



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

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA PROPUESTA DE GESTIÓN  
ENERGÉTICA ELÉCTRICA, PARA UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE  
CULINARIOS DESHIDRATADOS EN UNA FÁBRICA DE ALIMENTOS**

**José Amilcar Solares Pedroza**

Asesorado por el Ing. José Luis Ola García

Guatemala, julio de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA PROPUESTA DE GESTIÓN  
ENERGÉTICA ELÉCTRICA, PARA UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE  
CULINARIOS DESHIDRATADOS EN UNA FÁBRICA DE ALIMENTOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JOSÉ AMILCAR SOLARES PEDROZA**  
ASESORADO POR EL ING. JOSÉ LUIS OLA GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, JULIO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **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 LA INVESTIGACIÓN DE LA PROPUESTA DE GESTIÓN ENERGÉTICA ELÉCTRICA, PARA UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CULINARIOS DESHIDRATADOS EN UNA FÁBRICA DE ALIMENTOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 10 de febrero de 2014.



**José Amilcar Solares Pedroza**



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**  
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226



0000911

**ADSE-MEAPP-003-2015**

Guatemala, 08 de abril de 2015.

Director:  
César Ernesto Urquizú Rodas  
Escuela de **Ingeniería Industrial**  
Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del (la) estudiante **José Amilcar Solares Pedroza** con carné número **2006-11523**, quien opto 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 Energía y Ambiente**.

Y si 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 Decimo, 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.

Sin otro particular, atentamente,

**M.A. José Luis Ola García**  
Ingeniero Electricista & MBA  
Experto en Energías Renovables  
Colegiado 6,349

*"Id y enseñad a todos"*

**Ing. Juan C. Fuentes M.**  
M.Sc. Hidrología  
Colegiado No. 2,504

MA. Ing. José Luis Ola García  
Asesor (a)

MSc. Ing. Juan Carlos Fuentes M.  
Coordinador de Área  
Desarrollo social y energético

MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Director  
Escuela de Estudios de Postgrado




Cc: archivo  
/la



REF.DIR.EMI.127.015

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 Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA PROPUESTA DE GESTIÓN ENERGÉTICA ELÉCTRICA, PARA UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CULINARIOS DESHIDRATADOS EN UNA FÁBRICA DE ALIMENTOS**, presentado por el estudiante universitario **José Amilcar Solares Pedroza**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, julio de 2015.

/mgp



El Decano 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 LA INVESTIGACIÓN DE LA PROPUESTA DE GESTIÓN ENERGÉTICA ELÉCTRICA, PARA UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CULINARIOS DESHIDRATADOS EN UNA FÁBRICA DE ALIMENTOS**, presentado por el estudiante universitario: **José Amilcar Solares Pedroza**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar Blanco  
Decano



Guatemala, julio de 2015

/cc

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
RESUMEN.....	V
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
4. JUSTIFICACIÓN .....	9
5. OBJETIVOS.....	11
6. ALCANCES.....	13
7. MARCO TEÓRICO .....	15
7.1. Proceso productivo (elaboración de culinarios sopas y sazonadores deshidratados).....	15
7.2. Eficiencia energética y ahorro energético .....	17
7.3. Equipos para la producción de culinarios deshidratados .....	18
7.3.1. Motores eléctricos.....	18
7.3.2. Iluminación .....	24
7.4. Indicadores energéticos .....	25
7.5. Auditoría energética .....	27



8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO .....	29
9.	METODOLOGÍA .....	31
9.1.	Tipo de estudio .....	31
9.2.	Variables principales.....	31
9.3.	Fases de investigación .....	32
9.3.1.	Fase 1: diagnóstico energético .....	32
9.3.2.	Fase 2: desarrollo de plan de gestión energética.....	34
9.3.3.	Fase 3 creación de estándares y mejora continua .....	36
9.3.4.	Fase 4: monitorización y mejora continua .....	37
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN .....	39
11.	CRONOGRAMA .....	41
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	43
	BIBLIOGRAFÍA.....	45
	APÉNDICE .....	47

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Cronograma .....	41
----	------------------	----

### TABLAS

I.	Características de las lámparas más utilizadas en la industria .....	25
II.	Variables .....	31
III.	Recursos necesarios para la investigación .....	43



## **RESUMEN**

Específicamente para el área de deshidratados (área relacionada con la presente investigación), el Ministerio de Economía de la República de El Salvador propone el análisis de equipos transversales y puntos de partida de energía eléctrica, como calderas de vapor, sistemas de generación de frío (aires acondicionados, refrigeradores, entre otros), sistemas de generación y distribución de aire comprimido, transformadores y elementos eléctricos.



# 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, temas como la eficiencia energética han cobrado gran auge, en contrapeso a los grandes problemas ambientales y los altos costos energéticos de las actividades productivas y cotidianas. En la industria se considera de suma importancia elementos como el ahorro y la eficiencia, sin embargo, en años anteriores no se consideraba “relevante” manejar indicadores de productividad tomando en cuenta el consumo energético.

Por lo tanto, en relación al tema energético, una de las mejores opciones para asegurar un ahorro y la correcta relación entre producción y entorno, es el desarrollo de un plan de gestión energética apropiado, en el cual se detallen todos los aspectos y elementos fundamentales que puedan contribuir o no con ahorros considerables para una organización o compañía.

Para esta investigación, se pretende optimizar el proceso productivo analizando específicamente el consumo energético en términos de electricidad (maquinaria, iluminación, entre otros), de manera que se puedan plantear soluciones sustentables y que generen ahorros considerables a la compañía.

En el primer capítulo, se describirán los antecedentes relacionados a temas de eficiencia y gestión energética (la industria guatemalteca, la utilización de la energía eléctrica en la industria alimenticia). En el segundo capítulo, se abordará el marco teórico relacionado a motores eléctricos y luminarias. Para el tercer capítulo se realizará un diagnóstico de la situación actual, en donde se describirá la preparación y recolección de la información, el análisis de datos y la identificación de oportunidades. A través del capítulo cuatro se desarrollará el

plan de gestión de acuerdo a los resultados obtenidos en el capítulo anterior, considerando normativas internacionales (ISO 50001), proponiendo la metodología a seguir y los indicadores para la generación de acciones preventivas y correctivas.

## **2. ANTECEDENTES**

En la publicación desarrollada por la Asociación de Empresas de Alimentos de Chile (2012), se ha trabajado en relación a planes de gestión y eficiencia energética en países como Chile y España. Para el primero, se elaboró un manual de eficiencia energética en la industria de alimentos elaborados (conservas, deshidratados, congelados y jugos concentrados), en el cual se desarrolló un modelo de trabajo compuesto por un diagnóstico de energía, implementación de mejoras, seguimiento y determinación de resultados.

