solar               | Instalación de 245 estufas ahorradoras de leña, 233 tipo planchay y 12 tipo nixtamalero   | 1 588  | 499 800 |
| USAC                          | Instalación de 887 balastos para 2 x 32 W, 604 balastos para 4 x 32 W y 4190 lámparas fluorescentes de 32 W tecnología T8.  | 70 910 | 103 968 |
| UVG                           | Instalación de 28 paneles solares fotovoltaicos de 245 W.   | 11 802 | 14 290  |
| Ministerio de Energía y Minas | Instalación de 204 lámparas de 2 x 32 W, 179 lámparas de 4 x 32 W, 2 lámparas de 1 x 32 W tecnología T8 y 45 lámparas fluorescentes compactas auto balastradas ahorradoras. |        |         |
| Dirección General de Energía  | Instalación de 3 lámparas de 2 x 32 W, 39 Lámparas de 4 x 32 W, 2 lámparas de 1 x 32 W tecnología T8 y 8 lámparas fluorescentes compactas auto balastradas ahorradoras.     | 48 171 | 185 682 |

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica (2012). *Proyecto piloto de eficiencia energética*. Recuperado de [www.cnee.gob.gt](http://www.cnee.gob.gt). Consulta: noviembre de 2019.

### 2.3. Análisis del potencial de ahorro de energía eléctrica sin inversión, Ministerio Economía de Panamá

El Mineco de Panamá en el 2002 realizó el análisis del potencial de ahorro de energía eléctrica con cero, en las evaluaciones energéticas realizadas en cinco inmuebles de Panamá, en los cuales se consideraron dos universidades, un banco, un hotel y una planta industrial, se detectaron importantes áreas de oportunidad y potenciales de ahorro de energía eléctrica. Las medidas evaluadas se pueden dividir en medidas de baja o nada de inversión y otras con inversión.

Revisando las evaluaciones y analizando los potenciales de ahorro de energía eléctrica de las medidas de baja o nula inversión, como se representa en la tabla II. (Panamá, 24 de julio del 2013)

Tabla II. **Medidas de baja o nula inversión para un ahorro energético**

| <b>Num.</b> | <b>Actividad</b>  |
|-------------|---|
| 1           | Ajuste de termostatos a los sistemas de aire acondicionado.   |
| 2           | Eliminación de alumbrado ocioso, ya que, aunque la lámpara esté apagada el balastro sigue consumiendo energía eléctrica.                                    |
| 3           | Desconexión de lámparas en áreas con alta densidad de niveles de iluminación.   |
| 4           | Seccionar circuitos de alumbrado e instalar apagadores.   |
| 5           | Aplicar pintura de colores claros a techos y paredes para disminuir equipos de alumbrado y utilizar la luz natural.   |
| 6           | Control de la demanda manual en equipos de sistemas de aire acondicionado, agua helada, bombeo, aire comprimido, refrigeración.                             |
| 7           | Corrección de fugas de aire comprimido.   |
| 8           | En el caso particular del hotel, utilizar cargas completas en las lavadoras, eliminar aire acondicionado y alumbrado encendido en habitaciones desocupadas. |
| 9           | Eliminar filtraciones de aire a mayor temperatura cerrando puertas en áreas de acceso.  |

Continuación tabla II.

|           |   |
|-----------|---|
| <b>10</b> | Intercambio de motores eléctricos para incrementar factores de carga.   |
| <b>11</b> | Control en el apagado de equipos de oficinas como ventiladores, cafeteras, máquinas copiadoras y otros equipos de oficina cuando no están en uso, operando el sistema de ahorro de energía de los equipos de cómputo. |
| <b>12</b> | Operación de equipos auxiliares en periodos fuera del pico de demanda máxima de la instalación.   |
| <b>13</b> | Mantenimiento permanente a diferentes sistemas y equipos.   |

Fuente: Ministerio de Economía de Panamá (2002). *Estrategia para la promoción de la eficiencia energética y plan de acción*. Recuperado de: [www.energia.gob.pa](http://www.energia.gob.pa). Consulta: noviembre de 2019.

#### **2.4. Propuesta de un programa de ahorro de energía para disminuir los costos energéticos en el proceso productivo de metalmecánica de la empresa Ipsycom ingenieros S.R.L. de la ciudad de Cajamarca, 2017**

Este estudio fue desarrollado en la empresa de metalmecánica IPSYCOM INGENIEROS S.R.L. En esta empresa se realizó un estudio donde se demostraron varias acciones que se considerarán, entre ellos implementar luminarias led, cambio de contrato de tarifas en el consumo eléctrico, cambiar los motores a motores más eficientes en los cuales se lograría una eficiencia del 95 %, propuesta de implementación de nuevas líneas conductoras de electricidad para evitar pérdidas, este plan se cumplirá durante cinco años, tiempo en el cual se implementarán los cambios sugeridos. Toda esta propuesta, al implementarla reflejará un ahorro potencial de facturación de hasta un 30 %, con un VAN de 3576 USD y una TIR del 29 %, con una inversión de 7500 USD, con un índice de rentabilidad de 0.85 USD a favor, por cinco años. El tiempo de recuperación está estimado en 2.4, por lo que se

concluye que la propuesta es viable para su realización para el uso eficiente de la energía. (Díaz y Roncal, 2017).

## **2.5. Proyecto de ley de Eficiencia Energética en Guatemala**

En la Exposición de Motivos, introducción a la Ley, se deduce que los mismos están vigentes desde hace al menos 20 años. Poco y nada se ha hecho desde entonces. ¿Cuál sería el fundamento para pensar que ahora sí se pondrá en marcha una política de Estado consistente sobre eficiencia energética en Guatemala? En el Artículo 4, es interesante notar, en la definición de Eficiencia Energética, el orden de implementación de las acciones propuestas: Es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos, mediante la implementación de diversas medidas de gestión, de hábitos culturales en la comunidad e inversiones en tecnologías más eficientes, sin afectar el confort y calidad de vida del usuario. Primero gestión; segundo, hábitos culturales y tercero, tecnologías más eficientes.

