



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

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA
ELÉCTRICA EN OLMECA, S.A.**

José Miguel Orozco de León

Asesorado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, noviembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA
ELÉCTRICA EN OLMECA, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JOSÉ MIGUEL OROZCO DE LEÓN

ASESORADO POR EL ING. JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
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:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN OLMECA, S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 17 de noviembre de 2011.


José Miguel Orozco de León



Guatemala, 27 de septiembre de 2012.
REF.EPS.DOC.1329.09.12.

Ingeniera
Sigríd Alitza Calderón de León De de León
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Calderón de León De de León.

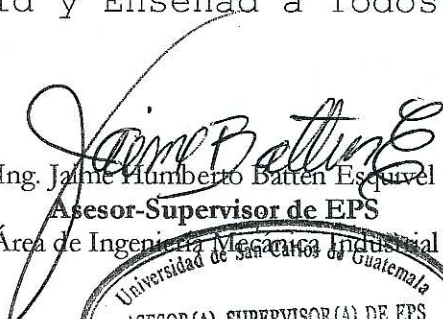
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Mecánica Industrial, **José Miguel Orozco de León**, Carné No. **200715208** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“ESTUDIO DE FÁCTIBILIDAD PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN OLMECA, S.A.”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Jaime Humberto Barrén Esquivel
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra



Guatemala, 27 de septiembre de 2012.
REF.EPS.D.802.09.12

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“ESTUDIO DE FÁCTIBILIDAD PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN OLMECA, S.A.”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **José Miguel Orozco de León** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
“Id y Enseñad a Todos”

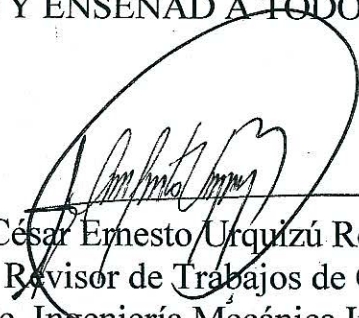

Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De de León y EPS
Directora Unidad de EPS


SACdLDdL/ra



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN OLMECA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **José Miguel Orozco de León**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2012.

/mgp



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 titulado **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN OLMECA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **José Miguel Orozco de León**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


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



Guatemala, noviembre de 2012.

/mgp



DTG. 605.2012

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: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN OLMECA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **José Miguel Orozco de León**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
Decano en Funciones

Guatemala, 21 de noviembre de 2012.

/gdech



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	1
1.1. Historia de Olmecca, S.A.....	1
1.2. Ubicación.....	2
1.3. Misión	3
1.4. Política de Calidad	4
1.5. Valores	4
1.6. Productos	4
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO-PROFESIONAL: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN OLMECCA, S.A.	5
2.1. Diagnóstico de la situación actual.....	5
2.1.1. Descripción del problema.....	5
2.1.2. Descripción de las calderas disponibles.....	5
2.1.2.1. Caldera York Shipley 300 HP	6
2.1.2.2. Caldera York Shipley 500 HP	6
2.1.2.3. Caldera York Shipley 700 HP	7
2.1.2.4. Caldera Cleaver Brooks 500 HP	7

	2.1.2.5.	Caldera Cleaver Brooks 800 HP	8
2.1.3.		Causas del paro de las calderas.....	8
	2.1.3.1.	Disminución de costos de generación de vapor	8
	2.1.3.2.	Disponibilidad de fibra de palma	9
	2.1.3.3.	Caldera combinada Okuma	9
2.1.4.		Planos de cuartos de calderas pirotubulares	10
2.1.5.		Análisis situacional	11
2.1.6.		Aplicación del diagrama causas-efecto.....	12
2.2.		Propuesta de mejora	13
	2.2.1.	Generación de energía eléctrica con bunker	14
	2.2.1.1.	Bunker C.....	14
	2.2.1.2.	Estudio de mercado.....	15
	2.2.1.3.	Estudio administrativo.....	18
	2.2.1.4.	Estudio técnico	21
	2.2.1.5.	Estudio económico	37
	2.2.1.6.	Estudio financiero	40
	2.2.1.7.	Estudio de impacto ambiental	45
	2.2.2.	Generación de energía eléctrica con biomasa	46
	2.2.2.1.	Biomasa.....	46
	2.2.2.2.	Descripción de instalación de hogar	51
	2.2.2.3.	Estudio de mercado.....	56
	2.2.2.4.	Estudio administrativo.....	59
	2.2.2.5.	Estudio técnico	62
	2.2.2.6.	Estudio económico	77
	2.2.2.7.	Estudio financiero	89
	2.2.2.8.	Estudio de impacto ambiental	95
2.2.3.		Comparación de propuestas.....	96

2.2.3.1.	Determinación de la mejor opción de generación	97
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN OLMECA, S.A.	99
3.1.	Producción más Limpia	99
3.1.1.	Plan de ahorro del consumo de electricidad.....	102
3.1.1.1.	Objetivos	103
3.1.1.2.	Introducción	103
3.1.1.3.	Eficiencia energética	105
3.1.1.4.	Situación actual de la empresa	108
3.1.1.5.	Propuesta 1.....	111
3.1.1.6.	Propuesta 2.....	115
3.1.1.7.	Propuesta 3.....	120
3.1.1.8.	Propuesta 4.....	124
3.1.1.9.	Propuesta 5.....	130
3.1.1.10.	Propuesta 6.....	135
3.1.1.11.	Propuesta 7.....	139
4.	FASE DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE: CAPACITACIÓN A LOS COLABORADORES DE OLMECA, S.A. EN PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	145
4.1.	Planificación	145
4.2.	Programación	146
4.3.	Metodología.....	146
4.4.	Evaluación.....	149
4.5.	Resultados.....	150

CONCLUSIONES 153
RECOMENDACIONES 155
BIBLIOGRAFÍA 157
ANEXOS 159

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Bosquejo de ubicación de Olmeca, S.A.	3
2.	Plano de cuarto 1 de calderas	10
3.	Plano de cuarto 2 de calderas	11
4.	Aplicación del diagrama causas-efecto	13
5.	Comportamiento de la demanda mensual de electricidad	18
6.	Perfil y funciones del Técnico I	19
7.	Organigrama de proyecto de generación de energía eléctrica	21
8.	Plano de ubicación en cuarto 1 de calderas	34
9.	Plano de ubicación en cuarto 2 de calderas	35
10.	MVB-300 instalada y funcionando	36
11.	Máquina a vapor MVB 300	37
12.	Tipos y partes del fruto de la palma de aceite	49
13.	Balance de masa de la extracción del aceite de palma	50
14.	Fabricación de soportes tipo H para elevación de caldera	52
15.	Construcción de horno inferior o tipo túnel	52
16.	Esquema de funcionamiento del hogar	53
17.	Circulación de humos en el horno	54
18.	Sistema de alimentación de fibra de palma	54
19.	Hogar para quemar biomasa, terminado y funcionando	55
20.	Comportamiento de la demanda mensual de electricidad	58
21.	Perfil y funciones del Técnico I	59
22.	Perfil y funciones del Técnico II	60
23.	Organigrama de proyecto de generación con biomasa	62

24.	Plano de ubicación en cuarto 1 de calderas	76
25.	Plano de ubicación en cuarto 2 de calderas	77
26.	Diagrama de metodología para implementar la P+L	101
27.	Nulo aprovechamiento de luz solar	109
28.	Láminas transparentes pintadas y en mal estado	110
29.	Luces encendidas en lugares iluminados por luz solar	110
30.	Pasillo Olmeca-Regia	111
31.	Cotización para propuesta 1	113
32.	Pasillo de bodega - refrigeración – multistock.....	116
33.	Cotización para propuesta 2	118
34.	Baños y vestidores generales	120
35.	Cotización para propuesta 3	122
36.	Alumbrado externo en áreas de Olmeca.....	126
37.	Cotización para propuesta 4	128
38.	Cuarto de caldera Okuma y cuarto de bombas.....	131
39.	Aprovechamiento de luz solar en bodega de fibra de palma	136
40.	Cotización para propuesta 6	137
41.	Fraccionador.....	140
42.	Programación de capacitaciones	146
43.	Diapositivas de presentación para capacitación	147
44.	Rótulos informativos de ahorro energético.....	148
45.	Serie I, evaluación de capacitación.....	149
46.	Serie II, evaluación de capacitación.....	150
47.	Gráfica de resultados de evaluación.....	151

TABLAS

I.	Datos generales de caldera York Shipley 300 HP	6
II.	Datos generales de caldera York Shipley 500 HP	6

III.	Datos generales de caldera York Shipley 700 HP.....	7
IV.	Datos generales de caldera Cleaver Brooks 500 HP	7
V.	Datos generales de caldera Cleaver Brooks 800 HP	8
VI.	Consumo de electricidad en Olmecca en los últimos años	16
VII.	Consumo promedio en KWh/mes	17
VIII.	Planilla laboral	20
IX.	Cálculo de cuota patronal	20
X.	Historial de eficiencias de caldera York Shipley 300 HP	22
XI.	Extracto de tabla A-5	23
XII.	Historial de eficiencias de caldera York Shipley 500 HP	24
XIII.	Historial de eficiencias de caldera York Shipley 700 HP	26
XIV.	Historial de eficiencias de caldera Cleaver Brooks 500 HP	27
XV.	Historial de eficiencias de caldera Cleaver Brooks 800 HP	29
XVI.	Disponibilidad de vapor en Kg/hora	31
XVII.	Determinación de la inversión inicial	37
XVIII.	Cálculo de consumo de búnker C al mes.....	38
XIX.	Cálculo del costo de tratamiento de agua	38
XX.	Desglose de costos mensuales	39
XXI.	Flujo de efectivo para 10 años	41
XXII.	Clasificación según el espesor del endocarpio	49
XXIII.	Resultados de la caracterización de la biomasa	51
XXIV.	Consumo de energía eléctrica en los últimos años	56
XXV.	Consumo promedio en KWh/mes	58
XXVI.	Planilla laboral	61
XXVII.	Cálculo de cuota patronal	61
XXVIII.	Historial de eficiencias de caldera York Shipley 300 HP	63
XXIX.	Extracto de tabla A-5	64
XXX.	Historial de eficiencias de caldera York Shipley 500 HP	66
XXXI.	Historial de eficiencias de caldera York Shipley 700 HP	67

XXXII.	Historial de eficiencias de caldera Cleaver Brooks 500 HP	69
XXXIII.	Historial de eficiencias de caldera Cleaver Brooks 800 HP	71
XXXIV.	Disponibilidad de vapor en Kg/hora	73
XXXV.	Determinación de la inversión inicial	78
XXXVI.	Cálculo individual de flujo de vapor entregado	78
XXXVII.	Detalle de cantidad individual y total de fibra a consumirse	84
XXXVIII.	Costo de fibra de palma	84
XXXIX.	Costo total mensual de fibra de palma	87
XL.	Cálculo del costo de tratamiento de agua.....	87
XLI.	Desglose de costos mensuales	88
XLII.	Flujo de efectivo para 10 años	90
XLIII.	Análisis de sensibilidad	95
XLIV.	Cálculo de la inversión inicial para propuesta 1	113
XLV.	Cálculo de la inversión inicial para propuesta 2.....	117
XLVI.	Cálculo de la inversión inicial para propuesta 3.....	122
XLVII.	Auditoría del alumbrado externo.....	125
XLVIII.	Cálculo de la inversión inicial para propuesta 4.....	127
XLIX.	Cálculo de la inversión inicial para propuesta 5.....	133
L.	Cálculo de la inversión inicial para propuesta 6.....	137
LI.	Cálculo de la inversión inicial para propuesta 7.....	142
LII.	Cuadro resumen	144
LIII.	Resultados de evaluación a participantes de capacitación	151

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballos de fuerza (<i>Horse Power</i>)
cd	Candelas
cd/m ²	Candelas por metro al cuadrado
GPH	Galones por hora
°C	Grados Centígrados
K	Grados Kelvin
pH	Indicador de acidez
kg/h	Kilogramos por hora
kg/cm ²	Kilogramos sobre centímetro al cuadrado
kPa	Kilopascales
kVA	Kilovoltiamperios
kW	Kilowatts
lb/h	Libras por hora
psi	Libras por pulgada cuadrada
L/min	Litros por minuto
Lm	Lumen
Lm/W	Lúmenes por Watt
MVB 300	Máquina a vapor Benecke serie 300
MW	Megawatts
P+L	Producción más Limpia
Q	Quetzales
TC	Temperatura de color
TM/día	Toneladas métricas por día

GLOSARIO

Caldera pirotubular	Dispositivo cilíndrico, herméticamente cerrado que sirve para producir vapor.
Combustión	Reacción química en la que un elemento combustible se combina con otro comburente desprendiendo calor y produciendo un óxido.
Condensado	Producto que resulta de un proceso físico que consiste en el paso de una sustancia en forma gaseosa a forma líquida.
Chasis	Armazón que sostiene las partes mecánicas de una máquina.
Endocarpio	Parte del fruto que rodea a la semilla.
Energía eléctrica	Es la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos y obtener trabajo.
Fotocelda	Es una resistencia, cuyo valor en ohmios varía ante las variaciones de la luz incidente.

Generador	Máquina destinada a transformar la energía mecánica en energía eléctrica.
Manivela	Palanca acodada que sirve para imprimir un movimiento de rotación continua al árbol giratorio al que se halla fijado.
Palmiste	Es la semilla del fruto de la palma africana.
PRI	Periodo de Retorno de la Inversión
Presión	Fuerza ejercida perpendicularmente a una superficie por un fluido, por el peso o el empuje de algo.
Quemador	Dispositivo de una caldera para quemar combustible líquido, gaseoso o ambos.
SAT	Superintendencia de Administración Tributaria
TIR	Tasa Interna de Retorno
Volante	Elemento mecánico totalmente pasivo, que únicamente aporta al sistema una inercia adicional, de modo que le permite almacenar energía cinética.
Watt	Unidad de potencia del sistema internacional de unidades. Es el equivalente a un Julio por segundo.
VPN	Valor Presente Neto

RESUMEN

En Olmeca, S.A. se cuenta con cinco calderas pirotubulares que utilizan como combustible el bunker C y que están sin utilizarse, esto debido a que la empresa adquirió una caldera que utiliza como combustible la fibra de palma, el cual es un residuo del proceso productivo de Olmeca y que en la actualidad se está aprovechando, para aportar calor a las calderas en la generación de vapor.

Se tiene planeado invertir en instalar un hogar en cada una de estas calderas pirotubulares que están sin funcionar, esto con la finalidad de que por medio de estos hogares especiales pueda quemarse fibra de palma y aportar el calor que necesitan las calderas para generar vapor, disminuyendo el costo de generación de vapor, ya que se estaría aprovechando un residuo del proceso productivo y se dejaría de depender del bunker C, cuyo precio es elevado.

Con el vapor que se genere, se planea producir energía eléctrica con unas máquinas a vapor, diseñadas para que sea posible la generación de electricidad con base de vapor saturado a baja presión, logrando así reducir el elevado costo de la factura eléctrica y logrando hacer más productiva a la empresa.

Llevar a cabo este proyecto requiere de una fuerte inversión económica, y no es aconsejable invertir, sin antes realizar un estudio para determinar si es factible la inversión.

Ésta fue la finalidad del presente estudio, se logró determinar que generar vapor para energía eléctrica utilizando el bunker C como combustible, no es factible ni económica ni ambientalmente. Mientras que el invertir en instalar los

hogares para quemar fibra de palma y con este combustible aportar el calor para generar vapor a bajo costo, y generar energía eléctrica, sí es una opción factible desde el punto de vista técnico, económico y ambiental.

Se logrará generar aproximadamente 1 MW de potencia y después de recuperada la inversión, el beneficio económico mensual será aproximadamente de Q. 360 000,00.

También, en este estudio se presenta un plan de ahorro energético, en donde se demuestra mediante cálculos, el consumo y costo actual de la iluminación en las áreas que fueron estudiadas y, se propuso el invertir en tecnologías de iluminación más eficientes y sustituir con éstas a las actuales, determinando el nuevo consumo, costo y períodos de recuperación de la inversión.

OBJETIVOS

General

Realizar un estudio de factibilidad en Olmeca S.A. con la finalidad de determinar si es factible mecánica como económicamente aprovechar las calderas disponibles que están fuera de operación, para generar vapor y por medio de máquinas a vapor, generar energía eléctrica.