Específicamente para el área de deshidratados (área relacionada con la presente investigación), el Ministerio de Economía de la República de El Salvador propone el análisis de equipos transversales y puntos de partida de energía eléctrica, como calderas de vapor, sistemas de generación de frío (aires acondicionados, refrigeradores, entre otros), sistemas de generación y distribución de aire comprimido, transformadores y elementos eléctricos.

La Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas, propone mejoras puntuales como la instalación de motores de alta eficiencia, los cuales implican inversiones altas pero que se compensan en tiempos de entre 4 a 6 meses. También se hace énfasis en el análisis de luminarias y la implementación de tecnología led, tomando en cuenta los requerimientos de iluminación básicos (lúmenes óptimos para la actividad productiva). En resumen, se describe la importancia del análisis actual en el cual se deben observar fenómenos poco eficientes, el proceso y su flujo, la habilidad y cultura de ahorro de las personas, entre otros.



En Perú, el Ministerio de Energía y Minas, de acuerdo a su publicación *Elaboración de proyectos de guías de orientación del uso eficiente de la energía y de diagnóstico energético en la industria de alimentos* (2008), declara que la industria de alimentos presenta grandes oportunidades de ahorro en materia de energía y consumo. Al ser una industria importante con altos márgenes de utilidad, se tiende a producir sin miramientos en cuanto a recursos o tiempo. A partir de esta premisa, se describe el alto impacto de calderas, refrigeración e iluminación considerando, también, la manera ineficiente de producción de muchas organizaciones relacionadas o parte de esta industria.

En el 2011, la Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas, en su estudio de sostenibilidad en la industria de alimentación y bebidas, desarrolló un análisis de sostenibilidad en la industria de alimentos y bebidas, en el cual se examina la situación de España para ese momento, en función a las iniciativas en los distintos aspectos de sostenibilidad y eficiencia. Se presentaron distintos retos con los que se busca fomentar el ahorro y la gestión energética en la industria, así como la sostenibilidad ambiental que está íntimamente relacionada con la eficiencia y optimización del consumo energético.

Según Sevilleja, en su publicación *Eficiencia energética en el sector industrial* (2011), otra forma de analizar la situación energética en la industria es por medio de un método *top-down*, analizando desde un nivel macroeconómico, pasando por el sector industrial en su conjunto y finalmente para las agrupaciones de actividad del sector industrial más intensivas en energía.

Otro antecedente relacionado es el proyecto CO2OP, realizado por las Cooperativas Agro-Alimentarias en el año 2010. Este se llevó a cabo en una

serie de fases. Se comenzó con el desarrollo de un alto número de auditorías energéticas (30). Para la consecución de las mismas, se contó con el apoyo técnico de Creara Consultores, empresa especializada en el ahorro y la eficiencia energética. A partir de lo anterior, se analizaron los distintos factores involucrados con el proceso productivo, observando el método de trabajo, la maquinaria y tecnología actual, con lo cual se propuso un manual de eficiencia y ahorro logrando establecer el balance energético de las plantas.

En Guatemala, sobresale el caso de los ingenios azucareros. La principal fuente de energía para un ingenio azucarero la constituye la quema del bagazo para la obtención de vapor en las calderas. El uso eficiente del bagazo como combustible representa una de las ventajas competitivas más importantes de la industria azucarera de caña. Manuel Escamilla, en su tesis *Análisis energético integral de Ingenio Santa Teresa, S. A.* (2007) pretende establecer una nueva metodología para el análisis energético de ingenios azucareros. Se analiza el Ingenio Santa Teresa, S. A. a partir de balances de masa, energía y exergía, complementados con un análisis mecánico de los equipos que permita establecer de forma más clara la relación causa – efecto de las deficiencias energéticas de la planta.



### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, en la compañía de alimentos a analizar, se maneja la producción de culinarios deshidratados (sopas, sazonadores, tabletas, entre otros). Varios de los indicadores clave de la compañía se relacionan directamente con el consumo energético eléctrico, con base en esto, se ha generado la inquietud de trabajar en la reducción y gestión del mismo. Durante los últimos años, se han desarrollado varias iniciativas y proyectos para mejorar la situación descrita, sin embargo, no se ha realizado ningún estudio de eficiencia energética.

A partir de las situaciones anteriores, se considera relevante la elaboración de un plan de gestión energética, con el fin de minimizar los costos de energía eléctrica y así impactar el costo de conversión por unidad producida.

Entonces, la pregunta principal sería, ¿se podrá desarrollar una propuesta de gestión energética para una línea de culinarios deshidratados? Para responder a la misma, se deberán resolver previamente los siguientes cuestionamientos secundarios: ¿cómo reducir el consumo energético por unidad producida?, ¿cuáles son los puntos críticos de control que se deben establecer?, ¿qué indicadores se podrán plantear para el monitoreo del consumo energético? y finalmente, ¿cómo se asegurará y se controlará el cumplimiento de acuerdo a las medidas y soluciones planteadas?



## **4. JUSTIFICACIÓN**

Este informe se desarrolla de acuerdo a la línea de investigación de eficiencia energética de la maestría de energía y ambiente de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Para cualquier organización manufacturera, es de suma importancia mantener sus costos de fabricación dentro de niveles óptimos. Uno de los campos a considerar es el consumo de energía. En la actualidad, el tema de eficiencia energética es fundamental, tomando en cuenta las nuevas tendencias que apuntan hacia economías altamente productivas y rentables.

Por tal razón, es importante el trabajo de la industria en el campo de la eficiencia energética, por lo que se debe caminar con base en metodologías que busquen la mejora continua en cada uno de los componentes de la cadena de conversión y fabricación. Entre estos componentes se debe considerar el método de trabajo, la maquinaria y el personal; de manera que se busque la optimización de dichos recursos mejorando los sistemas de trabajo, optimizando la tecnología de la maquinaria y capacitando al personal encaminándolo hacia una conducta de ahorro y eficiencia.

A partir de los factores descritos, se considera de suma urgencia la reducción de costos en relación al consumo energético (utilización y máximo aprovechamiento de la electricidad), pero, además, se identifica la necesidad de contribuir con las condiciones de trabajo y con el mejoramiento de equipos, así como al desarrollo de los colaboradores, promoviendo entrenamientos y capacitaciones enfocados a estos temas. Por lo tanto, la elaboración de la

investigación se justifica, debido al impacto que generará en cada uno de los elementos mencionados (reducción de costos en electricidad y mayor rentabilidad por unidad producida).

## 5. OBJETIVOS

### **General:**

Elaborar una propuesta de gestión energética eléctrica en la elaboración de culinarios deshidratados (producto terminado).