Se reconoce, implícitamente, los problemas de poner en marcha programas de eficiencia energética de manera coherente, sistemática y consistente. En la gestión aparecen las debilidades institucionales; en lo cultural, la relación entre el comportamiento social y su correlato con el éxito (o fracaso) de un programa de EE; y al indicar a la tecnología como último de la serie, dicen que, si los dos primeros no funcionan, es inútil incorporar tecnologías sofisticadas si el sustrato adonde caerá la semilla es piedra y no tierra fértil. Sobre Título II, Creación del Consejo Nacional de Eficiencia Energética (CONEE), como Órgano Técnico del Ministerio de Energía y Minas (MEM). El listado de las funciones del CONEE es abarcativo y adecuado. La clave pasaría por el primer punto: a) Cumplir y hacer cumplir la presente Ley y

sus reglamentos, en materia de su competencia. (Claudio, 2013)

En la industria de metalmecánica en la que se hará la propuesta para el mejoramiento del consumo eléctrico, se analizarán todos los factores relacionados al mantenimiento mecánico-eléctrico, instalaciones eléctricas, Iluminación, consumo en oficinas y prácticas que aumenten la probabilidad reducir el consumo eléctrico, por ejemplo, maquinaria encendida mientras no se usa, motores que calienten por algún motivo, instalaciones eléctricas no adecuadas o inclusive contratos de consumo que puedan estar muy arriba de su consumo real o muy abajo de su consumo real. Con base en una auditoría energética se propondrán mejoras para el consumo eléctrico.





### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estudio de la eficiencia de energética en una empresa de metalmecánica “Industrias y Servicios” se debe a que el consumo de energía eléctrica se ha visto afectado en picos de consumo en el transcurso del tiempo, trabajando la misma cantidad de horas y con los mismos equipos y maquinaria. A esto se le pueden atribuir diferentes factores que son necesarios estudiar y analizar, como por ejemplo: mantenimientos preventivos, correctivos y predictivos no adecuados o no aplicados en el taller, montajes de equipos inadecuados, instalaciones eléctricas con deficiencias en conexiones o sin mantenimiento programado, motores eléctricos con defectos en bobinas y cojinetes en malas condiciones que provocan sobreesfuerzo, sobrecalentamiento y por lo mismo pérdidas de energía así como mala operación del equipo.

Todos estos factores y otros, serán analizados para encontrar las posibles causas y proponer mejoras para reducir el consumo de energía eléctrica en la planta. Al determinar los consumos de energía mensuales y al notar que los picos de consumo son más evidentes conforme pasan los meses nos surge la pregunta ¿cómo hacer más eficiente el consumo de energía en el taller de metalmecánica?, Para responder esta pregunta estudiaremos y analizaremos los consumos de cada máquina y propondremos mejoras, ya sea que requieran inversión como mejoras en programas de mantenimiento que se puedan llevar en tiempo o bien que solo requieran cambios de costumbres en el uso.

Con este planteamiento surgen otras preguntas como: ¿Es viable mediante hojas técnicas, manuales y placas de información realizar un estudio

de consumo teórico de equipos y maquinaria industrial?, ¿Cómo medir in situ el consumo de las herramientas eléctricas, maquinaria y como verificar la eficiencia de las mismas?, ¿Es viable financiera y técnicamente establecer procedimientos y correcciones que mejoren potencialmente el consumo eléctrico?

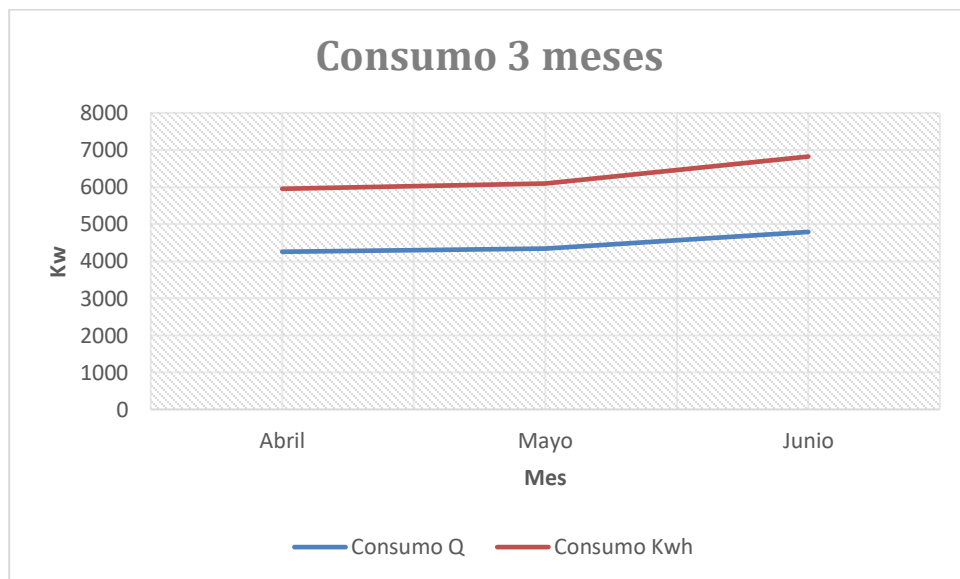
El objetivo principal se desarrollará con enfoque en una propuesta para hacer más eficiente el consumo de energía eléctrica, utilizando procedimientos técnicos como una auditoría energética y de medición para realizar una propuesta adecuada de mejora para el taller.

## 4. JUSTIFICACIÓN

Esta propuesta para el mejoramiento del consumo de energía eléctrica se realizará por los aumentos y picos de consumo eléctrico que se reflejan cada mes, esto aparte de afectar económicamente a la empresa también aumenta considerablemente las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes anuales, lo cual causa daño irreversible al medio ambiente y se considera uno de los gases de efecto invernadero.

Los consumos de los últimos tres meses se pueden ver a continuación en la siguiente gráfica.

Figura 1. **Consumo estimado de tres meses**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en esta tabla, los consumos tomados como referencia aumentan cada mes, lo que indica que existe una problemática en el consumo, en el que se pueden estudiar muchas variables, como, por ejemplo: instalaciones adecuadas de la maquinaria, acometidas realizadas de acuerdo a normativos nacionales, uso excesivo de transformadores, hábitos de uso (dejar máquinas encendidas en horario muerto, en horario de descanso, entre otros.)

Tabla III. **Consumo en Q vs Kwh de tres meses**

| <b>Mes</b> | <b>Consumo Q</b> | <b>Consumo Kwh</b> |
|------------|------------------|--------------------|
| Abril      | 4254.04          | 1700               |
| Mayo       | 4343.77          | 1748               |
| Junio      | 4789.7           | 2034               |

Fuente: elaboración propia.

En la tabla III, se puede observar el consumo en tres meses, el cual se ha incrementado sin razones visibles, por lo cual se necesita hacer una auditoría energética para analizar el problema.

A continuación, se presenta una copia de la factura de mayo y junio.