Específicos

1. Calcular el flujo másico teórico de vapor para conocer la cantidad aproximada de vapor que estará disponible, para generar energía eléctrica.
2. Conocer la cantidad de máquinas a vapor MVB 300 que se deben adquirir.
3. Determinar la cantidad de energía eléctrica que se podrá generar.
4. Calcular la inversión inicial, costos mensuales, ingresos aproximados e indicadores financieros de la opción de generación con bunker, para determinar si es factible desde el punto de vista económico.
5. Calcular la inversión inicial, costos mensuales, ingresos aproximados e indicadores financieros de la opción de generación con biomasa, para determinar si es factible desde el punto de vista económico.

6. Determinar la propuesta más factible para generar energía eléctrica.
7. Proponer que se implemente la eficiencia energética en áreas de Olmeca.

INTRODUCCIÓN

El vapor es muy importante en los procesos productivos que se llevan a cabo en Olmeca S.A. Éste era generado por calderas pirotubulares que funcionan con bunker. Con el afán de reducir los costos de generación de vapor, aprovechar la fibra de palma que se puede utilizar como combustible y disminuir el impacto ambiental causado por las emisiones de la combustión del búnker, la empresa invirtió en una caldera que funciona con biomasa. Con esta caldera los costos de la generación de vapor disminuyeron, así como la contaminación, lográndose disminuir el impacto al medio ambiente.

Cuando esta caldera de biomasa sale para darle mantenimiento, entran a operar las antiguas calderas que funcionan con bunker y que están a disposición, en caso de que la caldera de biomasa presente alguna falla o requiera mantenimiento.

Es un costo elevado el tener calderas de bunker que han representado una fuerte inversión económica sin funcionar. De aquí surge la idea de aprovechar estas calderas que están sin operar la mayor parte del tiempo para generar vapor y por medio de éste, generar energía eléctrica, con la utilización de máquinas a vapor.

Se puede generar vapor utilizando como combustible el bunker, pero debido al costo de éste se debe estudiar si es factible el poner a trabajar las calderas. Existe también la opción de instalar un hogar a cada una de las calderas y así poder quemar biomasa, logrando así que la generación de vapor

sea más económica y se utilicen los recursos disponibles como lo es la fibra de palma, que es un residuo de los procesos productivos de Olmeca.

Debido a esto, surge la necesidad de llevar a cabo el trabajo de graduación titulado: Estudio de factibilidad para la generación de energía eléctrica en Olmeca, S.A.

Con este estudio se busca analizar si es factible, tanto económica como técnicamente, el empezar a generar energía eléctrica, con la finalidad de que al llevarse a cabo el proyecto se pueda suplir a Olmeca energía eléctrica que necesita para su funcionamiento. Se determinará con este estudio la opción de generación (con bunker o biomasa), que sea más factible para la empresa y le represente el mejor beneficio económico.

Otra solución que se propone con este estudio es implementar la producción más limpia, haciendo énfasis en la eficiencia energética. Se estudiaron varias áreas, se propuso la inversión en nuevas tecnologías de iluminación más eficientes, se calcularon consumos, costos y período de retorno de la inversión, resaltando el beneficio económico y ambiental que se obtendría si se implementan dichas propuestas.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Historia de Olmeca, S.A.

En 1952 nace una pequeña empresa agrícola, dedicada al cultivo de algodón, gracias al intenso trabajo y capacidad visionaria de su fundador, Agroindustrias HAME realiza esta actividad durante 40 años, viviendo todas las épocas del algodón en Guatemala; desde su auge durante la década de los 70's (época en la cual HAME llegó a ser el mayor productor individual a nivel mundial) hasta la época de decadencia a finales de los 80's y principios de los 90's.

El declive del algodón obligó a muchos empresarios del suroccidente del país a buscar otros cultivos. En 1971 se funda Olmeca, S.A., empresa dedicada a la producción y la comercialización de aceites, margarinas y grasas industriales especializadas. Su capacidad de producción ha ido aumentando desde ese entonces y actualmente se tiene la capacidad de producir 500 TM/día y va en aumento, siendo la planta de mayor capacidad y con la tecnología más avanzada en Centro América.

Su marcas se encuentran en posiciones privilegiadas en diversas categorías, entre algunas de las marcas se encuentran: Aceite Olmeca, Aceite Olmeca *Light*, Aceite cocinero El Molino, Margarina Cremy, Margarina Cremy *Light*, Manteca Olmeca, etc.

En 1982, con la visión de diversificarse en la producción alimenticia y agregar valor a algunas materias producidas por Olmeca, se adquiere

Alimentos Regia, empresa dedicada a la fabricación de aderezos y salsas, entre otros.

En 1987, el cultivo de algodón es substituido por palma africana, la cual empieza a utilizarse como fuente de materia prima para la producción de grasas y aceites, la primera extractora de aceite inició su construcción en 1989, ubicada en finca Atlántida, Tecún Umán, San Marcos. Posteriormente la planta extractora de aceite ubicada en La Gomera, Escuintla, fue acondicionada para la extracción de aceite de palmiste y harina de palmiste. La refinería de aceite ubicada en Fraijanes, pasa a ser propiedad de la corporación el 30 de noviembre de 1983.

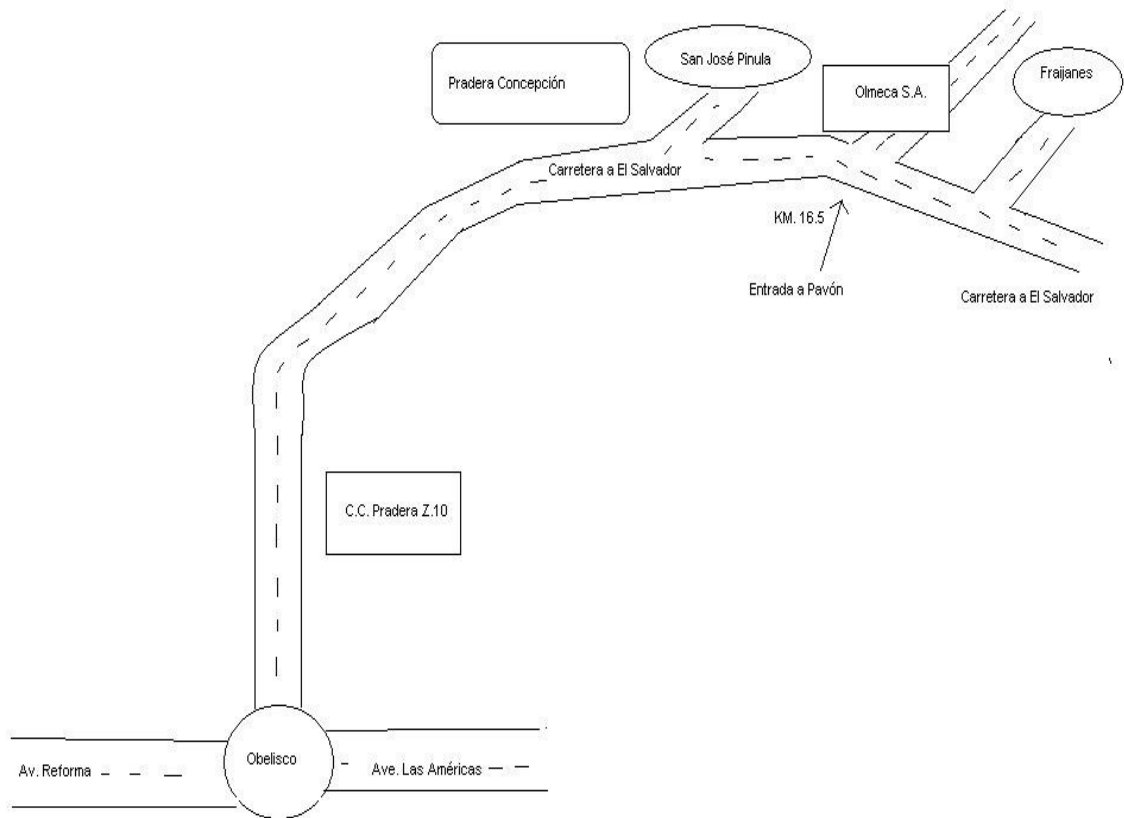
En la actualidad, Olmeca, S.A. sigue expandiéndose y exporta productos terminados y materias primas a países como: México, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Belice y el Caribe.

Está calificada por la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT) como contribuyente especial, calificación que se le da a las empresas más grandes de Guatemala. Es una gran fuente de empleo para todo el país. La cantidad aproximada de colaboradores con los que cuenta es de 300 en el área administrativa y 900 en producción.

1.2. Ubicación

Olmeca, S.A. está ubicada en el Km. 16,5 carretera a El Salvador, Fraijanes, Guatemala, C.A. En la figura 1 se presenta un bosquejo de la ubicación:

Figura 1. **Bosquejo de ubicación de Olmecca, S.A.**



Fuente: elaboración propia.

1.3. Misión

“Ser un grupo de empresas eficientes en el ámbito mundial y aprovechar dichas eficiencias para lograr posiciones importantes en los mercados o nichos de mercado en que definamos participar.”

1.4. Política de Calidad

“Ofrecer constantemente productos derivados de aceites y grasas comestibles que satisfagan las necesidades presentes y futuras de nuestros clientes, por medio del desarrollo y mejoramiento continuo de nuestros procesos, productos y servicios.”

1.5. Valores

- Integridad: actuar con rectitud, bondad, honradez en relación con lo que cada uno dice o considera importante.
- Trabajo en equipo: colaborar y cooperar con los demás, formar siempre parte de un equipo y buscar trabajar juntos, para cumplir con los objetivos comunes de Olmeca, S.A.
- Lealtad: demostrar compromiso, confianza y fidelidad hacia Olmeca, S.A., su misión, propósitos y productos.
- Respeto al medio ambiente: conducir los negocios de una forma responsable respecto a las leyes y reglamentos ambientales aplicables.

1.6. Productos

Entre los productos que ofrece Olmeca están:

- Aceites vegetales para cocinar: Aceite Olmeca, Aceite Olmeca *Light*, Aceite cocinero El Molino en las presentaciones: 3625 ml, 1775 ml, 2700 ml, 800 ml, 400 ml y 180 ml.
- Mantecas para panificación: Olmeca y Regia.
- Margarinas de mesa y repostería: Margarina Cremy, Cremy *Light*.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO-PROFESIONAL: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN OLMECA, S.A.

2.1. Diagnóstico de la situación actual

Es necesario llevar a cabo un diagnóstico de la situación actual de Olmecca, S.A., con la finalidad de conocer procedimientos, maquinaria disponible, fortalezas, debilidades y demás factores de interés a tomar en cuenta antes de desarrollar un proyecto de mejora.

2.1.1. Descripción del problema

Después de visitar las diversas áreas de Olmecca y consultarle a los encargados de dichas áreas acerca de problemas que puedan solucionarse con la aplicación de la ingeniería, se detectó que se cuenta con cinco calderas pirotubulares que utilizan como combustible el búnker y que están fuera de operación, son calderas que en su momento representaron una fuerte inversión y que no se están aprovechando para generar utilidades. La gerencia de Olmecca está buscando la manera de aprovecharlas en algún proyecto que genere beneficios económicos a la empresa y la haga más productiva.

2.1.2. Descripción de las calderas disponibles

A continuación se presentan las principales características de las calderas pirotubulares que están disponibles:

2.1.2.1. Caldera York Shipley 300 HP

Tipo de caldera: horizontal, 3 pasos, pirotubular.

En la tabla I se presentan los datos generales de la caldera York Shipley 300 HP:

Tabla I. **Datos generales de caldera York Shipley 300 HP**

Capacidad de evaporación:	4 704 Kg/h	10 350 Lb/h
Presión de diseño	10,5 Kg/cm ²	150 PSI
Consumo aproximado de combustible	80 GPH	5,05 Lt/min

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.2. Caldera York Shipley 500 HP

Tipo de caldera: horizontal, 3 pasos, pirotubular.

En la tabla II se presentan los datos generales de la caldera York Shipley 500 HP:

Tabla II. **Datos generales de caldera York Shipley 500 HP**

Capacidad de evaporación:	7 840 Kg/h	17 250 Lb/h
Presión de diseño	10,5 Kg/cm ²	150 PSI
Consumo aproximado de combustible	135 GPH	8,52 Lt/min

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.3. Caldera York Shipley 700 HP

Tipo de caldera: horizontal, 3 pasos, pirotubular.

En la tabla III se presentan los datos generales de la caldera York Shipley 700 H.P.:

Tabla III. **Datos generales de caldera York Shipley 700 HP**

Capacidad de evaporación:	10 977 Kg/h	24 150 Lb/h
Presión de diseño	10,5 Kg/cm ²	150 PSI
Consumo aproximado de combustible	196 GPH	12,4 Lt/min

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.4. Caldera Cleaver Brooks 500 HP

Tipo de caldera: horizontal, 4 pasos, pirotubular.

En la tabla IV se presentan los datos generales de la caldera Cleaver Brooks 500 HP:

Tabla IV. **Datos generales de caldera Cleaver Brooks 500 HP**

Capacidad de evaporación:	7 840 Kg/h	17 250 Lb/h
Presión de diseño	10,5 Kg/cm ²	150 PSI
Consumo aproximado de combustible	139,5 GPH	8,8 Lt/min

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.5. Caldera Cleaver Brooks 800 HP

Tipo de caldera: horizontal, 4 pasos, pirotubular.

En la tabla V se presentan los datos generales de la caldera Cleaver Brooks 800 HP:

Tabla V. **Datos generales de caldera Cleaver Brooks 800 HP**

Capacidad de evaporación:	12 545 Kg/h	27 600 Lb/h
Presión de diseño	14,09 Kg/cm ²	200 PSI
Consumo aproximado de combustible	223,4 GPH	14,09 Lt/min

Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Causas del paro de las calderas

Por medio de entrevistas a colaboradores de Olmeca se detectaron las principales causas por las que las calderas salieron de operación y se detallan a continuación:

2.1.3.1. Disminución de costos de generación de vapor

En los procesos productivos de Olmeca, S.A. la intervención del vapor es indispensable. Las calderas pirotubulares utilizan como combustible el búnker, un derivado del petróleo. El precio de éste ha ido en aumento, haciendo que la generación de vapor con base a este combustible no sea rentable. Debido a esto, la gerencia de Olmeca, S.A. se interesó en una nueva manera de generar vapor que fuese más económica, optando por la generación de vapor utilizando como combustible la biomasa, logrando disminuir los costos de generación de

vapor con la utilización de este combustible a un 40% de lo que se gastaba generando vapor por medio del *búnker*.

2.1.3.2. Disponibilidad de fibra de palma

El aceite y las margarinas se obtienen del fraccionamiento y refinación del aceite crudo de palma africana. Este aceite se extrae de los frutos de dicha palma. La cáscara del fruto y el racimo vacío pueden ser utilizados como combustible biomásico debido a su poder calorífico.

En la actualidad, Olmeca, S.A. cuenta con plantaciones de palma africana de alrededor de 32 000 hectáreas, garantizándose la disponibilidad de combustible biomásico para utilizarlo en la generación de vapor. Al utilizar la fibra de la palma, se está aprovechando como combustible un residuo del proceso productivo, logrando así disminuir los costos de generación de vapor. El daño al medio ambiente también disminuye, ya que la biomasa es menos contaminante que los combustibles fósiles por la casi nula cantidad de azufre en su composición química.