### **Específicos:**

1. Elaborar un diagnóstico de consumo energético eléctrico para toda la línea de producción.
2. Establecer los puntos críticos de control que mejorarán la utilización de los recursos disponibles.
3. Diseñar un plan de gestión energética y estándares críticos en la línea de acuerdo a las necesidades observadas.
4. Establecer una metodología de monitorización y control energético.





## **6. ALCANCES**

Básicamente, la necesidad a cubrir es la falta de un plan de gestión energética, con el cual se puedan obtener ahorros importantes y minimización del consumo energético en la línea de mayor volumen de la fábrica (sopas).

Con la elaboración de la propuesta de gestión energética eléctrica, se pretende desarrollar un plan efectivo que sea aplicado en toda la fábrica de manera progresiva y, además, que se considere en cualquier planta manufacturera o, incluso, de distribución y almacenamiento.

Finalmente, contribuir de alguna manera con la industria guatemalteca, demostrando la importancia de la utilización eficiente de la electricidad y la generación de una cultura de ahorro y gestión, que busque el máximo aprovechamiento de los recursos energéticos.



## 7. MARCO TEÓRICO

### 7.1. Proceso productivo (elaboración de culinarios sopas y sazonadores deshidratados)

El proceso de elaboración de culinarios deshidratados es un proceso sencillo que involucra varios elementos energéticos (motores eléctricos, compresores, iluminación, entre otros).

A continuación se describe de manera sencilla:

- Dosimetría: consiste en el pesado y dosificación de los ingredientes minoritarios de las premezclas, las cuales aportan la mayor parte del sabor final a la receta.
- Mezclado en la torre de “mezclas” (tres niveles, flujo 3-2-1).
  - Tercer nivel (3)
    - Silos mayoritarios (sal, glutamato, almidón, entre otros)
    - Tolva de minoritarios (ingredientes primarios)
  - Segundo nivel (2)
    - Mezcladora (4 motores eléctricos)
    - Inyector de grasa de gallina
  - Primer nivel (1)

- Recepción de premezcla en bolsas grandes de semielaborado.
  - Balanza de pesaje de bolsa de semielaborado.
- Colocación de bolsa de base o semielaborado en polipasto para alimentación de tolvas con vibrador.
- Recepción de semielaborado o base en máquina llenadora.
- Corte y llenado de bolsa de producto final.
- Sellado.
- Embalado.
- Transporte a bodega de producto terminado.
- Traslado a centro de distribución.

Inicialmente, se seleccionan y pesan los ingredientes minoritarios, para la elaboración de la premezcla o base, en básculas de alta precisión por operadores de dosimetría. Seguidamente, los ingredientes pesados y etiquetados se trasladan al tercer nivel de la torre de mezclas para ser colocados en la tolva de ingredientes minoritarios. En este nivel se encuentran los silos de ingredientes mayores como sal, glutamato, azúcar y almidón. Al dosificar los ingredientes correspondientes (mayores y menores) se procede a realizar el mezclado en el segundo nivel de la torre de mezclas. De acuerdo a la receta a preparar, el operador de la mezcladora procede a programar la misma, con el tiempo correspondiente de rotación de aspas y alimentación con grasa de gallina líquida.

Después de mezclados los ingredientes, se envían al primer nivel de la torre para que se reciba la base o premezcla final, en bolsas grandes de semielaborado o *bigbags*, en donde son pesadas y etiquetadas. Después de ser etiquetadas, las bolsas se envían a la nave de llenado, en donde se colocan en polipastos de manera que puedan alimentar las tolvas que van hacia la máquina de llenado. La máquina llenadora recibe la premezcla y dosifica la cantidad apropiada para que sea sellada y embalada como producto final.

El producto final se coloca en tarimas que posteriormente son trasladadas a la bodega de producto terminado. Una vez finalizado el lote de producción, se procede a enviarlo a los mercados correspondientes.

## **7.2. Eficiencia energética y ahorro energético**

La eficiencia energética en la industria, tiene que ver con la obtención de productos (bienes o servicios) con una cantidad menor de energía, con la mejor calidad posible, menores índices de contaminación y bajos precios (Aedenat et. al., 1998).

A partir de lo anterior, la eficiencia energética es la acción de reducir la cantidad de energía necesitada para suplir la demanda sin afectar la calidad de vida. Implica la sustitución de un equipo por otro que, con las mismas características, consuma menores cantidades de electricidad o energía. No implica cambios en los hábitos de consumo (el comportamiento del usuario sigue siendo el mismo), pero se consume menos energía ya que el consumo energético para llevar a cabo el mismo servicio es menor (Instituto Tecnológico de Canarias, 2008).

El ahorro energético consiste en un cambio en los hábitos de consumo, básicamente, en la eliminación de los comportamientos despilfarradores de energía. El ejemplo más simple de ahorro energético consiste en apagar las luces al salir de una habitación o cualquier equipo que no se esté utilizando. Para reducir al máximo el consumo energético, se deberían desarrollar medidas de ahorro y eficiencia energética. Al final, el objetivo no es reducir la calidad de vida de las personas, sino de mantenerla o mejorarla (Centro de Eficiencia Energética de Gas Natural Fenosa, 2008).

Por último, ¿por qué es necesario ahorrar energía? El ahorro de energía es una forma sencilla y eficaz de reducir las emisiones de dióxido de carbono y de otros gases de efecto invernadero. Además, entre otras ventajas, se puede lograr procesos amigables con el ambiente y la salud humana. También se debe ahorrar energía porque esto conllevará ventajas económicas (menor cantidad a pagar por servicio de energía) (Centro de Eficiencia Energética de Gas Natural Fenosa, 2008).

### **7.3. Equipos para la producción de culinarios deshidratados**

A continuación se presentan los equipos para la producción de culinarios deshidratados.

#### **7.3.1. Motores eléctricos**

Los motores eléctricos se pueden definir como dispositivos que transforman energía mecánica a partir de energía eléctrica, la cual toman por sus bornes (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, 2009).

De manera sencilla, los motores eléctricos se clasifican en motores de corriente alterna y motores de corriente continua. Los más comunes en la industria son los motores eléctricos de corriente alterna, que a su vez se dividen en motores síncronos y asíncronos. Los motores de corriente alterna asíncronos, tanto monofásicos como trifásicos, tienen una mayor aplicación, debido a sus relativamente bajos costos de fabricación, fácil utilización y eventual necesidad de mantenimiento (Timmer, Helinko, & Eskola, 2007).

“Es importante mencionar que un motor eléctrico está constituido por un circuito magnético y dos eléctricos, el estator se encuentra ubicado en la parte fija y el rotor en la parte móvil. El circuito magnético se encuentra constituido por chapas apiladas en forma de cilindro en el rotor (parte móvil) y en forma de anillo en el estator (parte fija). Se coloca el cilindro en el interior del anillo de manera que pueda girar libremente, proporcionándole un entrehierro constante” (Marrufo & Castillo, 2011, p. 289).