Figura 2. Factura EEGSA junio

EEGSA  
Grupo epm

EMPRESA ELECTRICA DE GUATEMALA, S.A.  
6a. Avenida 8-14 Zona 1 Guatemala, C.A.  
NIT 32644-5 . www.eegsa.com

FACTURA CAMBIARIA No. BZ-142245750  
CORRELATIVO 331555  
CONTADOR L18318

PERDOMO MONTES VICTOR GABRIEL  
VILLA NUEVA, 3 CALLE 10-55 Zona 01, GUATEMALA,  
Villa Nueva  
NIT: 474970-7

Baja Tensión Dem Fuera de Punta - BTDFP / Mayo - Julio 2019

TOTAL A PAGAR Q. 4,789.70  
Fecha de Emisión: 17/06/2019

Si cancela después del 17/07/2019 tendrá un recargo por mora de Q. 43.97

| Detalle de Cargos                                     | Precio Q   | Consumos  | Total Q         |
|---|------------|-----------|-----------------|
| Cargo fijo por clientes (Sin IVA)                     | 109.777892 |           | 109.78          |
| Energía (Sin IVA)                                     | 0.970736   | 2,034 kWh | 1,974.48        |
| Demanda registrada (Sin IVA)                          | 22.454698  | 27.7 kW   | 622.00          |
| Potencia contratada (Sin IVA)                         | 27.504606  | 43.6 kW   | 1,199.20        |
| Total cargo (Sin IVA)                                 |            |           | 3,905.46        |
| Total cargo (Con IVA)                                 |            |           | 4,374.12        |
| Cargos por incumplimiento a NTSD (Con IVA)            |            |           | 22.98           |
| Tasa Municipal A.P. (cobro cta. de terceros)(Sin IVA) | 10.0%      |           | 392.60          |
| <b>Total de esta factura</b>                          |            |           | <b>4,789.70</b> |

OPERADO IVA  
MES: junio 2019

Factor de potencia 0.8943

| Lecturas   |              | Historial de Consumo kWh |       |       |       |
|------------|--------------|--------------------------|-------|-------|-------|
| 15/06/2019 | 16/05/2019   | Actual                   | May   | Abr   | Mar   |
| 95,234     | 93,200 kWh   | 2,034                    | 1,700 | 2,052 | 1,505 |
| 21,189     | 20,171 kVARh |                          |       |       |       |

Lo hemos servido durante 30 días

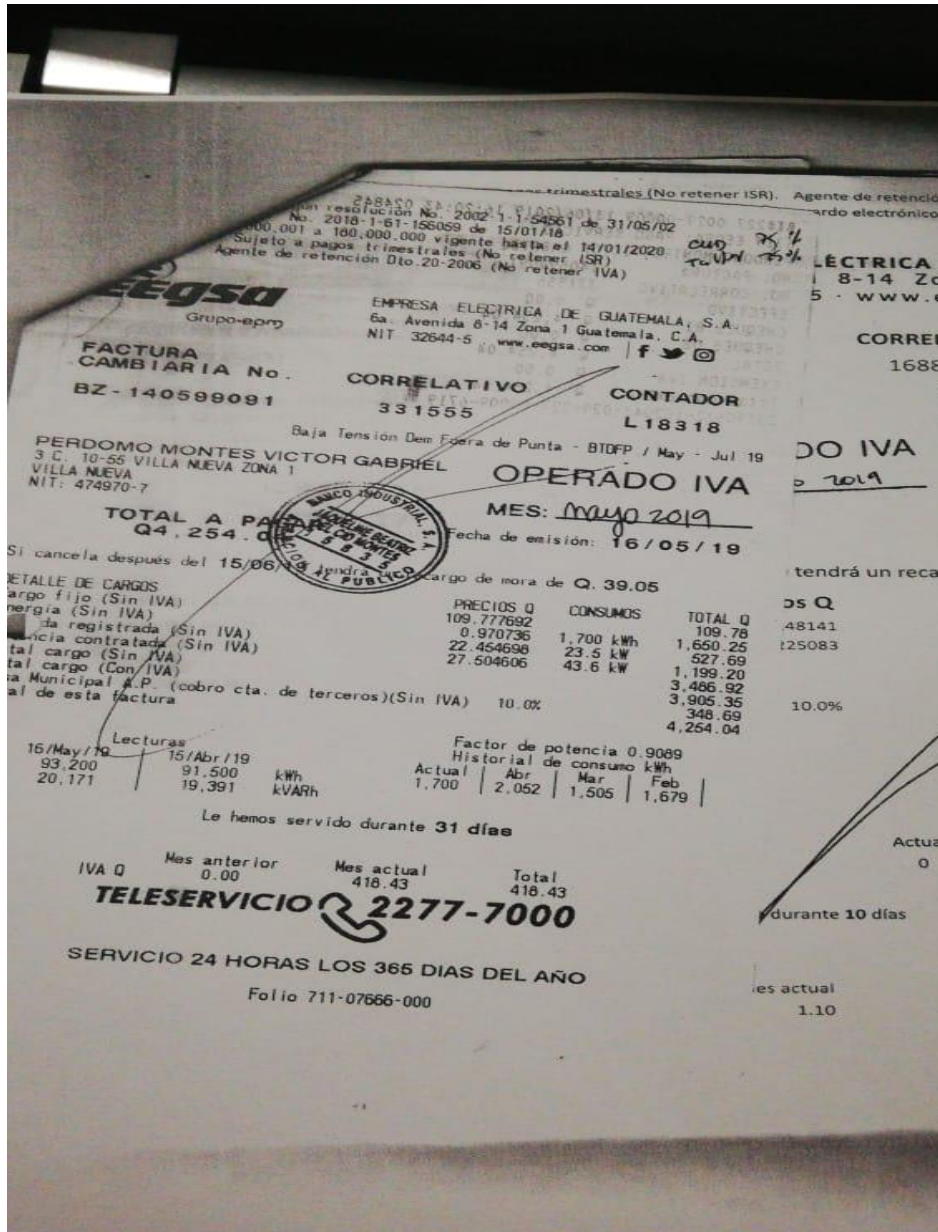
| IVA Q | Mes anterior | Mes actual | Total  |
|-------|--------------|------------|--------|
|       | 0.00         | 471.12     | 471.12 |

TELESERVICIO 2277-7000  
Servicio 24 Horas los 365 días del año

Publi: 711-67886-000

Fuente: EEGSA. Recibo de energía eléctrica junio 2019. ISSA Villa Nueva

Figura 3. Factura EEGSA mayo



Fuente: EEGSA. Recibo de energía eléctrica mayo 2019. ISSA Villa Nueva.

Esta propuesta se realizará con la utilización de conocimientos técnicos, mediciones en campo, análisis financieros si se requieren y el estudio de estándares en la operación de la maquinaria y equipos. También se analizarán

las facturas de consumo eléctrico, se realizarán análisis para encontrar el consumo real y proponer una mejora en contratos.