2.1.3.3. Caldera combinada Okuma

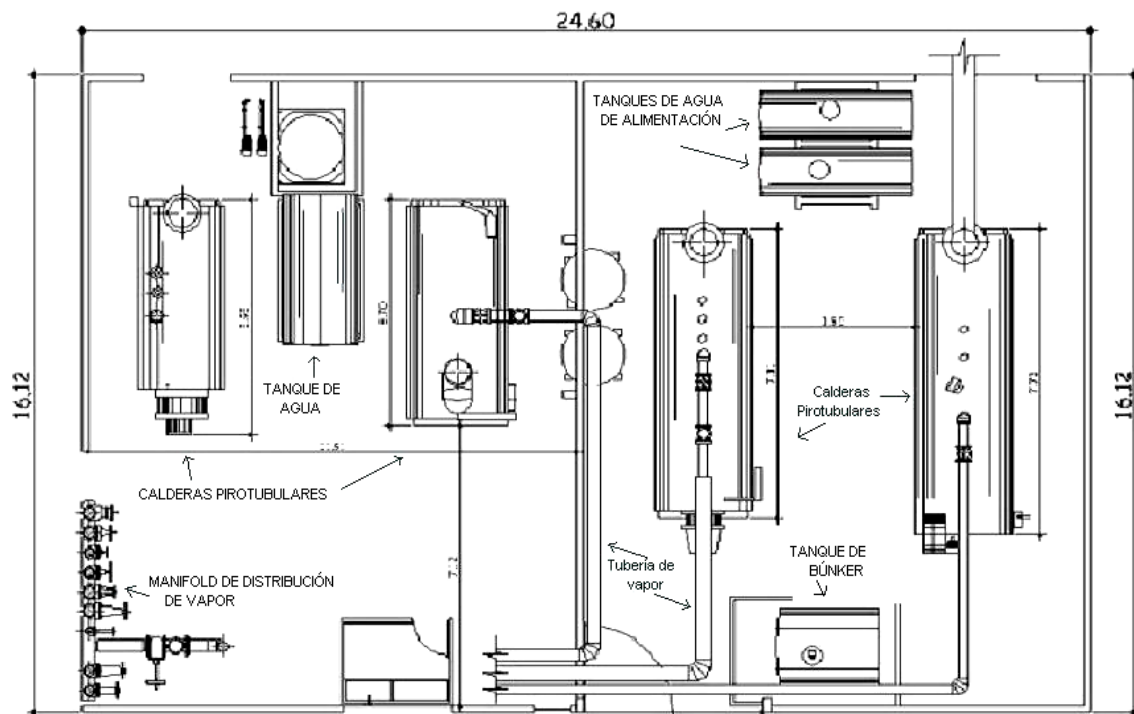
Debido a la disponibilidad de biomasa y a la necesidad de bajar los costos de generación de vapor, se opta por adquirir la caldera marca Okuma, fabricada en Tailandia. Esta caldera utiliza como combustible la biomasa, en este caso la fibra de la palma y es la que viene a suplir el vapor que necesita Olmeca, S.A. y que era producido por las cinco calderas piro-tubulares de *búnker*, las cuales salen de operación debido a esta nueva adquisición. A continuación se presentan las principales características de la caldera Okuma:

- Forma de construcción de la caldera: horizontal
- Tipo de caldera: combinada (acuatubular y pirotubular)
- Presión de trabajo: 11,7 bar
- Tipo de vapor: saturado
- Capacidad máxima de producción de vapor: 20 Toneladas/hora
- Consumo de combustible por hora: 3,3 Toneladas/hora
- Sistema de alimentación: transportadores tipo gusano

2.1.4. Planos de cuartos de calderas pirotubulares

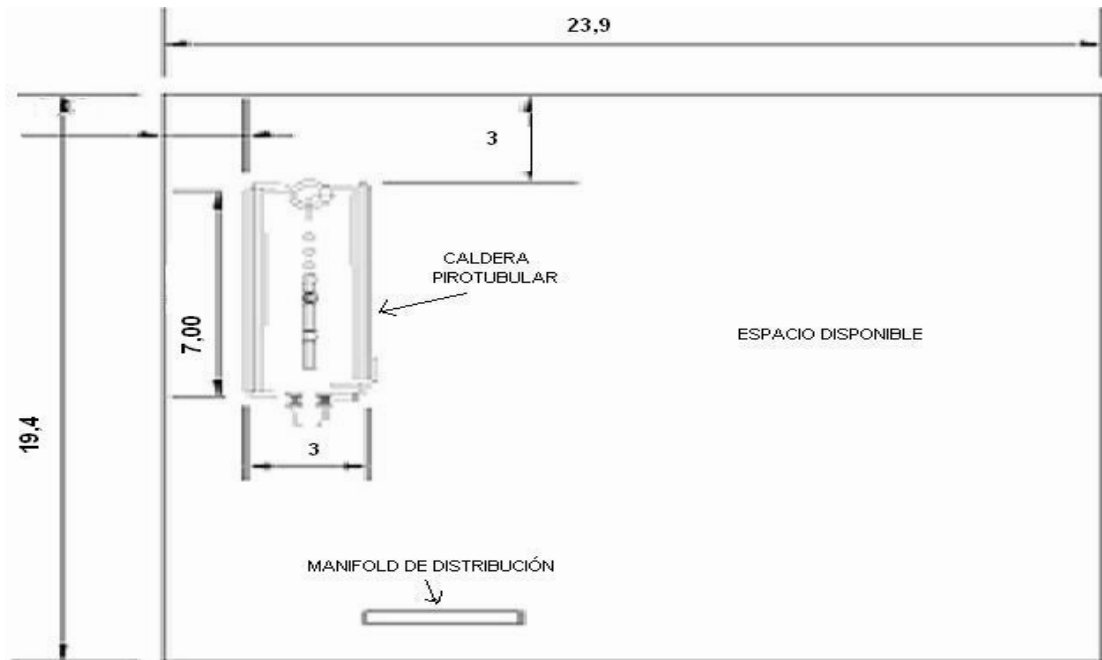
En las figuras 2 y 3 se presenta la ubicación actual de las calderas, así como el espacio físico disponible.

Figura 2. Plano de cuarto 1 de calderas



Fuente: elaboración propia

Figura 3. **Plano de cuarto 2 de calderas**



Fuente: elaboración propia

2.1.5. **Análisis situacional**

Después de realizar un análisis en Olmecca., S.A. se llegó a las siguientes observaciones:

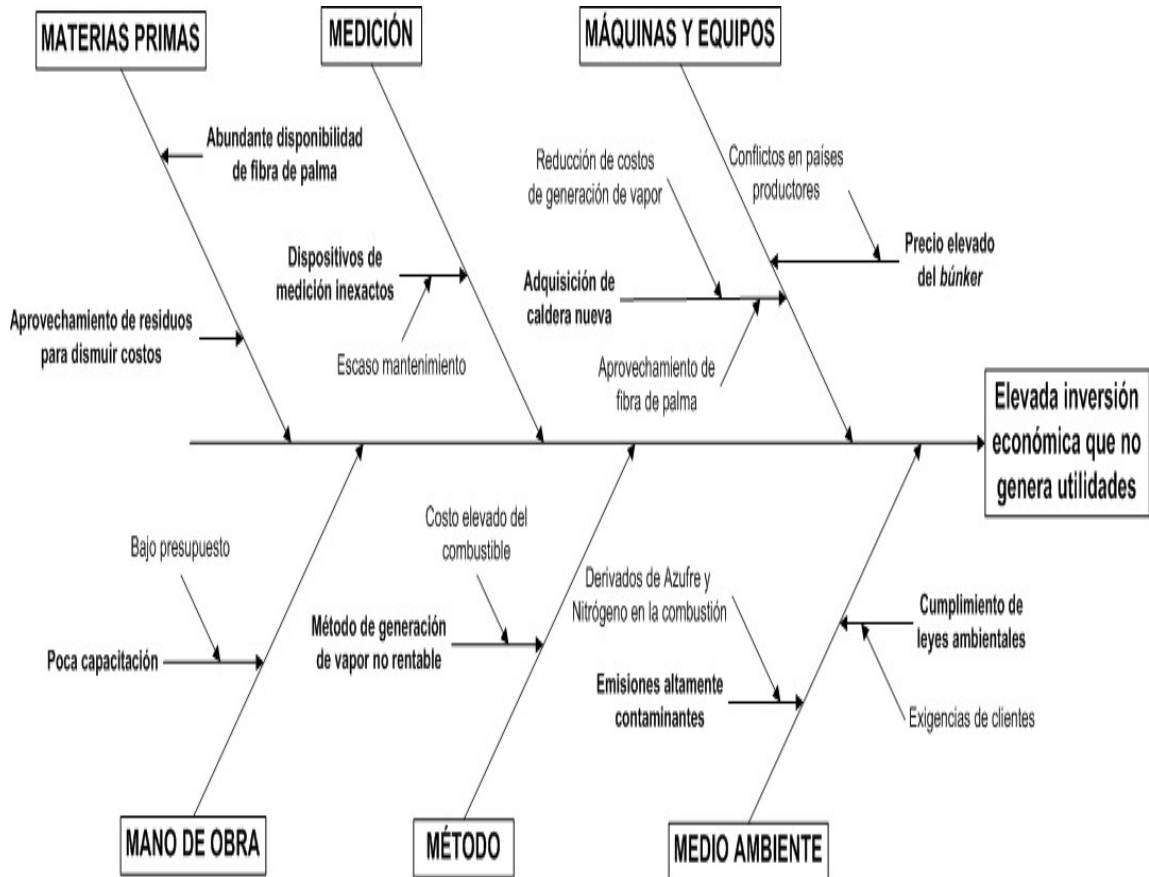
- Se cuenta con cinco calderas que están en buen estado y listas para funcionar, están instaladas y montadas, tienen planes de mantenimiento.
- Hay personal de mantenimiento capacitado y comprometido con la misión de la empresa.
- Se practica la responsabilidad ambiental en la empresa, buscando llevar a cabo acciones para producir más limpiamente, debido a esto el producir vapor con biomasa fue muy bien aceptado.

- Olmecca, S.A. ha registrado buenos períodos de ventas, es rentable económicamente, está en disposición de invertir en mejorar sus procesos o en proyectos innovadores.
- El consumo aproximado de energía eléctrica es de 1 250 000,00 KWh/mes, por lo que se deben de buscar formas para que el costo de la factura de energía eléctrica disminuya.
- Existe espacio físico para edificación de nuevas instalaciones si fuese necesario, las instalaciones actuales son amplias.
- La corporación cuenta con amplios cultivos de palma africana, del fruto de esta se sacan los aceites, las fibras que son residuos, pueden utilizarse como combustible, aprovechándolas para aportar el calor a las calderas y producir el vapor que se necesita.
- Se cuenta con un departamento de mantenimiento organizado, estructurado y con la debida planificación para brindar el servicio a las diferentes maquinarias que operan en Olmecca, S.A.

2.1.6. Aplicación del diagrama causas-efecto

Después de consultar al gerente de operaciones, jefe de mantenimiento y colaboradores de Olmecca, S.A., con la información obtenida se elaboró el siguiente diagrama de causas-efecto (ver figura 4), en el que se detallan las principales causas, por las que las calderas pirotubulares salieron de operación y el efecto que esto ha tenido para la empresa.

Figura 4. **Aplicación del diagrama causas-efecto**



Fuente: elaboración propia.

2.2. Propuesta de mejora

La propuesta consiste en emplear las calderas pirotubulares que están fuera de operación para generar vapor, por medio de este vapor hacer funcionar máquinas a vapor generadoras de energía eléctrica, esto para aprovechar las calderas y a la vez, generar utilidades a Olmeca, ya que disminuirá el costo de la factura eléctrica y por ende, los costos de producción. Para que esta propuesta se pueda llevar a cabo se debe de estudiar qué tan factible es el

llevar a cabo este proyecto desde los puntos de vista económicos, técnicos y ambientales. Existe la posibilidad de utilizar como combustible el búnker y la biomasa, por lo que a continuación se presentan los estudios correspondientes para cada uno de los combustibles que se pueden utilizar.

2.2.1. Generación de energía eléctrica con búnker

A continuación se desarrolla el estudio de factibilidad para la opción de generar energía eléctrica utilizando como combustible de las calderas el búnker.

2.2.1.1. Búnker C

También conocido como *fuel oil 6*, es un combustible residual de la destilación y craqueo del petróleo, un producto viscoso y con cierto grado de impureza, cuyas características generales exigen métodos especiales para su empleo.

Pequeñas moléculas, como aquellas del gas propano, nafta, gasolina para automóviles, y combustible de jet tienen puntos de ebullición relativamente bajos, y se separan al comienzo del proceso de destilación fraccionada. Los productos de petróleo más pesados, tales como el diesel, así como el aceite lubricante, se precipitan más despacio, y el búnker se ubica literalmente al fondo del barril. Debido a su alta viscosidad requiere calentamiento previo a utilizarse, usualmente se logra por medio de un sistema de circulación continua a baja presión de vapor, antes de que el combustible sea bombeado.

La viscosidad es una de las propiedades físicas que tienen mayor importancia en su utilización. El impacto del incremento de viscosidad puede darse en mayor grado en los sistemas de manejo del combustible (bombas,

filtros, tuberías en general), por lo cual deben tomarse precauciones para el causal de ésta, en especial por baja temperatura.

La temperatura de inflamación tiene especial importancia desde el punto de vista de la seguridad en el almacenamiento y manejo. El valor aproximado de la temperatura de inflamación del bunker C es 109 °C, por lo que ofrece un margen adecuado para efectos de precalentamiento.

Otro dato, no menos importante, es el poder calorífico del bunker C. Es un dato necesario para los balances y costo energético del producto. El bunker C tiene un poder calorífico mínimo de 40 MJ/kg (9600 Kcal/kg).

2.2.1.2. Estudio de mercado

Por medio de entrevistas a jefes de diversas áreas de Olmeca, se conoció la demanda aproximada de energía eléctrica, ésta se detalla a continuación:

- Demanda de energía eléctrica

Antes de empezar a generar energía eléctrica, es muy importante conocer la demanda actual de la misma, así como el comportamiento de la demanda para poder pronosticar si ésta se mantendrá constante o tiene tendencia a ir aumentando con el paso del tiempo. En la tabla VI se presenta el consumo mensual de la empresa en KWh/mes de los años 2009, 2010 y 2011 y en la figura 5 se presenta una gráfica con el comportamiento de la demanda.

Tabla VI. **Consumo de electricidad en Olmeca en los últimos años**

Mes/Año	Consumo mensual en KWh/mes
ene-09	1 191 050,00
feb-09	1 224 060,00
mar-09	1 377 947,00
abr-09	1 302 349,00
may-09	1 382 739,00
jun-09	1 262 451,00
jul-09	1 231 519,00
ago-09	1 219 913,00
sep-09	1 225 930,00
oct-09	1 285 058,25
nov-09	1 234 705,50
dic-09	1 068 858,00
ene-10	1 224 814,50
feb-10	1 156 937,25
mar-10	1 237 261,04
abr-10	1 166 737,01
may-10	1 155 709,01
jun-10	1 187 217,05
jul-10	1 217 501,25
ago-10	1 187 389,00
sep-10	1 267 689,00
oct-10	1 242 826,00
nov-10	1 245 659,00
dic-10	1 094 560,00
ene-11	1 243 665,00
feb-11	1 172 896,00
mar-11	1 251 430,00

Continuación de tabla VI.

abr-11	993 355,00
may-11	1 293 999,00
jun-11	1 216 393,50
jul-11	1 258 104,75
ago-11	1 262 661,75
sep-11	1 261 606,50
oct-11	1 270 463,25
nov-11	1 337 322,00
dic-11	1 116 255,50

Fuente: elaboración propia.

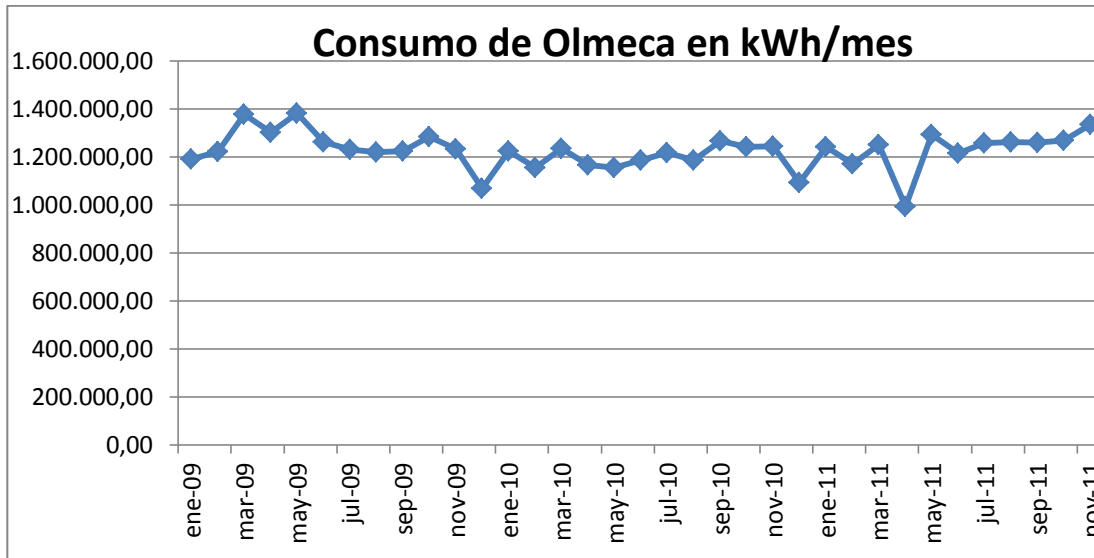
El consumo promedio en KWh/mes de los años 2009 al 2011 se presenta en la tabla VII:

Tabla VII. **Consumo promedio en KWh/mes**

Promedios	LABORAL (KWh/mes)			Total KWh/mes
	VALLE	DIURNO	PICO	
2009	303 993,17	472 493,31	158 289,35	1 250 548,31
2010	295 705,34	465 479,30	154 832,71	1 198 691,68
2011	298 543,23	480 406,41	160 771,98	1 232 899,70

Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Comportamiento de la demanda mensual de electricidad**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 5 se puede observar la variación de la demanda de energía eléctrica según los meses del año, el consumo disminuye considerablemente en abril y diciembre, esto debido a que en estos meses se aplica mantenimiento preventivo a todas las máquinas que intervienen en el proceso productivo.