El anillo se dota de ranuras en su parte interior, para que se pueda colocar el bobinado inductor, este es envuelto exteriormente por un elemento metálico con soporte llamado “carcasa” (Marrufo & Castillo, 2011, p. 289).

“El cilindro se coloca de forma contigua al eje del motor, y puede ser ranurado en su superficie, esto con el objetivo de lograr colocar el bobinado inducido; también se le pueden adecuar conductores de gran sección soldados a anillos del mismo material en los extremos del cilindro, similar a una jaula de ardilla. A partir de esto es que reciben el nombre de rotor de jaula de ardilla.” (Marrufo & Castillo, 2011, p. 289).

“El eje se apoya en unos rodamientos de acero para evitar rozamientos y se saca para transmitir el movimiento llevando acoplado un ventilador para



refrigeración. Los extremos de los bobinados se sacan y se conectan a la placa de bornes” (Marrufo & Castillo, 2011, p. 289).

- Funcionamiento

Un motor asíncrono de inducción, se acciona en función del flujo giratorio generado en el circuito estatórico. Este flujo es creado por el bobinado estatórico que corta los conductores del rotor, lo que genera fuerzas electromotrices inducidas (Marrufo & Castillo, 2011).

La velocidad de rotación es siempre inferior a la velocidad del sincronismo. Si existe un movimiento relativo entre los conductores y el flujo giratorio, se generará una fuerza electromotriz. A la diferencia entre la velocidad del flujo giratorio y la del rotor se le llama deslizamiento (Marrufo & Castillo, 2011).

- Motores trifásicos

“Los motores trifásicos constan de un bobinado inductor colocado en el estator que está formado por tres bobinados independientes desplazados  $120^\circ$  eléctricos entre sí, y alimentados por un sistema trifásico de corriente alterna. Pueden ser, de rotor en cortocircuito (jaula de ardilla) o de rotor bobinado” (Marrufo & Castillo, 2011, p. 291).

- Tensiones e intensidades en el estátor de los motores trifásicos

“Todo bobinado trifásico se puede conectar en estrella (todos los finales conectados en un punto común, alimentando el sistema por los otros extremos libres) o bien en triángulo (conectando el final de cada fase al

principio de la fase siguiente, alimentando el sistema por los puntos de unión).” (Marrufo & Castillo, 2011, p. 291).

“En la conexión estrella, la intensidad que recorre cada fase coincide con la intensidad de línea, mientras que la tensión que se aplica a cada fase es  $\sqrt{3}$  menor que la tensión de línea.” (Marrufo & Castillo, 2011, p. 291).

“En la conexión triángulo la intensidad que recorre cada fase es  $\sqrt{3}$  menor que la intensidad de línea, mientras que la tensión a la que queda sometida cada fase coincide con la tensión de línea.” (Marrufo & Castillo, 2011, p. 291).

Las ecuaciones son las siguientes:

Conexión estrella:

$$U_f = \frac{U_l}{\sqrt{3}} \quad I_f = I_l$$

(Marrufo & Castillo, 2011)

Conexión triángulo:

$$U_f = U_l \quad I_f = \frac{I_l}{\sqrt{3}}$$

(Marrufo & Castillo, 2011)

- Factor de potencia

Es la relación entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S).

$$f.d.p. = \frac{P}{|S|} = \cos(\Phi)$$

Donde  $\Phi$  es el ángulo entre la potencia activa  $P$  y el valor absoluto de la aparente  $S$  (Marrufo & Castillo, 2011).

- Rendimiento

“El rendimiento define la eficiencia con que es hecha la conversión de la energía eléctrica absorbida de la red por el motor, en energía mecánica disponible en el eje. Llamando “Potencia útil”  $P_u$  a la potencia mecánica disponible en el eje y “Potencia absorbida”  $P_a$  a la potencia eléctrica que el motor retira de la red, el rendimiento será la relación entre las dos.” (WEG, 2014, p.11).

- Frecuencia

“Es el número de veces por segundo que la tensión cambia de sentido y vuelve a la condición inicial. Es expresada en “ciclos por segundo” o “Hertz” y simbolizada por Hz”. (WEG, 2014, p. 11).

- Tensión máxima ( $U_{\text{máx}}$ )

“Es el valor de “pico” de la tensión, o sea, el mayor valor instantáneo alcanzado por la tensión durante un ciclo (este valor es alcanzado dos veces por ciclo, una vez positivo y una vez negativo).” (WEG, 2014, p. 11).

- Corriente máxima ( $I_{\text{máx}}$ )

“Es el valor de “pico” de la corriente.” (WEG, 2014, p. 11).

- Reparaciones y rebobinados de motor:

Es importante realizar reparaciones efectivas y adecuadas a los motores eléctricos. Una mala reparación generará mayores consumos energéticos y por lo tanto, una menor eficiencia; ya que se generan pérdidas y se reduce el factor de potencia (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, 2009).

“Un motor que sufrió un desperfecto en su devanado se debe rebobinar, al hacerlo, este disminuirá su eficiencia. Puede ocurrir lo siguiente:

- Calentamiento desmedido del hierro al quitar el devanado
- Daños en las ranuras al quitar el devanado dañado y montar el nuevo
- Diferente calidad y calibre del alambre
- Diferente número de vueltas
- Daños a los cojinetes y mala alineación.” (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, 2009, p. 5).

“Un motor eléctrico tiene como principal misión la transformación de energía eléctrica en energía mecánica que permita poner en movimiento el mecanismo del equipo en el que se instale. El funcionamiento de un motor se basa en las propiedades electromagnéticas de la corriente eléctrica y la posibilidad de crear a partir de ellas, unas determinadas fuerzas de atracción y repulsión encargadas de actuar sobre un eje y generar un movimiento de rotación. Con independencia de la tecnología que utilice, la eficiencia energética de un motor está caracterizada por una serie de pérdidas eléctricas y mecánicas en sus componentes y que se pueden agrupar en tres” (Centro de Eficiencia Energética de Gas Natural Fenosa, 2008, p. 67-68):

- “Pérdidas por efecto Joule: Tienen lugar como consecuencia de la resistencia que oponen los devanados del motor (rotor y estator) al paso de la corriente eléctrica.
- Pérdidas magnéticas: Pérdidas asociadas a los campos magnéticos presentes en el interior de la máquina.
- Pérdidas mecánicas: Son debidas a la fricción que ejerce el aire y los elementos fijos sobre las partes móviles del motor.” (Centro de Eficiencia Energética de Gas Natural Fenosa, 2008, p. 67-68).