Esta investigación podría extenderse tanto como se quiera, incluso podría hacer estudios de tiempos, diagramas de recorrido de procesos, estudios de procesos hombre-máquina que nos llevará siempre a optimizar tiempos y por ende mejorar el uso energético en grúas, montacargas, plataformas y otros equipos para movilización, sin embargo, se enfocará enfocaremos al consumo eléctrico de cada equipo.





## **5. OBJETIVOS**

### **5.1. General**

Desarrollar una propuesta para hacer más eficiente el consumo de energía eléctrica en el taller de metalmecánica “Industrias y Servicios” ubicado en Villa Nueva.

### **5.2. Específicos**

- Determinar el consumo eléctrico teórico mediante placas técnicas de consumo, hojas técnicas o manuales de usuario.
- Determinar el consumo eléctrico real mediante mediciones en campo a cada equipo.
- Determinar la viabilidad financiera y técnica de la propuesta para la mejora potencial del consumo eléctrico.



## 6. NECESIDADES A CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

Las necesidades que se cubrirán en la investigación son las siguientes:

- Hay un alto consumo de energía eléctrica.
- Existen picos de consumo que no tienen explicación en relación a su producción y horas de trabajo.
- Uso ineficiente de la energía.
- frecuencia y tipo de mantenimiento actual de la maquinaria que generan más consumo.
- Malos hábitos en la operación de la maquinaria que hacen ineficiente el uso de la energía.
- Instalaciones eléctricas que pueden tener oportunidad de mejora.

El esquema de la solución sería el siguiente:

- Mediciones teóricas y en campo del consumo de equipos y maquinaria.
- Evaluación de acometida eléctrica y contratos con la empresa distribuidora de la energía.
- Comparaciones mediante estadística descriptiva para presentar una propuesta de mejora de eficiencia.

- Recomendaciones técnicas para mejorar la eficiencia energética.
- Estudio viabilidad y factibilidad para una propuesta de mejora para la eficiencia energética.

## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. Eficiencia energética**

La eficiencia energética siempre ha sido y es un tema de mucha importancia para los países, industrias, comercios, gobiernos y para los hogares, pero hace unos pocos años se le está tomando en cuenta a con mayor seriedad para lograr cambios significativos en el consumo de energía eléctrica. En la Segunda Guerra Mundial se convirtió en algo necesario y vital en el uso del combustible. Sin embargo, el uso eficiente de la energía comenzó a evolucionar hasta 1979, cuando la energía aumentó abismalmente sus precios, lo cual hasta los días de hoy se ven afectados por la gran demanda de energía a nivel mundial, especialmente en Europa y Norte América en donde la demanda ha sido grande, al igual que todos los países que han tenido desarrollo notable (Rousaud, 2017).

#### **7.1.1. Cuidado de la energía**

Todo el aumento de consumo de energía ha llevado desde la década de los 70, cuando muy pocas empresas tenían algún control sobre la eficiencia energética, a ser más eficientes en el consumo energético, ya que han existido bajas de energía eléctrica por cambios climáticos que en ese entonces eran difícil de enmendar por falta de alternativas en la generación de energía. En ese tiempo se implementaron muchas acciones para realizar mejoras en los comportamientos de consumo, como, por ejemplo, apagar maquinaria cuando no se esté usando, apagar luces cuando nadie las utilice, buscar opciones de

energía como las no renovables, petróleo gas natural. Todo esto estaba enfocado a crear la mentalidad de salvar la energía y encontrar una respuesta a la crisis y problemas en el suministro de energía causado por los factores geopolíticos y manipulaciones de gobiernos en la economía de los países.

Con relación a la tecnología surgieron nuevos proyectos que iban encaminados a adoptar el ahorro, aunque hubo muchas fallas al inicio a nivel gubernamental, todo se estaba enfocando a la eficiencia energética. (Company, 2017)

#### **7.1.2. Gestionar la energía**

Este período (década de 1980 hasta mediados de los 90) vio el desarrollo de la gestión de la energía y dicho término fue reemplazando lentamente al concepto de la mera conservación de la energía. Poco a poco empezó el desarrollo y la aplicación de lo que se dio en llamar modelos de gestión eficaz. Esto fue por la implementación de las computadoras, en el cual se fue introduciendo el control y focalización. Los sistemas de computación deberían poder tener en cuenta factores importantes tales como calentar en función de la temperatura ambiente y los niveles de producción. (Company, 2017)

#### **7.1.3. Obtener la energía**

En el año dos mil la administración de la energía se convirtió en una disciplina que comenzó a menguar debido a un par de factores: la reducción de los precios reales por la privatización de las empresas públicas y la disminución del tamaño general de las empresas. Al diversificar el mercado se podrían

alcanzar mayores ahorros con menor riesgo, haciendo más efectiva la implementación de la eficiencia energética.

Fueron muchas personas gestoras de la energía que fueron movidos de sus empleos y muchas empresas que habían empezado con el manejo eficiente de la energía comenzaron a decaer, así como los consultores energéticos haciendo excepción de los departamentos de compras.

Los problemas con el medio ambiente comenzaron a surgir en esta época, pero sin que nadie le diera la importancia necesaria como la que se le está dando en estos últimos años (Company, 2017).

## **7.2. La eficiencia energética**

La eficiencia energética ha tenido auge en los últimos 10 años, debido que los países se han enfocado en hacer políticas que benefician la eficiencia eléctrica, todo esto nos han dado evidencias positivas de que el interés por hacer más eficiente el consumo de energía está aumentando, no solo para los gobiernos, sino para los usos particulares, industriales, comerciales, etc. Y aunque siempre hay personas que no se interesan ni buscan la eficiencia, la mayoría está interesada, no tanto por el daño al medio ambiente, sino por los ahorros significativos que benefician a todos los países en desarrollo.

La crisis en España disminuyó contrario a lo que pasó con el resto del mundo con el compromiso con la eficiencia energética y recortes de presupuesto junto con el poco apoyo a las energías renovables. (Company, 2017)



La eficiencia energética se define como un proceso de utilización adecuado de la energía, no solo en términos de energía eléctrica, sino hablamos de todos los términos que existen: energía mecánica, cinética, potencial y eléctrica. En definición, la eficiencia energética es la manera adecuada del uso de la energía, existen motores mucho más eficientes que los de algunos años atrás, existen lámparas que consumen mucho menos que hace cinco años, existen dispositivos que aumentan el desempeño en el uso de la energía. A todo esto, se refiere la eficiencia energética, en el uso eficiente de la energía para realizar un trabajo definido. Todos estos términos también aplican al medio ambiente, todo está enfocado al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, cuidar el medio ambiente y provocar el menor daño posible en la generación de energía y en su utilización, generando la mayor parte de energía con renovables y menos con las no renovables.