2.2.1.3. Estudio administrativo

El proyecto de generación de energía eléctrica funcionará 24 horas al día, 7 días a la semana. Es necesario contratar a tres trabajadores, uno por turno, habiendo tres turnos (A, B y C) de 12 horas cada uno, trabajando cinco días y descansando tres. El perfil de los puestos y las funciones de los empleados se detallan a continuación:

- Perfil y funciones

En la figura 6 se detalla el perfil de la persona apta para ocupar el puesto de Técnico I, así como las funciones que tendrá que desempeñar.

Figura 6. Perfil y funciones del Técnico I

Puesto: TÉCNICO I



Perfil del puesto

- Graduado de Técnico en: Mecánica Industrial, Electricidad o carrera a fin.
- Conocimiento de operación de calderas y máquinas generadoras de electricidad.
- Conocimiento de aplicación de mantenimiento correctivo y preventivo de calderas y máquinas generadoras de electricidad.
- Disponibilidad de horario, proactivo, comprometido con metas de la empresa.

Funciones

- Supervisar el correcto funcionamiento de las calderas, máquinas a vapor, presiones y temperaturas de vapor, suministro de combustible.
- Aplicar mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo al plan de mantenimiento existente.
- Velar por el cuidado de los equipos y propio, siguiendo las normas de seguridad industrial establecidas.

Fuente: elaboración propia.

- Sueldo

El Técnico I devengará un sueldo mensual de Q. 2 235,48, trabajando 40 horas a la semana. Las horas extras y los descuentos se detallan en la tabla VIII.

Tabla VIII. **Planilla laboral**

Turno	Salario base	No. de horas extras	Quetzales por hora extra	Total horas extras	Devengado	Descuentos		Bonificación	Total a Devengar
						IGGS	Seguro		
A	Q. 2 235,48	80	Q. 13,97	Q. 1 117,74	Q. 3 353,22	Q. 161,96	Q. 66,00	Q. 250,00	Q. 3 375,26
B	Q. 2 235,48	80	Q. 13,97	Q. 1 117,74	Q. 3 353,22	Q. 161,96	Q. 66,00	Q. 250,00	Q. 3 375,26
C	Q. 2 235,48	80	Q. 13,97	Q. 1 117,74	Q. 3 353,22	Q. 161,96	Q. 66,00	Q. 250,00	Q. 3 375,26
									Q. 10 125,78

Fuente: elaboración propia.

La cuota patronal a pagar por cada trabajador queda de la siguiente manera. Ver tabla IX.

Tabla IX. **Cálculo de cuota patronal**

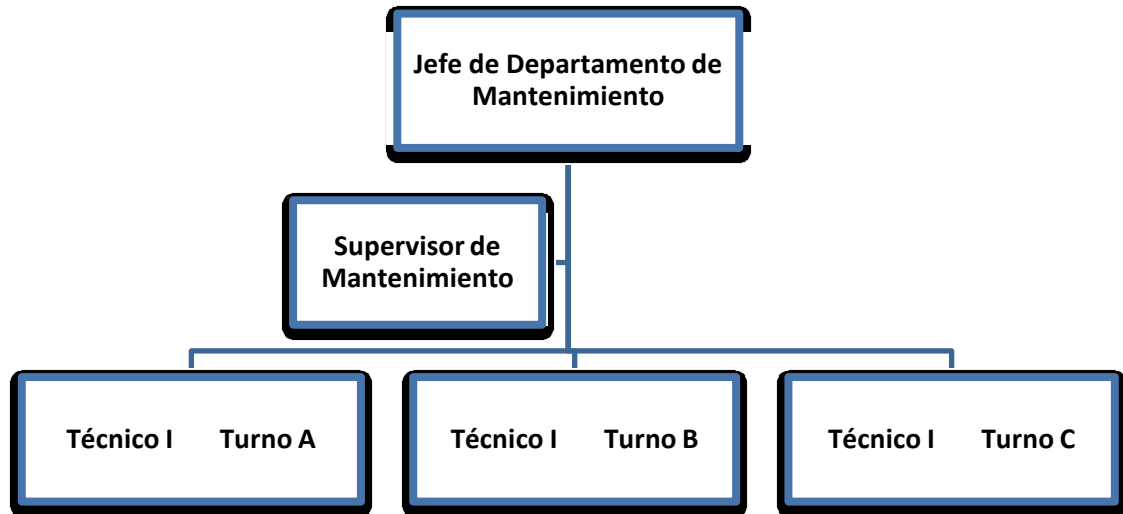
Turno	Vacaciones	Indemnización	Bono 14	Aguinaldo	IGSS Patronal	IRTRA	INTECAP	Cuota Patronal
A	Q. 139,66	Q. 279,32	Q. 279,32	Q. 279,32	Q. 357,79	Q. 33,53	Q. 33,53	Q. 1 123,16
B	Q. 139,66	Q. 279,32	Q. 279,32	Q. 279,32	Q. 357,79	Q. 33,53	Q. 33,53	Q. 1 123,16
C	Q. 139,66	Q. 279,32	Q. 279,32	Q. 279,32	Q. 357,79	Q. 33,53	Q. 33,53	Q. 1 123,16
								Q. 3 369,48

Fuente: elaboración propia.

- Organigrama

El organigrama muestra los niveles de mando del personal que intervendrá en el proyecto de generación de energía eléctrica, éste se muestra en la figura 7.

Figura 7. **Organigrama de proyecto de generación de energía eléctrica**



Fuente: elaboración propia.

2.2.1.4. Estudio técnico

El estudio técnico abarca la evaluación mecánica, de suma importancia para poder determinar el flujo de vapor total que se podrá generar por medio de las calderas y por medio de éste, generar energía eléctrica en las máquinas a vapor, la ubicación de las máquinas en el espacio físico disponible y una breve descripción de las máquinas a vapor MVB-300.

- Evaluación mecánica

Se presenta a continuación la evaluación mecánica aplicada a cada una de las calderas, realizada por dos métodos de cálculo distintos que deben dar resultados aproximadamente iguales. Por medio de esta evaluación se conocerá: la cantidad de vapor a generarse por cada caldera y en conjunto, la cantidad óptima de MVB-300 que se deben de adquirir y la cantidad de energía eléctrica que podrá generarse.

- York Shipley 300 HP

El Departamento de Mantenimiento de Olmeca mantiene registros de la eficiencia de la caldera York Shipley 300 HP que datan cuando aún estaba en operación. La eficiencia promedio es de 75%. En la tabla X se presenta el historial de registros de dicha caldera.

Tabla X. **Historial de eficiencias de caldera York Shipley 300 HP**

Mes/Año	Eficiencia
Abril 2005	78%
Diciembre 2006	73%
Abril 2007	79%
Diciembre 2007	76%
Abril 2008	74%
Diciembre 2008	74%
Promedio	75%

Fuente: elaboración propia.

Por medio de la siguiente ecuación se procede a calcular el flujo de vapor:

$$mv = \frac{Eficiencia * mc * PCI}{(hg_v - hf_a)}$$

Donde:

mv = flujo másico de vapor en Kg/h

hg_v = entalpía del vapor a la salida en Kcal/kg

hf_a = entalpía del agua de alimentación a la caldera en Kcal/kg

mc = flujo másico del combustible en Kg/h

PCI = poder calorífico inferior del combustible en Kcal/Kg

Datos teóricos necesarios para calcular el flujo de vapor:

Presión: 135 PSI $T_{\text{salida}} = 176,74 \text{ }^\circ\text{C}$ Eficiencia: 75%

$$135 \text{ PSI} * \frac{6,89 \text{ Kpa}}{1 \text{ PSI}} = 930,79 \text{ KPa}$$

Tabla XI. **Extracto de tabla A-5**

Presión en Kpa	Temperatura en $^\circ\text{C}$	Entalpía hg en KJ/Kg
900,00	175,35	2 773,00
930,00	$T_{\text{a } 930 \text{ kpa}}$	$hg_{\text{a } 930 \text{ Kpa}}$
950,00	177,66	2 775,00

Fuente: ÇENGEL, Yunus. Termodinámica. p. 912.

Después de interpolar (ver tabla XI) se tiene que:

$$h_{g,v} = 2\,774,2 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 665,81 \text{ Kcal/Kg}$$

Temperatura del agua al ingreso a la caldera (T_{entrada}): $40 \text{ }^\circ\text{C}$

Del libro de Termodinámica de Çengel se utilizó la tabla A-4 (ver anexo 1) para el siguiente valor:

$$h_{f,a} = 167,53 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 40,21 \text{ Kcal/Kg}$$

Consumo de combustible:

$$80 \frac{\text{Gal}}{\text{hora}} * \frac{3,78 \text{ lt}}{1 \text{ Gal}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1\,000 \text{ lt}} * \frac{969 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} = 293,41 \text{ Kg/hora de bunker C}$$

Con un PCI de 9 600 Kcal/Kg

$$mv = \frac{0,75 * 293,41 * 9\ 600}{(665,81 - 40,21)} = 3\ 376,87 \frac{Kg}{hora} \text{ de vapor}$$

- York Shipley 500 HP

El Departamento de Mantenimiento de Olmeca mantiene registros de la eficiencia de la caldera York Shipley 500 HP que datan cuando aún estaba en operación. La eficiencia promedio es de 75%. En la tabla XII se presenta el historial de registros de dicha caldera.

Tabla XII. **Historial de eficiencias de caldera York Shipley 500 HP**

Mes/Año	Eficiencia
Abril 2005	77%
Diciembre 2006	74%
Abril 2007	77%
Diciembre 2007	76%
Abril 2008	75%
Diciembre 2008	75%
Promedio	75%

Fuente: elaboración propia.

Por medio de la siguiente ecuación se procede a calcular el flujo de vapor:

$$mv = \frac{Eficiencia * mc * PCI}{(hgv - hfa)}$$

Datos teóricos necesarios para calcular el flujo de vapor:

Presión: 135 PSI

T_{salida} = 176,74 °C

Eficiencia: 75%

$$135 \text{ PSI} * \frac{6,89 \text{ Kpa}}{1 \text{ PSI}} = 930,79 \text{ KPa}$$

Del libro de Termodinámica de Çengel se utilizó la tabla A-5 (ver anexo 2) para el siguiente valor:

$$h_{g,v} = 2\,774,2 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 665,81 \text{ Kcal/Kg}$$

Temperatura del agua al ingreso a la caldera (T_{entrada}): 40 °C

Del libro de Termodinámica de Çengel se utilizó la tabla A-4 (ver anexo 1) para el siguiente valor:

$$h_{f,a} = 167,53 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 40,21 \text{ Kcal/Kg}$$

Consumo de combustible:

$$135 \frac{\text{Gal}}{\text{hora}} * \frac{3,785 \text{ L}}{1 \text{ Gal}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ Lt}} * \frac{969 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} = 495,13 \text{ Kg/hora de bunker C}$$

Con un PCI de 9 600 Kcal/Kg

$$m_v = \frac{0,75 * 495,13 * 9\,600}{(665,81 - 40,21)} = 5\,698,46 \frac{\text{Kg}}{\text{hora}} \text{ de vapor}$$

- York Shipley 700 HP

El Departamento de Mantenimiento de Olmeca mantiene registros de la eficiencia de la caldera York Shipley 700 HP que datan cuando aún estaba en

operación. La eficiencia promedio es de 75%. En la tabla XIII se presenta el historial de registros de dicha caldera.

Tabla XIII. **Historial de eficiencias de caldera York Shipley 700 HP**

Mes/Año	Eficiencia
Abril 2005	77%
Diciembre 2006	74%
Abril 2007	77%
Diciembre 2007	76%
Abril 2008	75%
Diciembre 2008	75%
Promedio	75%

Fuente: elaboración propia.

Por medio de la siguiente ecuación se procede a calcular el flujo de vapor:

$$mv = \frac{Eficiencia * m\dot{m}c * PCI}{(h_{gv} - h_{fa})}$$

Datos teóricos necesarios para calcular el flujo de vapor:

Presión: 135 PSI $T_{salida} = 176,74 \text{ }^{\circ}\text{C}$ Eficiencia: 75%

$$135 \text{ PSI} * \frac{6,89 \text{ Kpa}}{1 \text{ PSI}} = 930,79 \text{ KPa}$$

Del libro de Termodinámica de Çengel se utilizó la tabla A-5 (ver anexo 2) para el siguiente valor:

$$h_{gv} = 2774,2 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 665,81 \text{ Kcal/Kg}$$

Temperatura del agua al ingreso a la caldera (T_{entrada}): 40 °C

Del libro de Termodinámica de Çengel se utilizó la tabla A-4 (ver anexo 1) para el siguiente valor:

$$h_{fa} = 167,53 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 40,21 \text{ Kcal/Kg}$$

Consumo de combustible:

$$196 \frac{\text{Gal}}{\text{hora}} * \frac{3,78 \text{ Lt}}{1 \text{ Gal}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1\,000 \text{ Lt}} * \frac{969 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} = 718,86 \text{ Kg/hora de bunker C}$$

Con un PCI de 9 600 Kcal/Kg

$$mv = \frac{0,75 * 718,86 * 9\,600}{(665,81 - 40,21)} = 8\,273,31 \frac{\text{Kg}}{\text{hora}} \text{ de vapor}$$

- Cleaver Brooks 500 HP

El Departamento de Mantenimiento de Olmeca mantiene registros de la eficiencia de la caldera Cleaver Brooks 500 HP que datan cuando aún estaba en operación. La eficiencia promedio es de 83%. En la tabla XIV se presenta el historial de registros de dicha caldera.

Tabla XIV. **Historial de eficiencias de caldera Cleaver Brooks 500 HP**

Mes/Año	Eficiencia
Abril 2005	84%
Diciembre 2006	85%
Abril 2007	82%
Abril 2008	82%
Diciembre 2008	84%
Promedio	83%

Fuente: elaboración propia.

Por medio de la siguiente ecuación se procede a calcular el flujo de vapor:

$$mv = \frac{Eficiencia * mc * PCI}{(h_{gv} - h_{fa})}$$

Datos teóricos necesarios para calcular el flujo de vapor:

Presión: 135 PSI $T_{salida} = 176,74 \text{ }^{\circ}\text{C}$ Eficiencia: 83%

$$135 \text{ PSI} * \frac{6,89 \text{ Kpa}}{1 \text{ PSI}} = 930,79 \text{ KPa}$$

Del libro de Termodinámica de Çengel se utilizó la tabla A-5 (ver anexo 2) para el siguiente valor:

$$h_{gv} = 2774,2 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 665,81 \text{ Kcal/Kg}$$

Temperatura del agua al ingreso a la caldera ($T_{entrada}$): $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Del libro de Termodinámica de Çengel se utilizó la tabla A-4 (ver anexo 1) para el siguiente valor:

$$h_{fa} = 167,53 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 40,21 \text{ Kcal/Kg}$$

Consumo de combustible:

$$139,5 \frac{\text{Gal}}{\text{hora}} * \frac{3,78 \text{ Lt}}{1 \text{ Gal}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ Lt}} * \frac{969 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} = 511,64 \text{ Kg/hora de bunker C}$$

Con un PCI de 9 600 Kcal/Kg

$$mv = \frac{0,83 * 511,64 * 9\ 600}{(665,81 - 40,21)} = 6\ 516,53 \frac{Kg}{hora} \text{ de vapor}$$

- Cleaver Brooks 800 HP

El Departamento de Mantenimiento de Olmeca mantiene registros de la eficiencia de la caldera Cleaver Brooks 800 HP que datan de cuando aún estaba en operación. La eficiencia promedio es de 83%. En la tabla XV se presenta el historial de registros de dicha caldera.

Tabla XV. **Historial de eficiencias de caldera Cleaver Brooks 800 HP**

Mes/Año	Eficiencia
Abril 2005	85%
Diciembre 2006	84%
Abril 2007	82%
Diciembre 2007	83%
Abril 2008	82%
Diciembre 2008	83%
Promedio	83%

Fuente: elaboración propia.