“La mayor o menor eficiencia energética de un motor eléctrico depende de la magnitud de los diferentes tipos de pérdidas. Así, los motores con un diseño apropiado de sus devanados y partes móviles y unos materiales adecuados permiten, para una potencia en el eje similar, un menor consumo respecto de un motor más económico en el que estos aspectos no se hayan tenido en cuenta de forma exhaustiva. Pero hay otros factores que se refieren al régimen y modo de funcionamiento del motor. Entre estos factores se encuentra el dimensionamiento adecuado del motor para la aplicación a la que se haya destinado, otro aspecto es el régimen de carga, la alimentación del motor y el mantenimiento realizado.” (Centro de Eficiencia Energética de Gas Natural Fenosa, 2008, p. 68).

### **7.3.2. Iluminación**

El objetivo fundamental del sistema de iluminación es proporcionar un alumbrado energéticamente eficiente con calidad suficiente para que la visibilidad sea, en todo momento, la adecuada para garantizar el mantenimiento de la productividad y la seguridad de los ocupantes. (Centro de Eficiencia Energética de Gas Natural Fenosa, 2008, p. 73).

Desde el punto de vista energético, los elementos fundamentales de un sistema de iluminación son la lámpara, el equipo auxiliar y los sistemas de regulación. (Centro de Eficiencia Energética de Gas Natural Fenosa, 2008, p. 73).

Tabla I. **Características de las lámparas más utilizadas en la industria**

Tipo de lámpara	Índice de reproducción cromática (0-100)	Vida útil (horas)	Eficacia luminosa (lm/W)	Equipo auxiliar	Observaciones	Costo
Fluorescente	60-95	8 000-12 000	65-100	Arrancador, balasto y condensador	El balasto electrónico reduce su consumo en un 25 %	Reducido
Vapor de mercurio	50-60	12 000-16 000	30-60	Balasto y condensador	Retardo en encendido, aplicación en naves de gran altura	Medio
Vapor de sodio alta presión	20-80	10 000-25 000	50-150	Arrancador, balasto y condensador	Retardo en encendido, aplicación en naves de gran altura con poca exigencia visual y exteriores	Alto
Halógenos metálicos	60-85	6 000-15 000	75-95	Arrancador, balasto y condensador	Retardo en encendido, aplicación en naves de gran altura con exigencia visual moderada o alta	Alto

Fuente: elaboración propia.

#### 7.4. Indicadores energéticos

“La gestión energética implica una medición regular de las variables del proceso como base para encontrar las eficiencias y los consumos, además permite contar con elementos técnicos para analizar las condiciones de operación actuales y calcular sus indicadores, definir metas de mejoramiento y revisar el comportamiento en el tiempo, plantear y evaluar posibles ahorros y

mejoras, y estableciendo las prioridades de la empresa, tomar decisiones de control. Los indicadores son muy valiosos para registrar, comentar y analizar periódicamente, y el análisis de sus comportamientos históricos es el que permite descubrir estas oportunidades de mejora” (Trujillo, 2012, p. 10).

“Los indicadores son parámetros de medición que integran generalmente más de una variable básica que caracteriza un evento, a través de formulaciones matemáticas sencillas, permitiendo una fácil comprensión de las causas, comportamiento y resultados de una actividad. Usualmente la Eficiencia Energética se evalúa a través de los llamados Indicadores de Eficiencia Energética que permiten medir “cuán bien” se utiliza la energía para producir una unidad de producto (APEREC, 2000). Los Indicadores de Eficiencia Energética adoptan diferentes formas dependiendo de los objetivos buscados, de modo que existen indicadores económicos, tecno-económicos o indicadores de ahorro energético. En relación con la profundidad del análisis y la interpretación de los resultados, mientras mayor sea el nivel de agregación de la información utilizada, por ejemplo a nivel macroeconómico, los indicadores pueden englobar diversos efectos. Por otro lado, a medida que el nivel de desagregación aumenta, la influencia de los cambios estructurales se reduce y, por lo tanto, es posible identificar las variables que afectan a la eficiencia energética y comprender de mejor manera la evolución en los consumos agregados de energía” (Trujillo, 2012, p. 10).

“Las características básicas que deben tener los indicadores son, que sean confiables, periódicos, desagregados, que cubran los parámetros básicos, de manera que faciliten la evaluación del sector y evalúen los resultados frente a objetivos y/o metas. Para garantizar esto, se debe tener una metodología para establecer los indicadores. Entre los Indicadores Energéticos, los más utilizados y de mayor importancia son: la Intensidad Energética, que relaciona el consumo

de energía con una variable macroeconómica (por ejemplo: Gcal/PIB); el Consumo Energético Específico, que relaciona el consumo energético a un indicador de actividad medida en términos físicos (por ejemplo: Tcal/ton de acero); los Indicadores de Ahorro Energético, que permiten reflejar, en términos absolutos, magnitudes de energía ahorrada, y finalmente, los índices de eficiencias.” (Trujillo, 2012, p. 10).

### **7.5. Auditoría energética**

Las auditorías energéticas sirven como herramientas fiscalizadoras, de manera que permiten evaluar el cumplimiento de los planes de ahorro y reducción de costos y consumo (Centro de Eficiencia Energética de Gas Natural Fenosa, 2008).

Las auditorías energéticas buscan un balance entre los consumos reales y teóricos (nominales) en una fábrica, también la reducción del consumo energético a través de nuevas tecnologías y finalmente, la optimización en la operación de los servicios energéticos (Centro de Eficiencia Energética de Gas Natural Fenosa, 2008).





## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS

ORIENTADORAS

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### 1. MARCO TEÓRICO

- 1.1. La industria guatemalteca
- 1.2. Uso de la energía en la industria de alimentos
- 1.3. Plan de gestión energética
- 1.4. Potencial de ahorro
- 1.5. Proceso productivo (elaboración de sopas y sazónadores deshidratados)
- 1.6. Eficiencia energética
- 1.7. Ahorro energético
- 1.8. Equipos para la producción de culinarios deshidratados
  - 1.8.1. Motores eléctricos
  - 1.8.2. Iluminación
- 1.9. Indicadores energéticos
- 1.10. Auditoría energética

## 2. DIAGNÓSTICO E IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES

2.1. Preparación y recolección de la información

2.2. Análisis de datos

2.3. Identificación de oportunidades

## 3. DESARROLLO DEL PLAN DE GESTIÓN

3.1. Contexto (Norma ISO 50001)

3.2. Metodología

3.3. Seguimiento, monitorización y auditoría energética

## 4. PREPARACIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

RECURSOS

## 9. METODOLOGÍA

### 9.1. Tipo de estudio

El estudio será del tipo cuantitativo descriptivo, ya que se utilizarán datos existentes y se definirán soluciones a partir de los resultados obtenidos.