La eficiencia energética el resumen busca ser amigable con el medio ambiente, reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub>, y los GEI (Rousaud, 2017)

### **7.2.1. Eficiencia energética industrial**

Una auditoría de eficiencia energética se refiere a una evaluación de procesos de utilización de energía y equipo utilizado en procesos de utilización de energía, también se evalúan factores del medio en el que se están utilizando las energías, por ejemplo, una evaluación de auditoría energética puede evaluar si en una oficina teniendo la opción de usar luz natural utilizan de día energía eléctrica para la iluminación, esto sería un uso ineficiente de la energía, ya que se podría sustituir por energía que no tiene ningún costo ni tendría ninguna contaminación al medio ambiente. Al realizar una auditoría en una industria, se evalúan aspectos de equipos, eficiencias de maquinaria,

iluminación, factores de pérdidas por equipos deteriorados, y otros. (Rousaud, 2017)

### **7.3. ISO 50001**

La norma ISO 50001 establece los requisitos por norma internacional que tiene como objetivo lograr una mejora continua en el uso energético de cualquier índole. Las organizaciones se basan en esta norma no solo para ser eficientes en su uso energético y para ser amigables con el medio ambiente, sino para reducir costos en sus operaciones, e impactos ambientales que pueden perjudicar las evaluaciones que los gobiernos ejecutan para reducir los efectos de los gases invernadero. Esta norma fue publicada en junio del 2011.

La norma fue preparada por el Comité de Proyectos ISO/PC 242, se tradujo por el grupo de trabajo de la Fuerza de trabajo de traducción de español (STTF) de la misma comisión, la norma ISO se fue desarrollando por solicitud de las oficinas de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO) por la necesidad de mitigar los efectos del cambio climático y crear una estandarización. La norma ISO 50001 Está basada en el ciclo de Deming, para la mejora continua que se llama PHVA que significa Planificar–Hacer-Verificar-Actuar, y es similar a la estructura de las ISO 9001 Y 14001 lo cual la hace compatible con los sistemas de gestión. (Rodriguez, 2018)

Figura 4. Diagrama PHVA

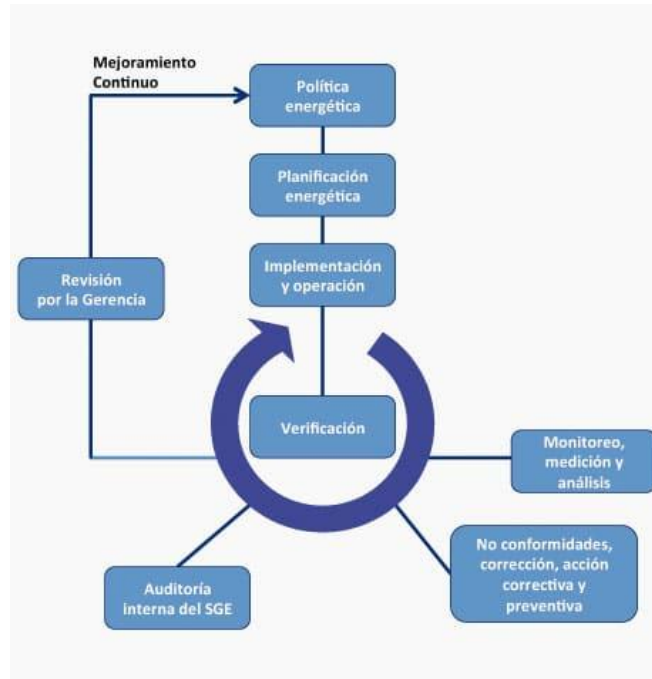


Fuente: ISO 5001. *Sistema de gestión energética*. Recuperado de <http://guiaiso50001.cl/iso-50001/>. Consulta: noviembre de 2019.

El punto fundamental consiste en hacer procesos estándar con los que se puedan crear políticas energéticas, sobre el cual se podrían implementar indicadores que sean monitoreados hasta lograr un máximo de eficiencia en cualquier proceso y así establecer normas de mejora continua de conformidad con la norma (Peña, 2013).

En la siguiente figura, ilustra la aplicación de un SGE:

Figura 5. Diagrama SGE



Fuente: ISO 5001. *Sistema de gestión energética*. (2019). Recuperado de <http://guiaiso50001.cl/iso-50001/>. Consulta: noviembre de 2019.

#### 7.4. Fases de una auditoría energética industrial

Las fases de una auditoría energética industrial se desarrollarán con una serie de pasos que se dan a continuación.

##### 7.4.1. Evaluación previa de diagnóstico

La persona que audita la industria visitará las instalaciones para verificar las necesidades para el mejoramiento de la eficiencia, una visita previa al estudio ayudará a evaluar las necesidades primarias y observar ciertos factores que puedan ayudar al auditor a realizar un excelente trabajo, por ejemplo,

verificar qué equipo necesita para las mediciones, verificar el tipo de instalación y todo lo relacionado al trabajo de campo que realizará. (IFPEB, 2013)

#### **7.4.2. Medición y recogida de datos**

En este proceso la persona encargada de la auditoría energética, verificará mediante equipos de medición y comparará mediante fichas técnicas y manuales la veracidad del consumo, o bien detectar si hay pérdidas de energía en los procesos, maquinaria, motores, etc. En esta etapa también se recolectará toda la información para hacer análisis estadísticos, técnicos y presentar la auditoría. (IFPEB, 2013)

#### **7.4.3. Análisis y fase final, elaboración del informe técnico**

En esta etapa el auditor utiliza los datos recolectados para presentarlos en forma ordenada a la empresa que auditó, esto será para que se puedan hacer las correcciones de las evidencias recolectadas, así como los análisis estadísticos de calidad de energía, calidad de motores, transformadores, entre otros. (IFPEB, 2013).

### **7.5. Instrumentos de medición para auditorías energéticas**

Los instrumentos utilizados en las auditorías energéticas y modo de empleo se describen a continuación.

#### **7.5.1. Analizador de redes eléctricas**

Este analizador no solo es un *tester* común, es un aparato que sirve para ver la calidad de la energía y ver los datos estadísticos de consumo de energía, para tener un historial de los picos de consumo, horarios, y todo lo relacionado a la eficiencia energética desde el punto de vista eléctrico, nos ayuda a ver las

corrientes parásitas, corrientes que influyen en el daño de los equipos y motores. (Serrano, 2015)

#### 7.5.1.1. Modo de empleo

Se coloca el analizador de redes en las redes trifásicas y se obtienen las gráficas de consumo, calidad de energía e histogramas de estadística descriptiva que ayudan a un mejor control tanto de la calidad, así como corrientes parásitas que puedan estar dentro de la red, aumentando el consumo y provocando picos de corriente que hacen que carezca de eficiencia energética (Santelices, 2017).