Por medio de la siguiente ecuación se procede a calcular el flujo de vapor:

$$mv = \frac{Eficiencia * m\dot{m}c * PCI}{(h_{gv} - h_{fa})}$$

Datos teóricos necesarios para calcular el flujo de vapor:

Presión: 155 PSI

T_{salida} = 182,72 °C

Eficiencia: 83%

$$155 \text{ PSI} * \frac{6,89 \text{ Kpa}}{1 \text{ PSI}} = 1\,068,69 \text{ KPa}$$

Del libro de Termodinámica de Çengel se utilizó la tabla A-5 (ver anexo 2) para el siguiente valor:

$$h_{g,v} = 2\,779,55 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 667,09 \text{ Kcal/Kg}$$

Temperatura del agua al ingreso a la caldera (T_{entrada}): 40 °C

Del libro de Termodinámica de Çengel se utilizó la tabla A-4 (ver anexo 1) para el siguiente valor:

$$h_{f,a} = 167,53 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 40,21 \text{ Kcal/Kg}$$

Consumo de combustible:

$$223,4 \frac{\text{Gal}}{\text{hora}} * \frac{3,78 \text{ Lt}}{1 \text{ Gal}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1\,000 \text{ Lt}} * \frac{969 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} = 819,35 \text{ Kg/hora de bunker C}$$

Con un PCI de 9 600 Kcal/Kg

$$mv = \frac{0,83 * 819,35 * 9\,600}{(667,09 - 40,21)} = 10\,414,35 \frac{\text{Kg}}{\text{hora}} \text{ de vapor}$$

- Flujo de vapor total disponible

En la tabla XVI se presenta la sumatoria de los flujos de vapor para encontrar el flujo total disponible y con base en eso, conocer la cantidad de máquinas a vapor, para generar energía eléctrica que se deben de adquirir.

:

Tabla XVI. **Disponibilidad de vapor en Kg/hora**

Caldera	Flujo de vapor en Kg/hora
York Shipley 300 HP	3 376,87
York Shipley 500 HP	5 698,46
York Shipley 700 HP	8273,71
Cleaver Brooks 500 HP	6 516,53
Cleaver Brooks 800 HP	10 414,35
Flujo Total	34 279,92

Fuente: elaboración propia.

- Otra forma de calcular el flujo de vapor disponible

Partiendo de que la capacidad máxima de generación de vapor de una caldera, está dada por la fórmula: (HP) x (34,5) y que la demanda de vapor es la que rige la producción del mismo, se proceden a realizar los siguientes cálculos para conocer la cantidad de máquinas a vapor que se deben adquirir.

$$YS\ 300\ HP \times 34,5 = 10\ 350,00\ lb_{vapor}/hora = 4\ 704,50\ Kg_{vapor}/hora$$

$$YS\ 500\ HP \times 34,5 = 17\ 250,00\ lb_{vapor}/hora = 7\ 840,90\ Kg_{vapor}/hora$$

$$YS\ 700\ HP \times 34,5 = 24\ 150,00\ lb_{vapor}/hora = 10\ 977,20\ Kg_{vapor}/hora$$

$$CB\ 500\ HP \times 34,5 = 17\ 250,00\ lb_{vapor}/hora = 7\ 840,90\ Kg_{vapor}/hora$$

$$CB\ 800\ HP \times 34,5 = 27\ 600,00\ lb_{vapor}/hora = 12\ 545,45\ Kg_{vapor}/hora$$

La capacidad total de generación de vapor es de:

$$96\ 600,00\ lb_{vapor}/hora = 43\ 909,09\ Kg_{vapor}/hora$$

Dicha capacidad se ve afectada por la eficiencia de las calderas. Se conoce que las calderas York Shipley tienen una eficiencia aproximada de 75%

y las Cleaver Brooks una eficiencia aproximada del 83%, por lo que la verdadera producción de vapor será de:

$$\text{YS 300 HP} \times 34,5 \times 0,75 = 7\,762,50 \text{ lb}_{\text{vapor}}/\text{hora} = 3\,528,40 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}$$

$$\text{YS 500 HP} \times 34,5 \times 0,75 = 12\,937,50 \text{ lb}_{\text{vapor}}/\text{hora} = 5\,880,70 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}$$

$$\text{YS 700 HP} \times 34,5 \times 0,75 = 18\,112,50 \text{ lb}_{\text{vapor}}/\text{hora} = 8\,233,00 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}$$

$$\text{CB 500 HP} \times 34,5 \times 0,83 = 14\,317,50 \text{ lb}_{\text{vapor}}/\text{hora} = 6\,507,95 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}$$

$$\text{CB 800 HP} \times 34,5 \times 0,83 = 22\,908,00 \text{ lb}_{\text{vapor}}/\text{hora} = 10\,412,72 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}$$

La capacidad total real de generación de vapor es de:

$$76\,038,00 \text{ lb}_{\text{vapor}}/\text{hora} = 34\,562,72 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}$$

Se puede apreciar que, por medio de ambos métodos de cálculo del flujo de vapor disponible, se llega a un resultado aproximadamente igual. En este estudio se tomará el dato menor que es $34\,279,92 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}$, ya que es el más exacto debido a que en el método de cálculo se toman en cuenta más variables como: poder calorífico del combustible, entalpías de vapor y agua, flujos másicos de vapor y combustible. Es de suma importancia el conocer la disponibilidad total de vapor, con base en esto se determinará la cantidad de máquinas a vapor que se deben comprar.

Según datos técnicos de Benecke, fabricante de las MVB 300, el consumo máximo de vapor de éstas es aproximadamente de $3\,800,00 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}$ y la generación aproximada es de $165 \text{ KVA}/130 \text{ KW}$.

Con base en los datos del fabricante, se procede a calcular la cantidad de máquinas a vapor MVB 300 que se deben adquirir.

$$\text{Número de MVB 300 a adquirir} = \frac{\text{Disponibilidad de vapor en Kg/hora}}{\text{Consumo máximo de vapor MVB 300}}$$

$$\text{Número de MVB 300 a adquirir} = \frac{34\,279,92}{3\,800} = 9,02 \text{ MVB 300} = 9 \text{ MVB 300}$$

La disponibilidad de vapor estaría muy ajustada con la demanda, por lo que se sugiere adquirir 8 MVB 300 en vez de 9, para que haya un margen de seguridad y el funcionamiento de las calderas como de las MVB 300 sea el óptimo.

El consumo máximo de vapor de las 8 MVB 300, funcionando simultáneamente será de:

$$\text{Consumo máximo de vapor: } (8 \text{ MVB 300}) \times (3\,800 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}) =$$

$$30\,400 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}$$

La demanda aproximada de vapor es de 30 400 Kg_{vapor}/hora y puede ser cubierta en su totalidad, ya que la disponibilidad de vapor es de 34 279 Kg_{vapor}/hora.

La cantidad de energía eléctrica a generarse será:

- Energía eléctrica generada:

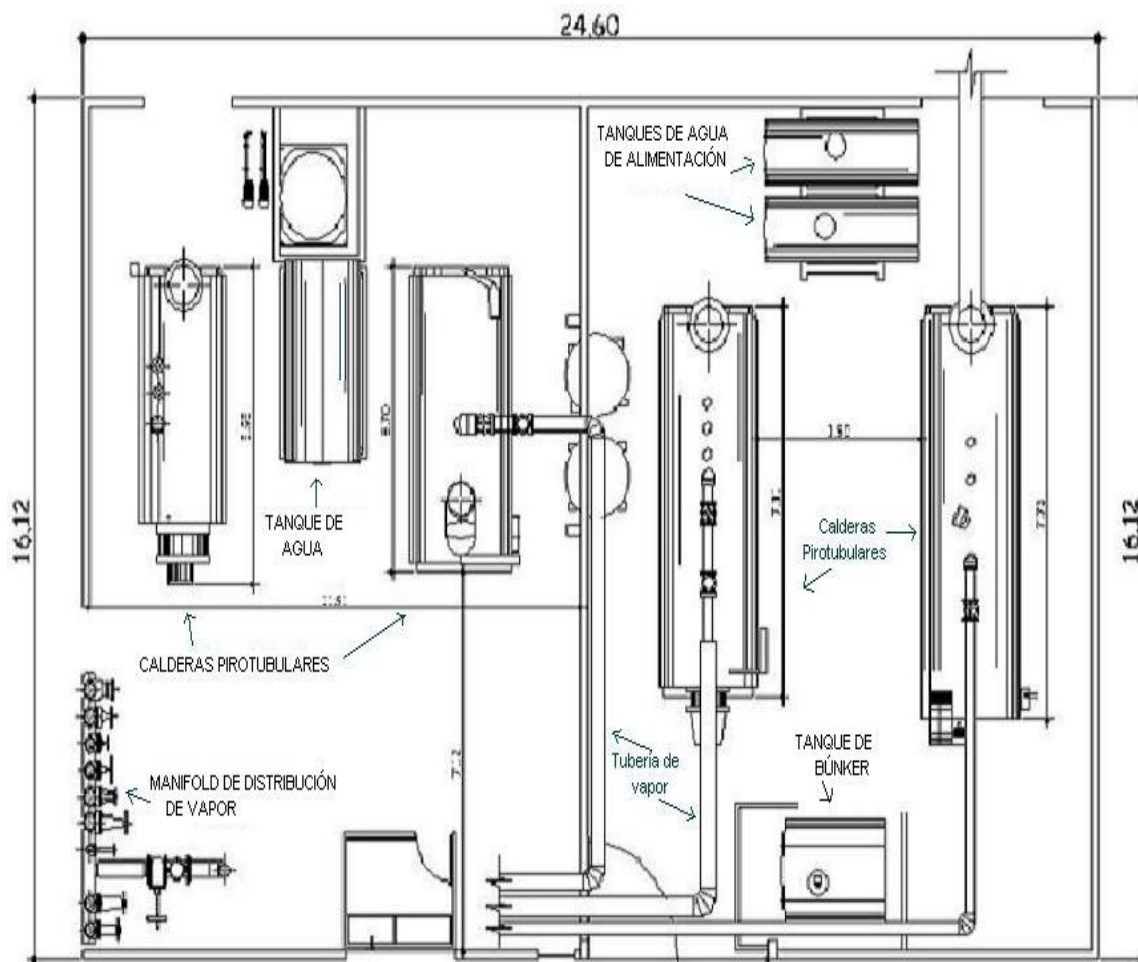
$$(\text{Número de MVB 300}) \times (\text{capacidad de generación individual})$$

$$(8 \text{ MVB 300}) \times (130 \text{ KW}) = 1\,040 \text{ KW} = 1,04 \text{ MW}$$

- Ubicación de máquinas

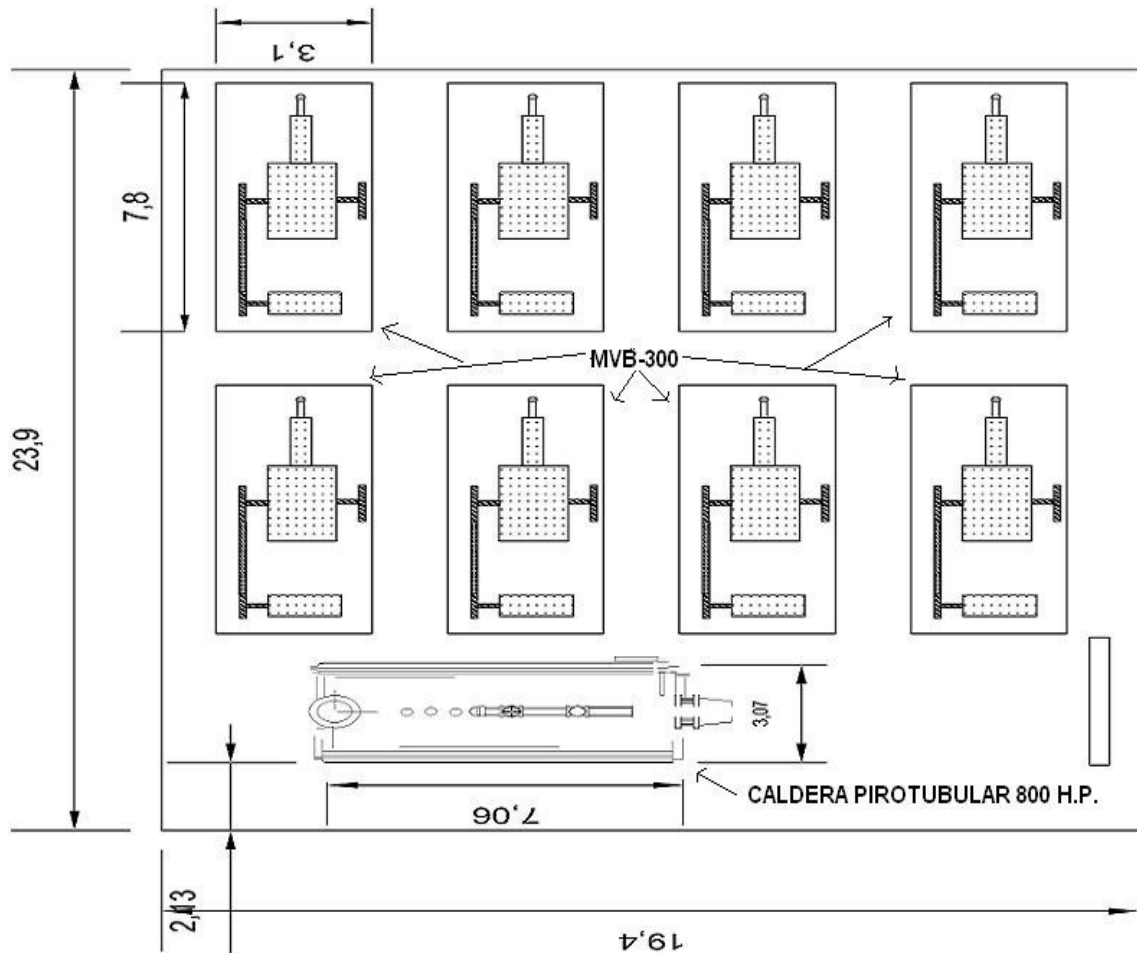
En las figuras 8 y 9 se presentan los planos que indican la ubicación de las máquinas a adquirirse. Se puede observar que el cuarto 1 de calderas se mantiene igual, las MVB-300 se distribuyen en el espacio disponible del cuarto 2 de calderas.

Figura 8. Plano de ubicación en cuarto 1 de calderas



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Plano de ubicación en cuarto 2 de calderas**



Fuente: elaboración propia.

- Máquina a vapor MVB 300

Es fabricada por la compañía brasileña Benecke Irmaos. Máquina de un cilindro de doble acción, anillos de segmento en polímero, bloque del cilindro en hierro fundido, chasis en acero carbono. Sistema de control de vapor con válvula proporcional de actuador neumático y controlador de alta confiabilidad.

Esta máquina está apta para trabajar en paralelo con otras máquinas. Es accionada por vapor saturado, transforma el movimiento rectilíneo de los cilindros en movimiento circular, a través del eje de manivela en el cual son montados volantes que accionan el generador.

Figura 10. **MVB-300 instalada y funcionando**



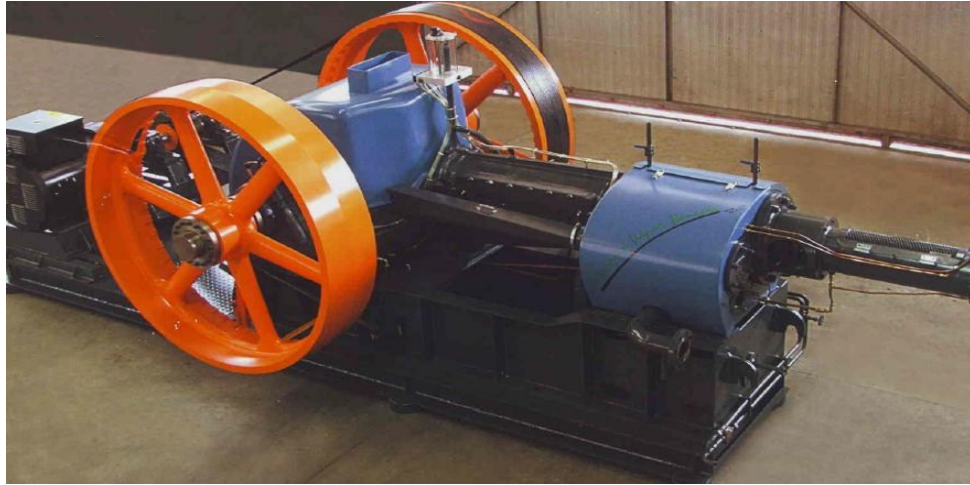
Fuente: Benecke Irmaos. www.benecke.com.br. Consulta: 09 de diciembre de 2011.