### 9.2. Variables principales

Entre los elementos o parámetros a medir se encuentran:

Tabla II. **Variables**

Variable o parámetro	Instrumento de medición	Unidad a medir
Temperatura seca y húmeda	Termómetro	grados Celsius (°C)
Humedad relativa del aire	Higrómetro	Porcentaje
Temperatura del agua	Termómetro	grados Celsius (°C)
Iluminación	Luxómetro	Luxes
Presión del agua	Manómetro	Pascal o PSI
Presión del vapor	Manómetro	Pascal o PSI
Tensión eléctrica	Multímetro	Voltios
Intensidad eléctrica	Multímetro	Amperio
Potencia eléctrica	Multímetro	Watt o Kilowatt

Fuente: elaboración propia.

### **9.3. Fases de investigación**

A continuación se presentan las distintas fases de la investigación.

#### **9.3.1. Fase 1: diagnóstico energético**

Es necesario asegurar la confidencialidad de la auditoría de diagnóstico.

Las fases principales de esta etapa son:

- Organizar una reunión preliminar con la dirección.
- Establecer reglas de confidencialidad y las grandes líneas de comunicación.
- Asegurarse de que el personal de apoyo técnico y los ocupantes del edificio saben que la auditoría se realizará.
- Definir la información a difundir sobre los resultados finales.

Básicamente, se debe tratar de recopilar la mayor cantidad de información sobre el edificio y el proceso.

- Planos del edificio (construcción civil, gas, agua, electricidad, entre otros).
- Horarios de funcionamiento de las instalaciones.
- Listado de equipos con sus respectivas características.
- Tipo de sistema de ventilación.
- Fechas de renovaciones o mantenimientos.

Finalmente, para esta parte, se desea lo siguiente:

- Toda la información del edificio e instalaciones, de manera que se pueda conocer su naturaleza constructiva y espacial, y, especialmente, el comportamiento térmico de sus envolventes.
- Las facturaciones de los diversos consumos que se producen en su interior: combustibles, electricidad, agua, gas, entre otros.
- Conocer las características materiales de edificios, sus instalaciones, su régimen de uso, condiciones ambientales, entre otros.
- Conocer las características del trabajo desarrollado (método, tiempos y movimientos, entre otros).

Específicamente, la información útil es la siguiente:

- Documentación relativa del edificio
- Características de la envolvente
- Características funcionales y ocupacionales
- Suministro energético
- Características de los sistemas
- Condiciones meteorológicas

Para la planificación de la auditoría es necesario contar con lo siguiente:

- Conseguir datos referentes a posibles auditorías previas o estudios similares al edificio e instalaciones.
- Listado del personal técnico disponible para realizar la auditoría y su experiencia.
- Capacidad y disponibilidad de los usuarios u ocupantes del edificio.

### 9.3.2. Fase 2: desarrollo de plan de gestión energética

- Antes:
  - Inspección visual: seguimiento e inspección con personal técnico, de manera que se identifiquen los defectos de las instalaciones.
  - Informe preliminar: detalle de la inspección visual y las características observadas. En este informe se colocarán los registros para el levantamiento de datos de acuerdo a la inspección inicial.
  - Iluminación
    - Área: lugar
    - Luminarias: tipo, altura y separación
    - Lámparas: tipo, número y potencia
    - Operación: horas utilizadas al año promedio
    - Comentarios
  - Motores
    - Identificación.
    - Tipo: levantamiento de las características del motor como la corriente directa o alterna, vertical u horizontal, abierto o cerrado, acoplamiento y carga.
    - Datos de placa: los datos de placa del fabricante: marca HP, voltaje, corriente, rpm, armazón, número de catálogo, factor de servicio y eficiencia.

- Operación: información sobre el motor, horas al año de operación, número de rebobinados, técnica de rebobinado y antigüedad.
    - Comentarios.
- Durante
  - Medición a equipos:
    - Iluminación: localización, luminaria, lámparas, balastro, operación (horas y control), niveles de iluminación, comentarios.
    - Motores: identificación, voltaje real, corriente real, potencia real, factor de potencia, comentarios.
  - Indicadores y algunas ecuaciones a utilizar:

Potencia por tonelada producida = Potencia/Toneladas netas

$$\% \text{ confiabilidad} = \frac{t_{total} - t_{pp} - P_{np}}{t_{total}}$$

$t_{total}$  = Tiempo disponible de producción

$$\% \text{ pérdidas} = \left( 1 - \frac{\text{toneladas reales}}{\text{toneladas esperadas}} \right) * 100$$

$$\text{Eficiencia motor} = \frac{\text{Potencia mecánica de salida}}{\text{Potencia mecánica de entrada}}$$



$$\text{Factor de carga} = \frac{\text{Potencia real entregada}}{\text{Potencia de placa del motor}}$$

$$\text{Potencia del motor} = \frac{\text{Potencia en la flecha}}{0.75}$$

$$\text{Conexión estrella} \quad U_f = \frac{U_l}{\sqrt{3}} \quad I_f = I_l$$

$$\text{Conexión triángulo} \quad U_f = U_l \quad I_f = \frac{I_l}{\sqrt{3}}$$

### 9.3.3. Fase 3: creación de estándares y mejora continua

Para el monitoreo y el aseguramiento del cumplimiento del plan, necesariamente se deben definir indicadores y estándares de acuerdo a los puntos críticos de control identificados.

Los estándares e indicadores deben ser propuestos de acuerdo a la metodología SMART (específicos, medibles, alcanzables, realistas y con límite de tiempo):

- Relacionar preferiblemente con una variable deseada.
- Asegurar que la variable a analizar se pueda medir fácilmente y que se cuente con los instrumentos adecuados (calibrados y en condiciones aptas para la medición).
- Determinar valores objetivo que puedan ser alcanzables y además, que puedan ser sostenibles.
- Plantear indicadores o estándares que sean de utilidad y que representen el proceso medido de forma realista.

- Establecer los estándares e indicadores para períodos definidos (semanales, mensuales y anuales).

#### **9.3.4. Fase 4: monitorización y mejora continua**

Además de tener que desarrollar estándares e indicadores, se deberán planear auditorías constantes para el aseguramiento y sostenibilidad del plan de gestión energética.

Para el desarrollo de las mismas, se deberán tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Datos generales del sector a auditar (línea de producción, nave, departamento).
- Consumos energéticos mensuales, trimestrales y anuales.
- Tarifa eléctrica aplicada a la fecha.
- Variaciones mensuales, trimestrales y anuales respecto a los estándares propuestos en el plan de gestión, en porcentajes.
- Análisis de la documentación (estándares e indicadores): verificar el cumplimiento de las mediciones, certificados de calibración de los instrumentos de medición.
- Evaluación económica (esperado *versus* real).
- Conclusiones y recomendaciones de la auditoría.