Figura 6. **Analizador de calidad de corriente**



*Fuente:* Fluke. *Analizadores de calidad eléctrica.* Recuperado de <https://www.fluke.com/es-es/producto/comprobacion-electrica/calidad-de-la-energia-electrica/434-series-ii>. Consulta: noviembre de 2019.

## **7.5.2. Cámara termográfica**

Esta cámara consiste en una pantalla en la que se puede observar las temperaturas de diferentes equipos, se utiliza especialmente en motores, rodamientos, equipos que contengan fricción, altas velocidades que generen calor y necesiten un monitoreo para mantener la temperatura controlada y evitar pérdidas de energía por sobrecalentamiento, todo esto es parte de una buena auditoría energética. (Fluke, 2019)

### **7.5.2.1. Modo de empleo**

Se enciende la cámara y se coloca en dirección al equipo al que se le quiera medir la temperatura, luego se evalúa si el equipo está en el rango de temperatura de operación, y si no estuviera en el rango, existe una pérdida de energía que hace ineficiente el uso de los recursos energéticos, se procede a evaluar el problema y corregirlo para evitar este tipo de pérdidas (Limited, 2018).

Figura 7. **Cámara termográfica**



Fuente: Fluke (2019). *Categorías de productos*. Recuperado de <https://www.fluke.com/es-es/productos> Consulta: noviembre 2019.

### **7.5.3. Otros equipos**

Los siguientes equipos serán complementarios para realizar una adecuada auditoría energética:

#### **7.5.3.1. Computadora portátil**

Este equipo nos ayudará a organizar de manera adecuada toda la información, así como para análisis de las corrientes, gráficas estadísticas, observaciones de procedimientos, en fin, es esencial para desarrollar un proceso de auditoría energética. Todas las gráficas de estadística descriptiva se deben de realizar con una computadora. (Santelices, 2017)

#### **7.5.3.2. Herramientas**

Las herramientas más comunes para realizar nuestra auditoría son: desarmadores planos y Phillips dieléctricos, linterna, metro de cinta y herramientas que ayuden en el ambiente en que se esté trabajando. (Santelices, 2017)

#### **7.5.3.3. Material de seguridad**

En una auditoría energética es necesario tener medidas de seguridad ante el riesgo eléctrico, caídas o quemaduras. Para esto es necesario contar con EPP y guantes dieléctricos, lentes de protección, casco y alfombra dieléctrica. Tanto el auditor como sus ayudantes deben de contar con todo el material necesario de seguridad, tener consciencia y conocimiento básico de seguridad industrial, así como las normativas internas de la empresa en que se realiza la auditoría (Chacón, 2015).





## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

RESUMEN DEL MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Eficiencia energética

1.1.1. Historia de la eficiencia energética

1.1.2. Que es la eficiencia energética

1.1.3. Que es la auditoría energética industrial

1.1.4. Instrumentación para auditorías energéticas

#### 1.2. ISO 50001

1.2.1. Fases de una auditoría energética industrial

1.2.1.1. Evaluación de diagnóstico

1.2.1.2. Mediciones y recogida de datos

1.2.1.3. Análisis y fase final

#### 1.3. Instrumentos de medición

1.3.1. Analizadores de redes

1.3.2. Cámara termográfica

1.3.3. Otros equipos

1.3.3.1. Computadora

- 1.3.3.2. Herramientas
- 1.3.3.3. Seguridad industrial

## 2. RECOLECCIÓN DE DATOS

- 2.1. Idealizaciones de la investigación
- 2.2. Análisis energético
  - 2.2.1. Determinación del potencial energético disponible
  - 2.2.2. Determinación de la capacidad instalada teórica
- 2.3. Determinación de costos
  - 2.3.1. Determinación de los costos de reacondicionamiento de la maquinaria
    - 2.3.1.1. Horas-hombre
    - 2.3.1.2. Electricidad
    - 2.3.1.3. Insumos
      - 2.3.1.3.1. Equipo de seguridad Industrial
      - 2.3.1.3.2. Herramienta
      - 2.3.1.3.3. Maquinaria
  - 2.3.2. Resumen de costos de reacondicionamiento

## 3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- 3.1. Energía eléctrica real consumida
- 3.2. Energía teórica
- 3.3. Costos

## 4. ANÁLISIS DE COSTOS / ANÁLISIS FINANCIERO

- 4.1. Valor actual neto
- 4.2. Tasa interna de retorno

## CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS



## **9. METODOLOGÍA**

La metodología se enfoca en el desarrollo de actividades para alcanzar los objetivos específicos de la presente propuesta.

### **9.1. Tipo de estudio**

La presente investigación es de tipo mixto, que consiste en desarrollar una propuesta para hacer más eficiente el consumo de energía eléctrica en el taller de metal mecánica “Industrias y Servicios S.A.” ubicado en Villa Nueva.

### **9.2. Objetivos específicos del trabajo que se realizará**

- Determinar el consumo eléctrico teórico mediante placas técnicas de consumo, hojas técnicas y manuales de usuario.
- Determinar el consumo eléctrico real mediante mediciones en campo general y por equipo.
- Determinar la viabilidad financiera y técnica de la propuesta para la mejora potencial del consumo eléctrico.

### **9.3. Actividades a desarrollar para dar cumplimiento al objetivo específico**

Las actividades para desarrollar se detallan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla IV. **Actividades para el cumplimiento del objetivo específico**

|     |   |
|-----|---|
| 1.  | Determinar el consumo eléctrico teórico mediante placas técnicas de consumo, fichas técnicas y manuales de usuario: se verificará con cada usuario de cada maquinaria la información teórica de consumo de cada equipo, mediante información en la maquina u otro tipo de información fiable. |
| 1.1 | La técnica de recolección de la información será por medio de entrevistas con los usuarios, en las cuales se determinará si existe dicha información.   |
| 1.2 | Luego de determinar qué información existe por medio de la observación (placas de consumo, hojas técnicas o manuales) se extraerá la información técnica que se necesita.   |
| 2.  | Determinar el consumo eléctrico real mediante mediciones en campo general y por equipo: por medio de la observación en campo y mediciones adecuadas se definirá el consumo real del taller en general y el consumo por cada equipo.   |
| 2.1 | Se hará una medición general por medio de la observación, por una semana para recopilar información real del consumo general del taller, en este se evaluará la calidad de la energía, armónicos y picos de consumo.  |
| 2.2 | Se medirá equipo por equipo para obtener un consumo real por sección del taller, con esto podremos ir comparando con los datos de consumo teórico.  |
| 2.3 | Se hará una comparación total del consumo real vs. el teórico con los datos obtenidos.  |
| 2.4 | En este punto se hará una auditoría energética completa para poder realizar con una mayor información la propuesta de mejora en cada área.  |