Entre las principales ventajas de la MVB-300 se encuentran:

- No requiere vapor sobrecalentado, trabaja con vapor saturado
- Presión máxima del vapor de 16 Kgf/cm² y presión mínima de 6 kgf/cm²
- El mantenimiento no requiere de personal altamente calificado
- El volumen de la cimentación es pequeño
- Transmisión de la potencia por correa

A una presión de trabajo de 9 kgf/cm² tiene un consumo de vapor aproximado de 3 800 kg/h y genera 165 KVA/130 KW.

Figura 11. **Máquina a vapor MVB 300**



Fuente: Benecke Irmaos. www.benecke.com.br. Consulta: 09 de diciembre de 2011.

2.2.1.5. Estudio económico

- Determinación de la inversión inicial

En la tabla XVII se presenta el conjunto de inversiones que se deben llevar a cabo para que funcione el proyecto de generación de energía eléctrica.

Tabla XVII. **Determinación de la inversión inicial**

Cantidad	Nombre	Costo unitario	Costo total
8	Máquinas a vapor MVB 300	Q. 1 810 000,00	Q. 14 480 000,00
8	Instalación de MVB 300	Q. 20 000,00	Q. 160 000,00
8	Flete de las MVB 300	Q. 100 000,00	Q. 800 000,00
1	Tanque para condensado		Q. 100 000,00
1	Conexión eléctrica		Q. 200 000,00
	Inversión total		Q. 15 740 000,00

Fuente: elaboración propia.

- Cálculos de costo de búnker C al mes

El costo de búnker C al mes será calculado a partir del dato de consumo de combustible establecido por el fabricante con base en el quemador instalado en cada una de las calderas. Este cálculo se detalla en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. **Cálculo de consumo de búnker C al mes**

Caldera	galones/hora	horas/mes	costo/galón	Costo al mes
York Shipley 300 HP	80	720	Q. 27,00	Q. 1 555 200,00
York Shipley 500 HP	135	720	Q. 27,00	Q. 2 624 400,00
York Shipley 700 HP	196	720	Q. 27,00	Q. 3 810 240,00
Cleaver Brooks 500	139,5	720	Q. 27,00	Q. 2 711 880,00
Cleaver Brooks 800	223,4	720	Q. 27,00	Q. 4 342 896,00
Costo total mensual				Q. 15 044 616,00

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo del costo de tratamiento de agua para calderas

Los principales productos químicos para tratar el agua a utilizarse en las calderas, su consumo en la actualidad y costo promedio, se presentan en la tabla XIX.

Tabla XIX. **Cálculo del costo de tratamiento de agua**

Nombre	Consumo mensual	Costo por unidad	Costo total
Soda Cáustica (Kg)	6 950,00	Q. 5,15	Q. 35 792,50
Sal industrial (qq)	130,00	Q. 44,65	Q. 5 804,50
Corrotil (Kg)	244,00	Q. 44,03	Q. 10 743,32
Ch 20 - 20 (Lts)	185,00	Q. 221,88	Q. 41 047,80
Ch 90 - 90 (Lts)	177,00	Q. 58,00	Q. 10 266,00
Costo total mensual			Q. 103 654,12

Fuente: elaboración propia.

Éste es el costo aproximado del tratamiento del agua para la caldera Okuma, la cual genera un aproximado de 32 000 Lbs_{vapor}/hora. La demanda de las 8 MVB 300 es aproximadamente de 65 000 Lbs_{vapor}/hora, por lo que el costo aproximado del tratamiento de agua para este proyecto será:

32 000 Lbs_{vapor}/hora ----- Q 103 654,12

65 000 Lbs_{vapor}/hora ----- Costo de tratamiento de agua del proyecto

Costo de tratamiento de agua para el proyecto:

$$\frac{(65\,000\text{ lbs vapor/hora}) \times (Q.103\,654,12)}{32\,000\text{ lbs vapor/hora}} = Q. 210\,547,43$$

- Determinación del costo mensual total

En la tabla XX se presenta un desglose de los costos mensuales en que se incurrirá al estar funcionando el proyecto.

Tabla XX. **Desglose de costos mensuales**

Nombre	Cantidad
Combustible	Q. 15 044 616,00
Mano de obra	Q. 10 125,78
Cuotas patronales	Q. 3 369,48
Tratamiento de agua	Q. 210 547,43
Mantenimiento de calderas y MVB 300	Q. 5 000,00
Costo mensual total	Q. 15 273 658,69

Fuente: elaboración propia.

- Beneficio económico del proyecto

Se espera generar 1 040 KW, lo que representará un ahorro en la factura eléctrica de:

$$(1\ 040\ \text{KW}) \times (24\ \text{horas/día}) \times (30\ \text{días/mes}) = 748\ 800\ \text{KWh/mes}$$

$$(748\ 800\ \text{KWh/mes}) \times (\text{Q. } 1,80) = \text{Q. } 1\ 347\ 840,00$$

Ahorro por disminución de potencia en hora pico:

$$(1\ 040\ \text{KW}) \times (\text{Q. } 68,00) = \text{Q. } 70\ 720,00$$

$$(\text{Q. } 1\ 347\ 840,00 + \text{Q. } 70\ 720,00) = \text{Q. } 1\ 418\ 560,00$$

Beneficio económico mensual total:

$$(\text{Q. } 1\ 418\ 560,00 - \text{Q. } 15\ 273\ 658,69) = -\text{Q. } 13\ 855\ 098,69$$

No hay beneficio económico generando energía eléctrica utilizando como combustible el búnker, no es factible económicamente llevar a cabo este proyecto.

2.2.1.6. Estudio financiero

A continuación se presenta el flujo de efectivo y la aplicación de indicadores financieros, esto con la finalidad de determinar la factibilidad financiera del proyecto.

- Flujo de efectivo

El costo del búnker ha ido en aumento en los últimos años y se espera que mantenga esta tendencia, debido a esto el costo del búnker va a variar año con año, por lo que se ha decidido tomar en cuenta un costo variable mensual de Q. 10 000,00 y que aumenta Q. 2 000,00 cada año. El flujo de efectivo para 10 años se presenta en la tabla XXI. Para elaborar este flujo de efectivo se ha tomado el criterio que la inversión y los costos fijos y variables son negativos, ya que representan salidas de efectivo, mientras que los ingresos son positivos.

Tabla XXI. Flujo de efectivo para 10 años

Mes	Inversión inicial	Costo fijo	Costo variable	Ingresos	Flujo de efectivo
0	-Q.15 740 000,00				-Q.15 740 000,00
1		-Q.15 273 658,69	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 865 098,69
2		-Q.15 273 658,69	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 865 098,69
3		-Q.15 273 658,69	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 865 098,69
4		-Q.15 273 658,69	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 865 098,69
5		-Q.15 273 658,69	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 865 098,69
6		-Q.15 273 658,69	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 865 098,69
7		-Q.15 273 658,69	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 865 098,69
8		-Q.15 273 658,69	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 865 098,69
9		-Q.15 273 658,69	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 865 098,69
10		-Q.15 273 658,69	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 865 098,69
11		-Q.15 273 658,69	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 865 098,69
12		-Q.15 273 658,69	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 865 098,69
13		-Q.15 273 658,69	-Q.12 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 867 098,69
14		-Q.15 273 658,69	-Q.12 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 867 098,69
15		-Q.15 273 658,69	-Q.12 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 867 098,69
16		-Q.15 273 658,69	-Q.12 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 867 098,69
17		-Q.15 273 658,69	-Q.12 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 867 098,69
18		-Q.15 273 658,69	-Q.12 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 867 098,69
19		-Q.15 273 658,69	-Q.12 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 867 098,69

Continuación de la tabla XXI.

20		-Q.15 273 658,69	-Q.12 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 867 098,69
21		-Q.15 273 658,69	-Q.12 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 867 098,69
22		-Q.15 273 658,69	-Q.12 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 867 098,69
23		-Q.15 273 658,69	-Q.12 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 867 098,69
24		-Q.15 273 658,69	-Q.12 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 867 098,69
25		-Q.15 273 658,69	-Q.14 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 869 098,69
26		-Q.15 273 658,69	-Q.14 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 869 098,69
27		-Q.15 273 658,69	-Q.14 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 869 098,69
28		-Q.15 273 658,69	-Q.14 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 869 098,69
29		-Q.15 273 658,69	-Q.14 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 869 098,69
30		-Q.15 273 658,69	-Q.14 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 869 098,69
31		-Q.15 273 658,69	-Q.14 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 869 098,69
32		-Q.15 273 658,69	-Q.14 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 869 098,69
33		-Q.15 273 658,69	-Q.14 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 869 098,69
34		-Q.15 273 658,69	-Q.14 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 869 098,69
35		-Q.15 273 658,69	-Q.14 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 869 098,69
36		-Q.15 273 658,69	-Q.14 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 869 098,69
37		-Q.15 273 658,69	-Q.16 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 871 098,69
38		-Q.15 273 658,69	-Q.16 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 871 098,69
39		-Q.15 273 658,69	-Q.16 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 871 098,69
40		-Q.15 273 658,69	-Q.16 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 871 098,69
41		-Q.15 273 658,69	-Q.16 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 871 098,69
42		-Q.15 273 658,69	-Q.16 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 871 098,69
43		-Q.15 273 658,69	-Q.16 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 871 098,69
44		-Q.15 273 658,69	-Q.16 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 871 098,69
45		-Q.15 273 658,69	-Q.16 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 871 098,69
46		-Q.15 273 658,69	-Q.16 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 871 098,69
47		-Q.15 273 658,69	-Q.16 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 871 098,69
48		-Q.15 273 658,69	-Q.16 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 871 098,69
49		-Q.15 273 658,69	-Q.18 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 873 098,69
50		-Q.15 273 658,69	-Q.18 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 873 098,69
51		-Q.15 273 658,69	-Q.18 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 873 098,69
52		-Q.15 273 658,69	-Q.18 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 873 098,69
53		-Q.15 273 658,69	-Q.18 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 873 098,69
54		-Q.15 273 658,69	-Q.18 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 873 098,69

Continuación de la tabla XXI.

55		-Q.15 273 658,69	-Q.18 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 873 098,69
56		-Q.15 273 658,69	-Q.18 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 873 098,69
57		-Q.15 273 658,69	-Q.18 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 873 098,69
58		-Q.15 273 658,69	-Q.18 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 873 098,69
59		-Q.15 273 658,69	-Q.18 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 873 098,69
60		-Q.15 273 658,69	-Q.18 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 873 098,69
61		-Q.15 273 658,69	-Q.20 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 875 098,69
62		-Q.15 273 658,69	-Q.20 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 875 098,69
63		-Q.15 273 658,69	-Q.20 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 875 098,69
64		-Q.15 273 658,69	-Q.20 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 875 098,69
65		-Q.15 273 658,69	-Q.20 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 875 098,69
66		-Q.15 273 658,69	-Q.20 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 875 098,69
67		-Q.15 273 658,69	-Q.20 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 875 098,69
68		-Q.15 273 658,69	-Q.20 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 875 098,69
69		-Q.15 273 658,69	-Q.20 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 875 098,69
70		-Q.15 273 658,69	-Q.20 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 875 098,69
71		-Q.15 273 658,69	-Q.20 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 875 098,69
72		-Q.15 273 658,69	-Q.20 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 875 098,69
73		-Q.15 273 658,69	-Q.22 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 877 098,69
74		-Q.15 273 658,69	-Q.22 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 877 098,69
75		-Q.15 273 658,69	-Q.22 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 877 098,69
76		-Q.15 273 658,69	-Q.22 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 877 098,69
77		-Q.15 273 658,69	-Q.22 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 877 098,69
78		-Q.15 273 658,69	-Q.22 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 877 098,69
79		-Q.15 273 658,69	-Q.22 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 877 098,69
80		-Q.15 273 658,69	-Q.22 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 877 098,69
81		-Q.15 273 658,69	-Q.22 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 877 098,69
82		-Q.15 273 658,69	-Q.22 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 877 098,69
83		-Q.15 273 658,69	-Q.22 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 877 098,69
84		-Q.15 273 658,69	-Q.22 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 877 098,69
85		-Q.15 273 658,69	-Q.24 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 879 098,69
86		-Q.15 273 658,69	-Q.24 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 879 098,69
87		-Q.15 273 658,69	-Q.24 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 879 098,69
88		-Q.15 273 658,69	-Q.24 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 879 098,69
89		-Q.15 273 658,69	-Q.24 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 879 098,69

Continuación de la tabla XXI.

90		-Q.15 273 658,69	-Q.24 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 879 098,69
91		-Q.15 273 658,69	-Q.24 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 879 098,69
92		-Q.15 273 658,69	-Q.24 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 879 098,69
93		-Q.15 273 658,69	-Q.24 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 879 098,69
94		-Q.15 273 658,69	-Q.24 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 879 098,69
95		-Q.15 273 658,69	-Q.24 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 879 098,69
96		-Q.15 273 658,69	-Q.24 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 879 098,69
97		-Q.15 273 658,69	-Q.26 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 881 098,69
98		-Q.15 273 658,69	-Q.26 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 881 098,69
99		-Q.15 273 658,69	-Q.26 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 881 098,69
100		-Q.15 273 658,69	-Q.26 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 881 098,69
101		-Q.15 273 658,69	-Q.26 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 881 098,69
102		-Q.15 273 658,69	-Q.26 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 881 098,69
103		-Q.15 273 658,69	-Q.26 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 881 098,69
104		-Q.15 273 658,69	-Q.26 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 881 098,69
105		-Q.15 273 658,69	-Q.26 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 881 098,69
106		-Q.15 273 658,69	-Q.26 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 881 098,69
107		-Q.15 273 658,69	-Q.26 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 881 098,69
108		-Q.15 273 658,69	-Q.26 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 881 098,69
109		-Q.15 273 658,69	-Q.28 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 883 098,69
110		-Q.15 273 658,69	-Q.28 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 883 098,69
111		-Q.15 273 658,69	-Q.28 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 883 098,69
112		-Q.15 273 658,69	-Q.28 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 883 098,69
113		-Q.15 273 658,69	-Q.28 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 883 098,69
114		-Q.15 273 658,69	-Q.28 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 883 098,69
115		-Q.15 273 658,69	-Q.28 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 883 098,69
116		-Q.15 273 658,69	-Q.28 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 883 098,69
117		-Q.15 273 658,69	-Q.28 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 883 098,69
118		-Q.15 273 658,69	-Q.28 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 883 098,69
119		-Q.15 273 658,69	-Q.28 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 883 098,69
120		-Q.15 273 658,69	-Q.28 000,00	Q.1 418 560,00	-Q.13 883 098,69

Fuente: elaboración propia.

- Valor Presente Neto (VPN)

El Valor Presente Neto (VPN) de una inversión se entiende como la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial. Es transformar a una sola cantidad equivalente en el tiempo presente, los valores futuros. Si un proyecto de inversión tiene un VPN positivo, el proyecto es rentable. Un VPN nulo significa que la rentabilidad del proyecto es la misma que colocar los fondos en él invertidos, en el mercado con un interés equivalente a la tasa de descuento utilizada. Un VPN negativo, indica que se debe rechazar el proyecto.

La gerencia de Olmeca estimó en un 15% anual (1,25% mensual) la tasa de descuento a aplicársele a este proyecto. El VPN para esta inversión, calculado por medio de Microsoft Excel es:

VPN: - Q. 875 549 100,17

Como el VPN es negativo, el proyecto debe rechazarse. En la actualidad, representa una elevada pérdida para la empresa si se lleva a cabo.

2.2.1.7. Estudio de impacto ambiental

Se presentan a continuación los derivados de la combustión del búnker, es necesario conocerlos para saber el impacto que éstos tendrán en el medio ambiente.

- **Combustión del búnker**

La combustión del búnker produce emisiones como: CO₂ (dióxido de carbono), SO_x (óxidos de azufre), NO_x (óxidos nitrosos), hollín, etc. El CO₂ y los NO_x (óxidos nitrosos) son gases de efecto invernadero que generan el cambio climático y la acidificación de los océanos, además de enfermedades respiratorias. Mientras que los SO_x (óxidos de azufre) son poderosos productores de lluvia ácida que destruyen bosques y ecosistemas, acidificando las aguas.

Debido a esto, el impacto al ambiente será significativo si se genera energía eléctrica utilizando el búnker como combustible, por lo que se recomienda buscar combustibles alternativos.