## 10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Básicamente, se utilizarán técnicas estadísticas descriptivas, con las que se pretende obtener resultados relevantes y, además, que sean sencillos de interpretar.

Se realizará un muestreo representativo, midiendo las variables críticas que influyen en la eficiencia energética (eléctrica). A los datos obtenidos se les aplicará medias aritméticas (para verificar el comportamiento de los datos), se observará la tendencia de los datos y se deberá tomar en cuenta la desviación estándar.

Entre otras herramientas estadísticas, se procederá a graficar, con histogramas y gráficos de dispersión, de manera que se pueda visualizar de mejor manera el comportamiento de los datos. Además, se recurrirá a distintas ecuaciones con las que se obtendrán resultados específicos del estudio que también serán tabulados y graficados.

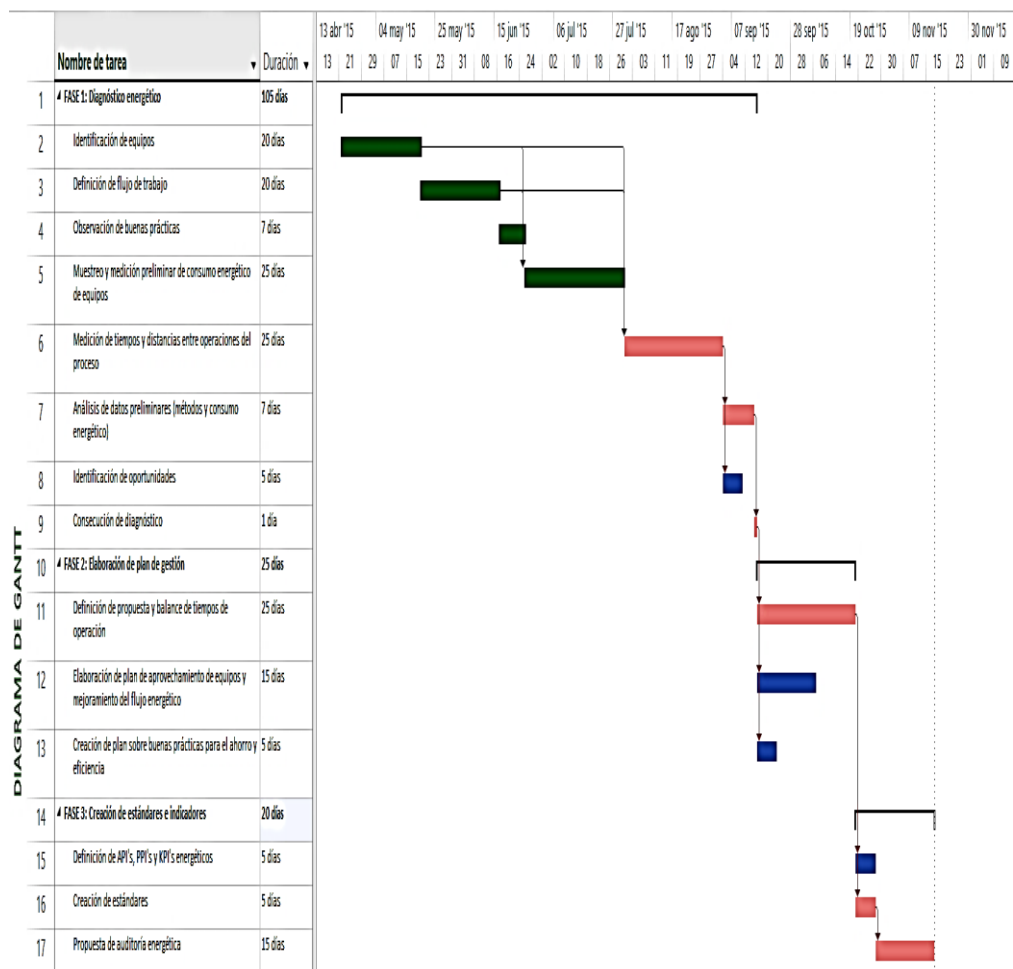
Para el diagnóstico, se aplicarán herramientas básicas de ingeniería y administración como diagramas de Pareto y espina de pescado. Para el análisis de eventuales elementos cualitativos, se utilizarán diagramas de ponderación y pesos, con lo que se asegura una mayor objetividad en las mediciones de este tipo.



## 11. CRONOGRAMA

Las actividades detalladas en la siguiente tabla se desarrollarán durante 4 meses a partir del inicio de la investigación.

Figura 1. Cronograma



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

En total, el proyecto tendrá un costo aproximado de Q 19 325,00, de los cuales Q 16 825,00 serán pagados por la empresa.

Como proyecto de graduación, el estudio es factible y no representará mayores costos para los involucrados. Cabe mencionar que la gran mayoría de los elementos a utilizar serán proporcionados por la institución en donde se realizará el proyecto.

Tabla III. Recursos necesarios para la investigación

Grupo	Subgrupo	Nombre	Costo	Comentario
Tecnológico	Software	Minitab 17	\$1 495,00 / Q 11 960,00	Análisis de datos
	Software	Filemaker 12	\$ 551,76 / Q 4 500,00	Creación de bases de datos
	Electrónico	Multímetro	\$ 30,00 / Q 240,00	Medición de variables eléctricas
Herramienta	Medición	Cronómetro	\$ 6,00 / Q 50,00	Medición de tiempos de operación
	Medición	Cinta métrica	\$ 9,00 / Q 75,00	Medición de distancias entre operaciones
Humano	N/A	Practicante	--	Asistencia en la recolección de datos
Humano	N/A	Asesor	Q 2 500,00	Asesoría de tesis de maestría
		<b>Total</b>	<b>Q 19 325,00</b>	

Fuente: elaboración propia.





### 13. BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación de Empresas de Alimentos de Chile. (2012). *Manual de eficiencia energética en la industria de alimentos elaborados*. Santiago: Figueroa.
2. Cámara A. Coruña. (2008). *Guía de buenas prácticas ambientales en la industria alimentaria*. España.
3. Centro de Eficiencia Energética de Gas Natural Fenosa. (2008). *Manual de eficiencia energética*. Madrid: Gas Natural Fenosa.
4. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2010). *Promotores de ahorro y eficiencia de energía eléctrica*. Ciudad de Guatemala.
5. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (2009). *Motores eléctricos*. México, D.F.
6. Cooperativas Agro-alimentarias. (2010). *Manual de ahorro y eficiencia energética del sector fábricas de piensos*. Madrid.
7. Escamilla Escobar, M. A. (2007). *Análisis energético integral de Ingenio Santa Teresa, S. A.* Guatemala.
8. Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas. (2008). *Oportunidades de mejora de la gestión ambiental en la industria alimentaria española*. Madrid.

9. Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas. (2011). *Estudio de sostenibilidad en la industria de alimentación y bebidas*. Madrid.
10. Instituto Tecnológico de Canarias. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Canarias.
11. Marrufo, E. & Castillo, J. (2011). *Instalaciones eléctricas básicas*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana de España S.L.
12. Ministerio de Economía de la República de El Salvador. (2011). *Metodología de eficiencia energética en la industria*. San Salvador.
13. Ministerio de Energía y Minas. (2008). *Elaboración de proyectos de guías de orientación del uso eficiente de la energía y de diagnóstico energético en la Industria de alimentos*. Lima.
14. Sevilleja, D. (2011). *Eficiencia Energética en el Sector Industrial*. Madrid.
15. Timmer, R., Helinko, M., & Eskola, R. (2007). *Eficiencia de motores, optimización del rendimiento durante la vida útil de los motores*. ABB.
16. Trujillo Vera, D. (2012). *Gestión e indicadores energéticos*. Colombia.
17. WEG. (2014). *Motores eléctricos, guía de especificación*. Jaraguá do Sul.

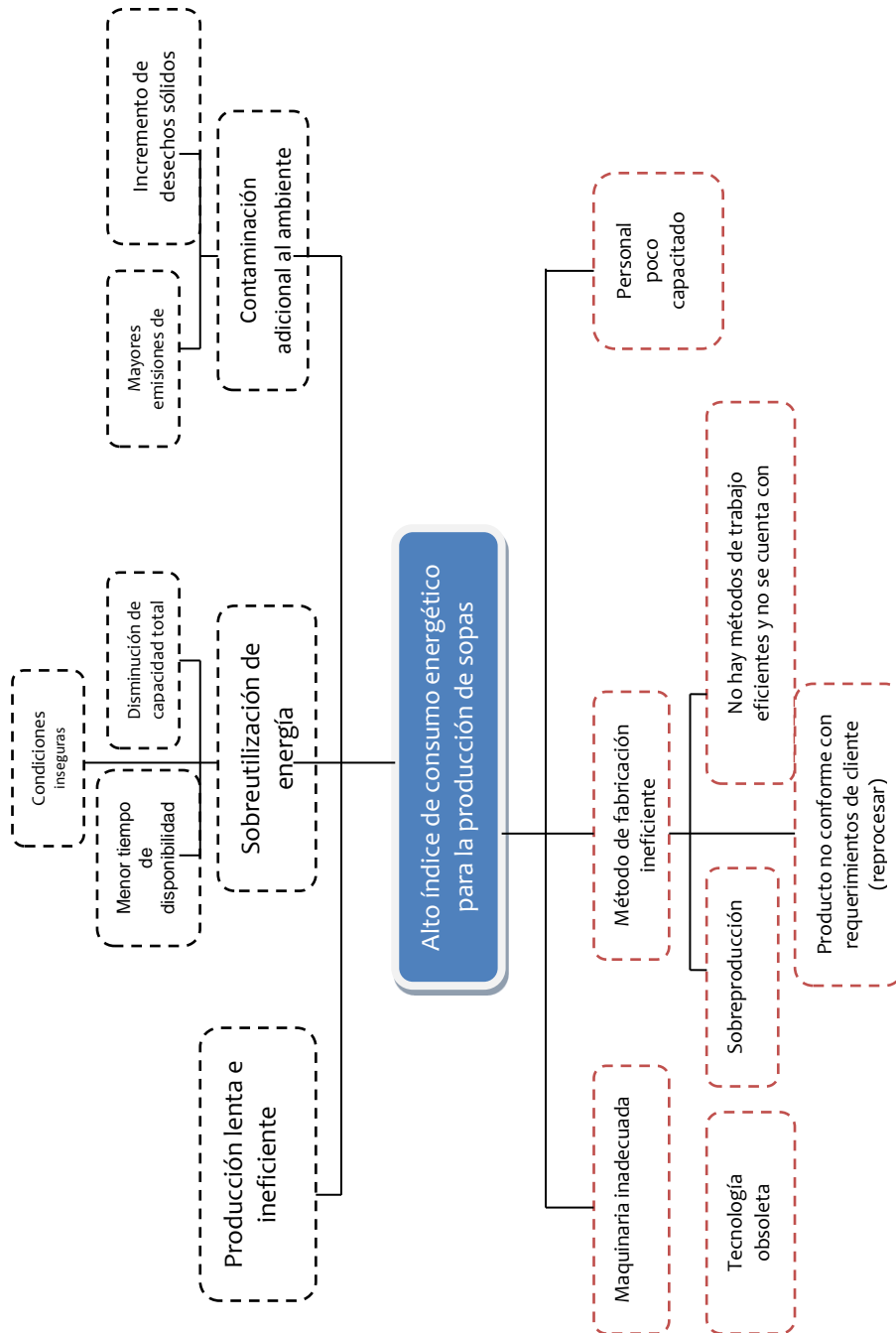
# APÉNDICE

Apéndice 1. **Matriz de Correspondencia y Metodología**

ELEMENTO	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO	Plan de acción	Metodología	
				Variables	Indicador
Objetivo Central	¿Cómo reducir el consumo energético por unidad producida en la elaboración de sopas de pollo deshidratadas?	Disminuir el consumo energético por unidad producida en la elaboración de sopas de pollo deshidratadas.	Desarrollar el plan de gestión energética	Tiempo, potencia, temperatura, presión	KWh/Tonelada producida % Confiabilidad
	¿Cuál es la situación actual en cuanto al consumo energético en la línea de producción?	Elaborar un diagnóstico de consumo energético por toda la línea de producción.	Auditoría energética inicial (diagnóstico)	Tiempo, potencia, temperatura, presión	KWh/Tonelada producida % Confiabilidad % Pérdidas
	¿Cuáles son los puntos de mejora?	Establecer los puntos de mejora en la línea	Realizar listado de puntos de mejora con descripción y ponderación	Tiempo, potencia, aprovechamiento	% Impacto (ponderación de factores)
Objetivos Específicos	¿Qué opciones se pueden adoptar?	Proponer un plan de gestión energética y estándares críticos en la línea de acuerdo a las necesidades observadas.	Desarrollar el plan de gestión energética con estándares críticos para la producción y propuestas de ahorro	Tiempos muertos, temperatura, potencia	KWh/Tonelada producida % Pérdidas
	¿Cómo se puede asegurar el cumplimiento de los puntos de mejora?	Proponer una metodología de monitorización y control energético	Listado de verificaciones para auditorías, controles, lecciones de un punto.	Temperatura, presión, potencia	% de motores en buen estado % de eficiencia real de motores

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice II. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.