Continuación tabla IV.

|     |   |
|-----|---|
| 3.  | Determinar la viabilidad financiera y técnica propuesta para la mejora potencial del consumo eléctrico: en esta fase, al haber determinado los factores de mejora, de determinará si es viable la propuesta para mejorar el consumo, se tomará en cuenta el tipo de inversión y retorno que se realizará. |
| 3.1 | Se evaluará el contrato o tarifa eléctrica para buscar opciones de mejora.  |
| 3.2 | Se realizará con base en la propuesta de mejora el estudio de retorno de la inversión con el consumo proyectado.  |
| 3.3 | Se realizará con base en la propuesta de mejora, si es cuestión de mantenimientos preventivos, el retorno de inversión al aplicar este tipo de prácticas.   |

Fuente: elaboración propia.

#### **9.4. Versión preliminar del instrumento de recolección que se utilizará**

Objetivo 1: para el objetivo 1, se utilizará una encuesta con los usuarios de los equipos, observación en campo de placas de información de consumo en los equipos, bases de datos de las hojas técnicas o manuales de cada quipo que se estudiará, hojas técnicas y manuales de transformadores secos, si existieran en el taller.

Objetivo 2: para el objetivo 2, se utilizará observación y métodos de medición *in situ*, mediante equipos especiales para realizar mediciones confiables, se utilizará bibliografía para la realización de la auditoría energética según ISO 50001, recibos de energía eléctrica para realizar el análisis de



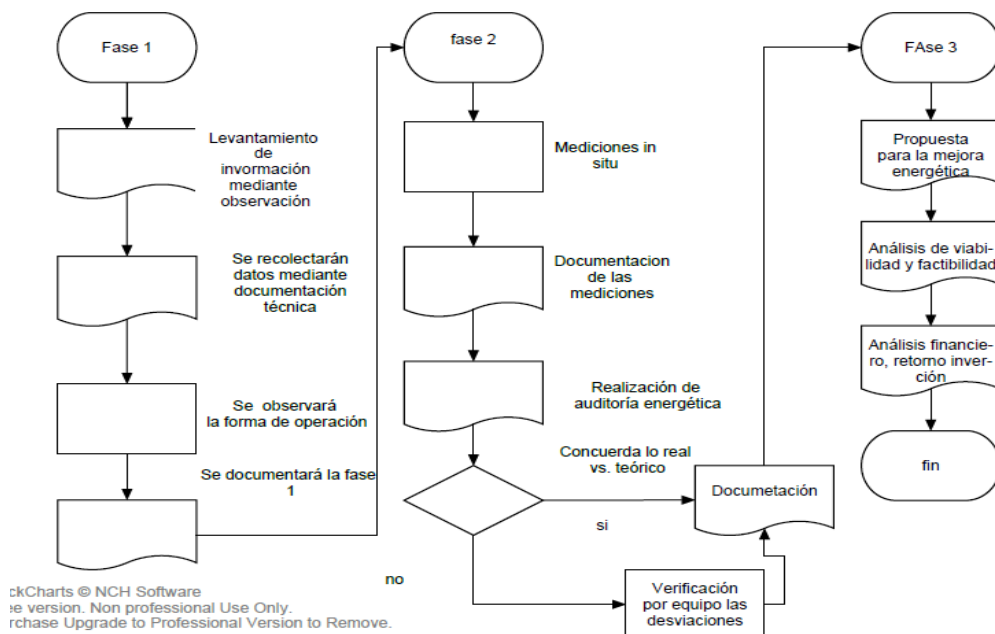
consumo, comparaciones de consumo real y teórico, Se utilizará bibliografía para realizar la propuesta de mejora.

Objetivo 3: para el objetivo 3, se utilizará lo obtenido en el objetivo 1 y 2, desde allí se desarrollará todo el estudio de la mejora en términos de viabilidad financiera y técnica, se utilizará bibliografías para realizar análisis financiero de retorno de inversión, tiempos de retorno de inversión y la determinación de la inversión.

### 9.5. Diagrama del modelo metodológico propuesto

El diagrama de flujo de actividades se realizará en tres fases, cada fase está formada por una serie de procedimientos que se llevarán a cabo como se muestra en la figura 8.

Figura 8. Diagrama de flujo de actividades



Fuente: elaboración propia.

## **10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

### **10.1. Enfoque del trabajo que se realizará (cuantitativo, cualitativo o mixto)**

El enfoque del trabajo es mixto, porque se realizarán entrevistas para obtener información de operación de la maquinaria para encontrar si existen también problemas de operación que incrementen el consumo energético, y a la vez se harán mediciones en campo para determinar valores reales de consumo comparándolos con el consumo teórico de hojas técnicas y/o placas de información de la maquinaria. Los dos enfoques nos ayudarán a presentar la propuesta para la mejora de la eficiencia energética.

### **10.2. Tipo de investigación que se realizará y alcance**

El trabajo a realizar es cuasi-experimental, es catalogado así debido a que se tienen elementos cuantitativos y cualitativos en el enfoque, y que no habrá manipulación de las variables para probar una hipótesis, sino será una propuesta, según los análisis e información que se obtenga.

El alcance será descriptivo, porque debido a las variables que se estudiarán como, por ejemplo: las configuraciones primarias de los transformadores, tipo de instalación eléctrica, contrato eléctrico (si existe) tipo de instalación mecánica, mantenimientos y procedimientos operativos, nos describirán las variables con las que haremos la propuesta para la mejora energética.

En este trabajo de graduación de acuerdo con los objetivos específicos del trabajo se utilizará la estadística descriptiva, debido a que las mediciones teóricas se podrían evaluar mejor en conjunto con las mediciones reales en un histograma para cada equipo. Así como el histórico de consumo total que se hará con un analizador de calidad de la corriente. Todas estas gráficas serán descriptivas y nos darán los consumos teóricos y reales, con lo cual se harán los análisis financieros y de retorno de inversión enlazados a la propuesta de mejora energética.