2.2.2. Generación de energía eléctrica con biomasa

A continuación se desarrolla el estudio de factibilidad, para la opción de generar energía eléctrica utilizando como combustible de las calderas la biomasa (fibra de palma). Esto será posible mediante la instalación de hogares especialmente diseñados para cada una de las calderas.

2.2.2.1. Biomasa

El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz, macadamia), del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros).

Ésta es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano. Desde la prehistoria, la forma más común de utilizar la energía de la biomasa ha sido por medio de la combustión directa: quemándola en hogueras a cielo abierto, en hornos y cocinas artesanales e, incluso, en calderas; convirtiéndola en calor para suplir las necesidades de calefacción, cocción de alimentos, producción de vapor y generación de electricidad.

Los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de procesos más eficientes y limpios para la conversión de biomasa en energía; transformándola, por ejemplo, en combustibles líquidos o gaseosos, los cuales son más convenientes y eficientes. Así, aparte de la combustión directa, se pueden distinguir otros dos tipos de procesos: el termoquímico y el bioquímico.

Las fuentes más importantes de biomasa son los campos forestales y agrícolas, pues en ellos se producen residuos (rastros) que normalmente son dejados en el campo al consumirse sólo un bajo porcentaje de ellos con fines energéticos. En la agroindustria, los procesos de secado de granos generan subproductos que son usados para generación de calor en sistemas de combustión directa; tal es el caso del bagazo de caña de azúcar, la fibra de la palma de aceite, la cascarilla de café y la de arroz.

En economías de orientación agrícola, como las de los países centroamericanos, el uso apropiado de la biomasa ofrece una alternativa para reducir los costos de operación por concepto de insumos energéticos; además, es una solución para los problemas higiénico-ambientales que, en muchos casos, presentan los desechos orgánicos.

Se considera que la biomasa es una fuente renovable de energía porque su valor proviene del Sol. A través del proceso de fotosíntesis, la clorofila de las

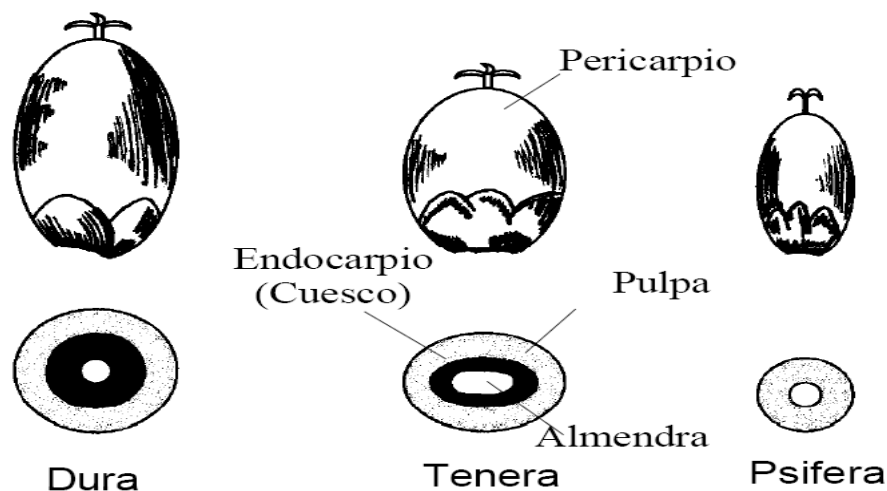
plantas captura su energía, y convierte el dióxido de carbono (CO₂) del aire y el agua del suelo en carbohidratos, para formar la materia orgánica. Cuando estos carbohidratos se queman, regresan a su forma de dióxido de carbono y agua, liberando la energía que contienen. De esta forma, la biomasa funciona como una especie de batería que almacena la energía solar. Entonces, si se produce en forma sostenida o sea, en el mismo nivel en que se consume, esa batería durará indefinidamente.

Existen muchos cultivos agrícolas que pueden ser utilizados para la generación de energía: caña de azúcar, maíz, sorgo, y trigo. Igualmente, se pueden usar plantas oleaginosas como la palma de aceite, girasol o soya y algunas plantas acuáticas como jacinto de agua o las algas, para producir combustibles líquidos como el etanol y el biodiesel.

- La palma africana

La palma africana o palma de aceite es originaria de los bosques tropicales lluviosos de África Occidental y Central. Pertenece a las familias de las monocotiledoneas. Es un cultivo de plantación perenne y rendimiento tardío. Está formada por grandes hojas que se desprenden en forma de copete de su tallo, más o menos alto. Por medio de las propiedades del fruto, según el espesor del endocarpio, se sugiere una clasificación de la palma de aceite en tres tipos: dura, tenera y psífera, que se ilustran en la figura 12 y se describe en la tabla XXII.

Figura 12. Tipos y partes del fruto de la palma de aceite



Fuente: KLOSE, Wolfgang. Pirolisis de biomasa. p. 8.

Tabla XXII. Clasificación según el espesor del endocarpio

Tipo	Espesor del Endocarpio /mm	Fracción de la masa total / %		
		Pulpa	Endocarpio(Cuesco)	Almendra
Dura-	2-8	35-55	25-55	7-20
macrocaraya	6-8	30-40	40-60	10-15
deli	2-5	60-65	30-32	8
Tenera	0,5-3	60-95	1-32	3-15
Psifera	(sin)	100	0	mínimo

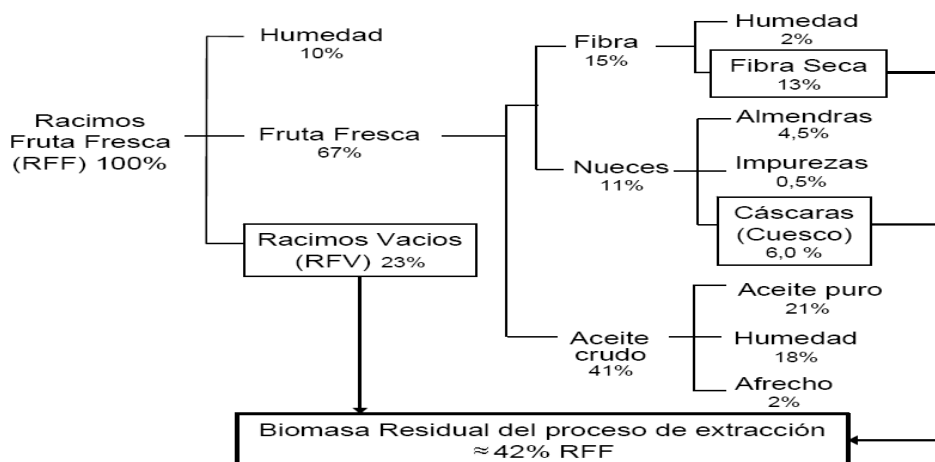
Fuente: KLOSE, Wolfgang. Pirolisis de biomasa. p. 7.

Las labores del proceso de extracción incluyen: la recolección de los frutos, su esterilización, el desgranado de los racimos, la maceración y la extracción del aceite de la pulpa y su clarificación.

El aceite extraído constituye un aproximado del 20% del peso total del fruto y se utiliza ampliamente en la alimentación como aceite de cocina y en la elaboración de productos de panadería, pastelería, confitería y heladería entre otros. De la almendra se obtiene el aceite de palmiste, que constituye aproximadamente el 5% del peso total del fruto y la torta de palmiste, que se utiliza en la preparación de alimentos concentrados para animales.

La biomasa residual del proceso, conformada por los racimos de fruta vacíos, la fibra y el cuesco, constituye una fracción cercana al 42% en masa a los racimos de fruta fresca. Esta biomasa residual es la que se utiliza en Olmeca en la actualidad para aportar calor en la caldera combinada Okuma y generar vapor para los diversos productivos. Esta misma biomasa residual es la que se planea utilizar como combustible en las calderas pirotubulares para generar el vapor necesario y generar energía eléctrica. En la figura 13 se presenta un esquema del balance de masa del proceso de extracción del aceite de palma.

Figura 13. **Balance de masa de la extracción del aceite de palma**



Fuente: KLOSE, Wolfgang. Pirolisis de biomasa. p. 9.

En la tabla XXIII se puede observar el poder calorífico de cada uno de estos residuos, dato importante cuando se desea aprovechar esta biomasa residual y se tiene que hacer un balance energético.

Tabla XXIII. **Resultados de la caracterización de la biomasa**

	Análisis elemental / %				Análisis próximo / %			Poder calorífico /MJ/kg	
	c_{waf}	h_{waf}	n_{waf}	o_{waf} ¹	w	F_{waf}	a_{waf}	$H_{o,wf}$ ²	$H_{u,wf}$ ²
Cuesco	52,8	5,7	<1	40,5	11,2	79	1,4	22,2 ³	21,1 ³
Fibra	48,7	6,3	<1	44,4	5,2	79	5,2	18,4	17,1
Almendra	62,5	8,8	2,1	26,6	6,5	93	1,7	28,7	26,8
Afrecho (palma)	59,6	5,5	2,4	42,5	10,5	81	3,5	18,5	17,3
Cascarilla de café	50,3	5,3	<1	43,8	10,1	82	1,2	18,7	17,5
Bagazo	53,1	4,7	<1	41,7	15,0	87	8,1	17,9	16,9
Madera de haya	48,9	0,5	<1	45,4	5,53	90	0,39	18,3	17,1

¹ Valor calculado por diferencia

² Valores correlación Boie Ec. 3-1

³ Valor experimental

Fuente: KLOSE, Wolfgang. Pirolisis de biomasa. p. 17.

2.2.2.2. Descripción de instalación de hogar

Ante el alza de los costos de los combustibles fósiles y el alto costo de compra de calderas de biomasa, es que a través de estudios se han desarrollado una generación de hornos acoplados a los cuerpos de calderas, lo que permite, no sólo reutilizar las calderas, sino además eliminar la dependencia de los derivados del petróleo. Este tipo de proyecto se basa en el desarrollo de una nueva generación de hornos eficientes, contruidos a partir de ladrillos rojos y ladrillos refractarios.

Los ladrillos refractarios tienen alto contenido de alúmina. Mientras más alúmina, más aislante es el ladrillo, logrando reducir las pérdidas por irradiación. En las figuras 14 y 15 se pueden observar las fases de la construcción de un hogar para quemar biomasa.

Figura 14. **Fabricación de soportes tipo H para elevación de caldera**



Fuente: Beneficio El Rosario, Chiquimula, Guatemala.

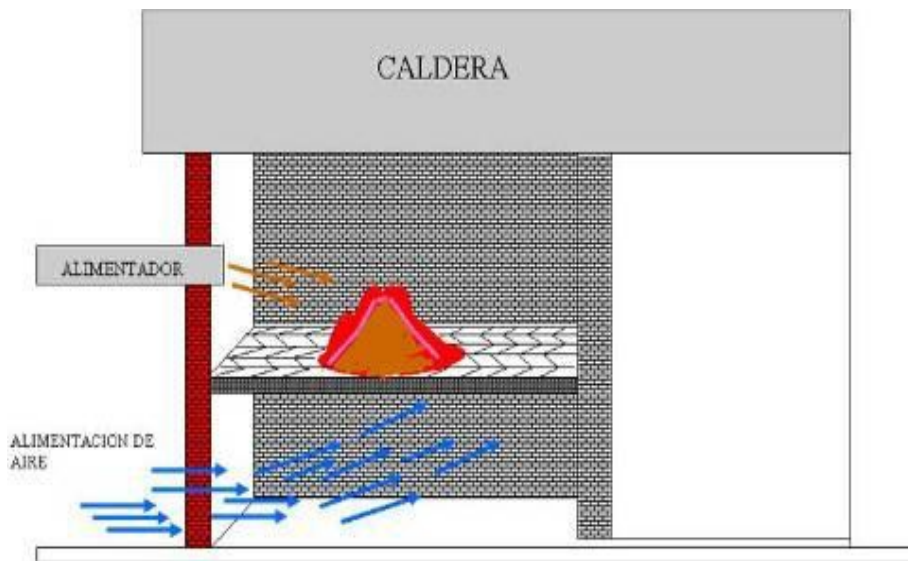
Figura 15. **Construcción de horno inferior o tipo túnel**



Fuente: Beneficio El Rosario, Chiquimula, Guatemala.

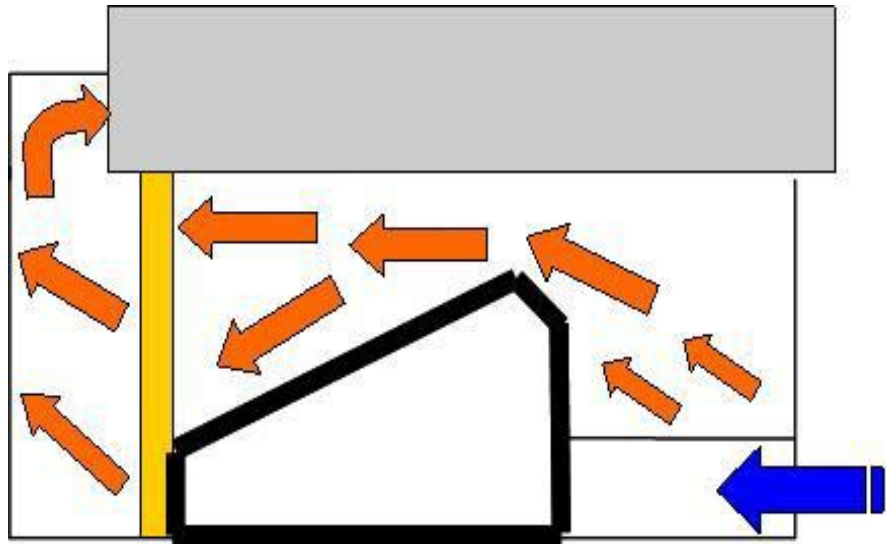
Los hornos constan de: una parrilla, en la cual se quema la biomasa; mamparas a 60 grados, para direccionar los gases del horno; un ventilador en la parte inferior, que ayuda a formar un correcto triángulo de fuego; un depósito de cenizas; un ventilador extractor en la chimenea, que es el encargado de direccionar los humos de la combustión, logrando que circulen a través de la caldera y éstos aporten el calor necesario para generar vapor, juntas de dilatación para prolongar la vida útil del horno y un sistema de alimentación de biomasa que consta de un elevador, canasta de dosificación y una banda de transporte de biomasa. En las figuras 16, 17 y 18 se puede observar el principio de funcionamiento de los hogares para quemar biomasa acoplados a calderas pirotubulares.

Figura 16. **Esquema de funcionamiento del hogar**



Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Circulación de humos en el horno**



Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Sistema de alimentación de fibra de palma**



Fuente: Beneficio El Rosario, Chiquimula, Guatemala.

La finalidad de estos hornos es el aprovechar los residuos de la agroindustria y convertirlos en subproductos al utilizarlos como combustible para la caldera. Entre estos subproductos están: la fibra de palma, la pulpa del café, bagazo de caña, cascarilla de arroz, leña, etc.

Asimismo, este tipo de proyectos son amigables con el medio ambiente, ya que los combustibles biomásicos al quemarse contaminan menos que los combustibles fósiles, debido al nulo o bajo contenido de azufre en su composición química. Desde el punto de vista económico, son una oportunidad de generación de vapor a un bajo costo, debido a que se utilizan residuos agroindustriales que antes se desperdiciaban o que representaban costos a la empresa al tratarlos. En la figura 19 se presenta un hogar acoplado, terminado y funcionando.

Figura 19. **Hogar para quemar biomasa, terminado y funcionando**



Fuente: Beneficio El Rosario, Chiquimula, Guatemala.

2.2.2.3. Estudio de mercado

Por medio de entrevistas a jefes de diversas áreas de Olmeca, se conoció la demanda aproximada de energía eléctrica, ésta se detalla a continuación:

- Demanda de energía eléctrica

Antes de empezar a generar energía eléctrica, es muy importante conocer la demanda actual de la misma, así como el comportamiento de la demanda para poder pronosticar si ésta se mantendrá constante o tiene tendencia a ir aumentando con el paso del tiempo. En la tabla XXIV se presenta el consumo mensual de la empresa en KWh/mes desde 2009 al 2011 y en la figura 20 se puede observar el comportamiento de la demanda.