## 11. CRONOGRAMA PRELIMINAR DE ACTIVIDADES

Figura 9. Cronograma

|  | Del: | 2/17/2020 | 2/24/2020 | 3/2/2020 | 3/9/2020  | 3/16/2020 | 3/30/2020 | 4/6/2020  | 4/13/2020 | 4/20/2020 | 4/27/2020 | 5/4/2020 | 5/11/2020 |
|--|------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| Actividad                                | Al:  | 2/20/2020 | 2/28/2020 | 3/6/2020 | 3/13/2020 | 3/27/2020 | 4/3/2020  | 4/10/2020 | 4/17/2020 | 4/24/2020 | 5/1/2020  | 5/8/2020 | 5/15/2020 |
| Levantamiento de información             |      | ■         |           |          |           |           |           |           |           |           |           |          |           |
| Recolección de datos                     |      |           | ■         |          |           |           |           |           |           |           |           |          |           |
| Observación de la operación              |      |           |           | ■        |           |           |           |           |           |           |           |          |           |
| Documentación fase 1                     |      |           |           |          | ■         |           |           |           |           |           |           |          |           |
| Mediciones In situ                       |      |           |           |          |           | ■         |           |           |           |           |           |          |           |
| Documentación de las mediciones en campo |      |           |           |          |           |           | ■         |           |           |           |           |          |           |
| Realización de auditoría energética      |      |           |           |          |           |           |           | ■         |           |           |           |          |           |
| Comparación de resultados                |      |           |           |          |           |           |           |           | ■         |           |           |          |           |
| Documentación fase 2                     |      |           |           |          |           |           |           |           |           | ■         |           |          |           |
| Propuesta de la mejora de energía        |      |           |           |          |           |           |           |           |           |           | ■         |          |           |
| Análisis de viabilidad y factibilidad    |      |           |           |          |           |           |           |           |           |           |           | ■        |           |
| análisis financiero de inversión         |      |           |           |          |           |           |           |           |           |           |           |          | ■         |
| Presentación completa de la propuesta    |      |           |           |          |           |           |           |           |           |           |           |          | ■         |

Fuente: elaboración propia.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

En lo que se refiere a equipos de medición, se tendrá que alquilar equipos para realizar las mediciones necesarias, tales como: los analizadores de corriente, los termógrafos, multímetros para mediciones industriales y otros.

Actualmente se cuenta con multímetro Milwaukee categoría III M2217-20 este se utilizará para realizar mediciones en campo y determinar el consumo por cada equipo, el analizador y la cámara termográfica se tendrán que alquilar a un costo de Q90.00/ día cada equipo, el cual se hará por financiamiento propio. Se cuenta con los premisos necesarios para realizar el estudio completo y el personal que requiera para realizar algún tipo de análisis o para recolectar información. Los costos de computadora, impresiones, viáticos y combustible serán por financiamiento propio, por todo lo anterior se considera que la realización del estudio es factible.



### 13. REFERENCIAS

1. Bolaños, R. M. (2017). *MEM y USAC se unen para disminuir 30% de consumo de energía en el Estado*, Prensa libre, pág. 1-2. Recuperado de <https://www.prensalibre.com/economia/mem-y-usac-se-unen-para-disminuir-30-de-consumo-de-energia-en-el-estado/>
2. Chacón, C. A. (2015). *Estudio de accidentes eléctricos y peligro de arco eléctrico*, Santiago, Chile: Ciencia y trabajo. Recuperado de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-24492015000200005](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-24492015000200005)
3. Chang, L.A. (2018). *Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de Guatemala*, Guatemala, Guatemala: Ministerio de Energía y Minas, Recuperado de [www.mem.gob.gt](http://www.mem.gob.gt)
4. Company, J. A. (2017). *Breve historia de la eficiencia energética*, Tarragona, España: El periódico verde, Recuperado de <https://www.ecoticias.com/especial-eficiencia-energetica-2016/129822/Breve-historia-eficiencia-energetica>.



5. Díaz y Roncal, M. R. (2017). *Propuesta de un programa de ahorro de energía para disminuir los costos energéticos en el proceso productivo de metalmecánica de la empresa ipsycom ingenieros s.r.l. de la ciudad de cajamarca*, Peru: Universidad Privada del Norte.
6. Fluke. (2019). *Analizadores de energía Fluke*. Analizadores de calidad eléctrica, Washington, Estados Unidos: Autor. Recuperado de <https://www.fluke.com/es-es/producto/comprobacion-electrica/calidad-de-la-energia-electrica/434-series-ii>
7. IFPEB (2013). *Las auditorías energéticas y su proceso de redacción*. Italia: Construcción 21. Recuperado de: [www.construccion21.org](http://www.construccion21.org).
8. Losaosa, D. L. (2018). *Auditoría energética industrial*. Barcelona, España: Certicalia. Recuperado de <https://www.certicalia.com/auditoria-energetica-industrial/que-es-la-auditoria-energetica-industrial>
9. Ministerio de Economía de Panamá (2002). *Estrategia para la promoción de la eficiencia energética y plan de acción. Estrategia para la promoción de la eficiencia energética y plan de acción*, Panamá: Autor.
10. Peña, E. R. (2013). *La importancia de un buen diagnóstico para la mejora de la eficiencia energética*. Recuperado de <https://blogs.salleurl.edu/es/arquitectura/diagnostico-eficiencia-energetica>

11. Rodríguez, M. (2012). *ISO 50001*. Recuperado de [https://geoinnova.org/blog-territorio/iso-50001-sistema-de-gestion-energetica/?gclid=EAlaIqobChMI2\\_\\_Vm9a75QIVGKSzCh2-6gj7EAAYASAAEgIFKPD\\_BwE](https://geoinnova.org/blog-territorio/iso-50001-sistema-de-gestion-energetica/?gclid=EAlaIqobChMI2__Vm9a75QIVGKSzCh2-6gj7EAAYASAAEgIFKPD_BwE)
12. Rousaud, E. (2017). *¿Qué es la eficiencia energética?*. Barcelona, España: Factor energía. Recuperado de [www.factorenergia.com](http://www.factorenergia.com).
13. Santelices, I. (2017). *Guía e implementación de sistemas de gestión basado en ISO 50001, Santiago, Chile*: Agencia de sostenibilidad energética. Recuperado de <https://www.guiaiso50001.cl/iso-50001/>
14. Serrano, P. (2015). *Medir con equipos y aparatos para la auditoría energética de edificios*. Certificados energéticos, Valencia, España: Certificados energéticos. Recuperado de [www.certificadosenergeticos.com](http://www.certificadosenergeticos.com).
15. Tool Boom (2018). *Supermarket for engineers*. Cámara termográfica. Hong Kong: Autor. Recuperado de <https://toolboom.com/es/thermal-imaging-camera-fluke-ti10/>