Tabla XXIV. Consumo de energía eléctrica en los últimos años

Mes/Año	Consumo mensual en KWh/mes
ene-09	1 191 050,00
feb-09	1 224 060,00
mar-09	1 377 947,00
abr-09	1 302 349,00
may-09	1 382 739,00
jun-09	1 262 451,00
jul-09	1 231 519,00
ago-09	1 219 913,00
sep-09	1 225 930,00
oct-09	1 285 058,25
nov-09	1 234 705,50
dic-09	1 068 858,00

Continuación de la tabla XXIV.

ene-10	1 224 814,50
feb-10	1 156 937,25
mar-10	1 237 261,04
abr-10	1 166 737,01
may-10	1 155 709,01
jun-10	1 187 217,05
jul-10	1 217 501,25
ago-10	1 187 389,00
sep-10	1 267 689,00
oct-10	1 242 826,00
nov-10	1 245 659,00
dic-10	1 094 560,00
ene-11	1 243 665,00
feb-11	1 172 896,00
mar-11	1 251 430,00
abr-11	993 355,00
may-11	1 293 999,00
jun-11	1 216 393,50
jul-11	1 258 104,75
ago-11	1 262 661,75
sep-11	1 261 606,50
oct-11	1 270 463,25
nov-11	1 337 322,00
dic-11	1 116 255,50

Fuente: elaboración propia.

El consumo promedio del 2009 al 2011 se presenta en la tabla XXV.

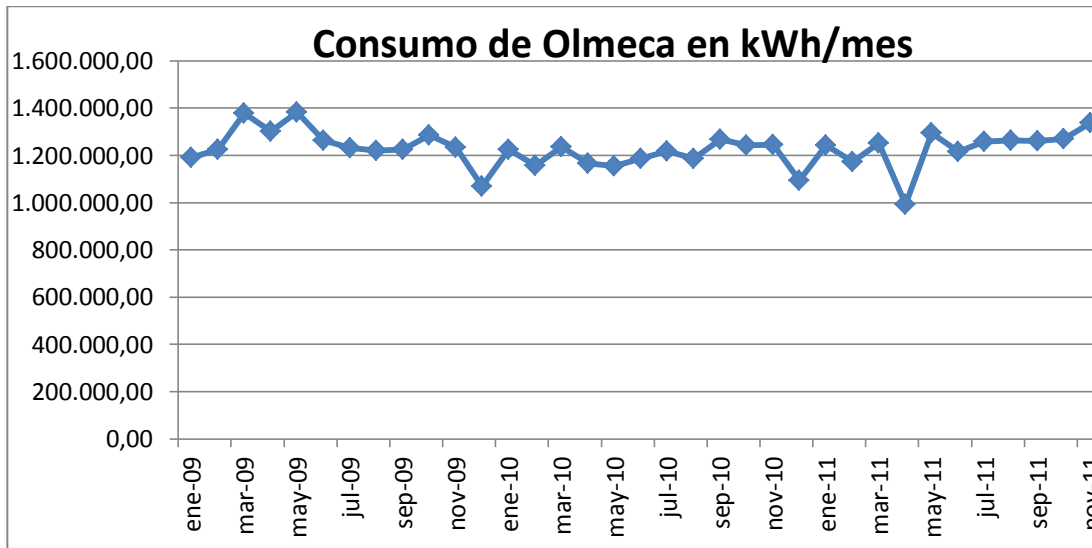
Tabla XXV. Consumo promedio en KWh/mes

Promedios	LABORAL (kWh/mes)			Total kWh/mes
	VALLE	DIURNO	PICO	
2009	303 993,17	472 493,31	158 289,35	1 250 548,31
2010	295 705,34	465 479,30	154 832,71	1 198 691,68
2011	298 543,23	480 406,41	160 771,98	1 232 899,70

Fuente: elaboración propia.

En la figura 20 se puede observar la variación de la demanda de energía eléctrica según los meses del año, el consumo disminuye considerablemente en abril y diciembre, esto debido a que en estos meses se aplica mantenimiento preventivo a todas las máquinas que intervienen en el proceso productivo.

Figura 20. Comportamiento de la demanda mensual de electricidad



Fuente: elaboración propia.

2.2.2.4. Estudio administrativo

El proyecto de generación de energía eléctrica estaría funcionando 24 horas al día, 7 días a la semana. Es necesario contratar a seis trabajadores, dos por turno, habiendo tres turnos (A, B y C) de 12 horas cada uno, trabajando cinco días y descansando tres. El perfil de los puestos y las funciones de los empleados se detallan a continuación:

- Perfil y funciones

En la figura 21 se detalla el perfil de la persona apta para ocupar el puesto de Técnico I, así como las funciones que tendrá que desempeñar.

Figura 21. Perfil y funciones del Técnico I



Puesto: TÉCNICO I

Perfil del puesto

- Graduado de Técnico en: Mecánica Industrial, Electricidad o carrera a fin.
- Conocimiento de operación de calderas y máquinas generadoras de electricidad.
- Conocimiento de aplicación de mantenimiento correctivo y preventivo de calderas y máquinas generadoras de electricidad.
- Disponibilidad de horario, proactivo, comprometido con metas de la empresa.

Funciones

- Supervisar el correcto funcionamiento de las calderas, máquinas a vapor, presiones y temperaturas de vapor, suministro de combustible.
- Aplicar mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo al plan de mantenimiento existente.
- Velar por el cuidado de los equipos y propio, siguiendo las normas de seguridad industrial establecidas.

Fuente: elaboración propia.

En la figura 22 se detalla el perfil de la persona apta para ocupar el puesto de Técnico II, así como las funciones que tendrá que desempeñar.

Figura 22. Perfil y funciones del Técnico II



Puesto: TÉCNICO II

Perfil del puesto

- Graduado a nivel medio.
- Poseer licencia de conducir profesional.
- Conocimiento en el manejo de montacargas.
- Disponibilidad de horario, proactivo, comprometido con metas de la empresa.

Funciones

- Abastecer de la biomasa necesaria a los hornos para garantizar su óptimo funcionamiento.
- Recolectar y depositar en el área indicada la ceniza generada en la combustión de la biomasa.
- Ayudar a mantener el área de trabajo limpia y en buenas condiciones.
- Velar por el cuidado de los equipos y propio, siguiendo las normas de seguridad industrial establecidas.

Fuente: elaboración propia.

- Sueldo

El Técnico I y el Técnico II devengarán un sueldo mensual de Q. 2,235.48, trabajando 40 horas a la semana. Las horas extras y los descuentos se detallan en la tabla XXVI.

Tabla XXVI. **Planilla laboral**

Turno	Salario base	No. de horas extras	Quetzales por hora extra	Total horas extras	Devengado	Descuentos			Total a devengar por trabajador	No. de trabajadores	Costo de mano de obra por turno
						IGGS	Seguro	Bonificación			
A	Q. 2235.48	80	Q. 13,97	Q. 1 117,74	Q. 3 353,22	Q. 161,96	Q. 66,00	Q. 250,00	Q. 3 375,26	2	Q. 6 750,52
B	Q. 2235.48	80	Q. 13,97	Q. 1 117,74	Q. 3 353,22	Q. 161,96	Q. 66,00	Q. 250,00	Q. 3 375,26	2	Q. 6 750,52
C	Q. 2235.48	80	Q. 13,97	Q. 1 117,74	Q. 3 353,22	Q. 161,96	Q. 66,00	Q. 250,00	Q. 3 375,26	2	Q. 6 750,52
											Q. 20 251,56

Fuente: elaboración propia.

La cuota patronal a pagar por cada trabajador se detalla en la tabla XXVII:

Tabla XXVII. **Cálculo de cuota patronal**

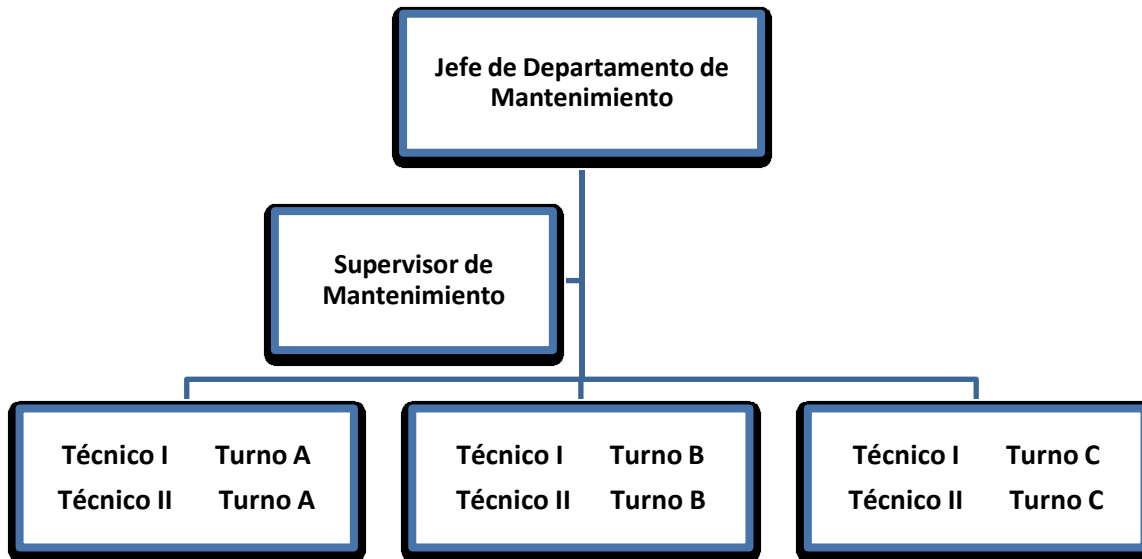
Turno	Vacaciones	Indemnización	Bono 14	Aguinaldo	IGSS patronal	IRTRA	INTECAP	Cuota patronal	No. de trabajadores	Cuota Patronal por turno
A	Q. 139,66	Q. 279,32	Q. 279,32	Q. 279,32	Q. 357,79	Q. 33,53	Q. 33,53	Q. 1 123,16	2	Q. 2 246,32
B	Q. 139,66	Q. 279,32	Q. 279,32	Q. 279,32	Q. 357,79	Q. 33,53	Q. 33,53	Q. 1 123,16	2	Q. 2 246,32
C	Q. 139,66	Q. 279,32	Q. 279,32	Q. 279,32	Q. 357,79	Q. 33,53	Q. 33,53	Q. 1 123,16	2	Q. 2 246,32
										Q. 6 738,97

Fuente: elaboración propia.

- **Organigrama**

El organigrama muestra los niveles de mando del personal que intervendrá en el proyecto de generación de energía eléctrica utilizando biomasa, éste se presenta en la figura 23.

Figura 23. Organigrama de proyecto de generación con biomasa



Fuente: elaboración propia.

2.2.2.5. Estudio técnico

El estudio técnico abarca la evaluación mecánica, de suma importancia para poder determinar el flujo de vapor total que se podrá generar por medio de las calderas y por medio de éste, generar energía eléctrica en las máquinas a vapor y la ubicación de las máquinas en el espacio físico.

- Evaluación mecánica

Se presenta a continuación la evaluación mecánica aplicada a cada una de las calderas, realizada por dos métodos de cálculo distintos que deben dar resultados aproximadamente iguales. Por medio de esta evaluación se conocerá: la cantidad de vapor a generarse por cada caldera y en conjunto, la

cantidad óptima de MVB-300 que se deben adquirir y la cantidad de energía eléctrica que podrá generarse.

Para esta opción de generación de energía eléctrica se instalarán hornos, especialmente diseñados para poder quemar biomasa y así aportar el calor necesario a las calderas para que puedan producir vapor. Con este tipo de hornos, el funcionamiento de las calderas se verá afectado por varios factores como son: humedad de la biomasa, cantidad y forma de suministrar la biomasa al hogar, correcto dimensionamiento del horno, disponibilidad de personal capacitado, etc. Para efectos de este estudio se partirá del hecho de que las condiciones de operación son las ideales y el funcionamiento de los hogares y calderas será el óptimo.

- York Shipley 300 HP

El Departamento de Mantenimiento de Olmeca mantiene registros de la eficiencia de la caldera York Shipley 300 HP que datan de cuando aún estaba en operación. La eficiencia promedio es de 75%. En la tabla XXVIII se presenta el historial de registros de dicha caldera.

Tabla XXVIII. **Historial de eficiencias de caldera York Shipley 300 HP**

Mes/Año	Eficiencia
Abril 2005	78%
Diciembre 2006	73%
Abril 2007	79%
Diciembre 2007	76%
Abril 2008	74%
Diciembre 2008	74%
Promedio	75%

Fuente: elaboración propia.

Por medio de la siguiente ecuación se procede a calcular el flujo de vapor:

$$mv = \frac{\text{Eficiencia} * m\dot{m}c * PCI}{(h_{gv} - h_{fa})}$$

Donde:

mv = flujo másico de vapor en Kg/h

h_{gv} = entalpía del vapor a la salida en Kcal/kg

h_{fa} = entalpía del agua de alimentación a la caldera en Kcal/kg

mc = flujo másico del combustible en Kg/h

PCI = poder calorífico inferior del combustible en Kcal/Kg

Datos teóricos necesarios para calcular el flujo de vapor:

Presión: 135 PSI $T_{\text{salida}} = 176,74 \text{ }^\circ\text{C}$ Eficiencia: 75%

$$135 \text{ PSI} * \frac{6,89 \text{ Kpa}}{1 \text{ PSI}} = 930,79 \text{ KPa}$$

Tabla XXIX. **Extracto de tabla A-5**

Presión en Kpa	Temperatura en °C	Entalpía hg en KJ/Kg
900,00	175,35	2 773,00
930,00	$T_{\text{a } 930 \text{ kpa}}$	$hg_{\text{a } 930 \text{ Kpa}}$
950,00	177,66	2 775,00

Fuente: ÇENGEL, Yunus. Termodinámica. p. 912.

Después de interpolar (ver tabla XXIX) se tiene que:

$$h_{gv} = 2\,774,2 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 665,81 \text{ Kcal/Kg}$$

Temperatura del agua al ingreso a la caldera (T_{entrada}): 40 °C

Del libro de Termodinámica de Çengel se utilizó la tabla A-4 (ver anexo 1) para el siguiente valor:

$$h_{fa} = 167,53 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 40,21 \text{ Kcal/Kg}$$

Consumo de combustible:

$$80 \frac{\text{Gal}}{\text{hora}} \times \frac{3,78 \text{ lt}}{1 \text{ Gal}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1\,000 \text{ lt}} \times \frac{969 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} = 293,41 \text{ Kg/hora de búnker C}$$

Con un PCI de 9 600 Kcal/Kg

$$mv = \frac{0,75 \times 293,41 \times 9\,600}{(665,81 - 40,21)} = 3\,376,87 \frac{\text{Kg}}{\text{hora}} \text{ de vapor}$$

- York Shipley 500 HP

El Departamento de Mantenimiento de Olmeca mantiene registros de la eficiencia de la caldera York Shipley 500 HP que datan de cuando aún estaba en operación. La eficiencia promedio es de 75%. En la tabla XXX se presenta el historial de registros de dicha caldera.

Tabla XXX. **Historial de eficiencias de caldera York Shipley 500 HP**

Mes/Año	Eficiencia
Abril 2005	77%
Diciembre 2006	74%
Abril 2007	77%
Diciembre 2007	76%
Abril 2008	75%
Diciembre 2008	75%
Promedio	75%

Fuente: elaboración propia.

Por medio de la siguiente ecuación se procede a calcular el flujo de vapor:

$$mv = \frac{Eficiencia * mc * PCI}{(h_{gv} - h_{fa})}$$

Datos teóricos necesarios para calcular el flujo de vapor:

Presión: 135 PSI $T_{salida} = 176,74 \text{ }^{\circ}\text{C}$ Eficiencia: 75%

$$135 \text{ PSI} * \frac{6,89 \text{ Kpa}}{1 \text{ PSI}} = 930,79 \text{ KPa}$$

Del libro de Termodinámica de Çengel se utilizó la tabla A-5 (ver anexo 2) para el siguiente valor:

$$h_{gv} = 2\,774,2 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 665,81 \text{ Kcal/Kg}$$

Temperatura del agua al ingreso a la caldera ($T_{entrada}$): $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Del libro de Termodinámica de Çengel se utilizó la tabla A-4 (ver anexo 1) para el siguiente valor:

$$h_{fa} = 167,53 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 40,21 \text{ Kcal/Kg}$$

Consumo de combustible:

$$135 \frac{\text{Gal}}{\text{hora}} * \frac{3,785 \text{ lt}}{1 \text{ Gal}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lt}} * \frac{969 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} = 495,13 \text{ Kg/hora de bunker C}$$

Con un PCI de 9 600 Kcal/Kg

$$mv = \frac{0,75 * 495,13 * 9\ 600}{(665,81 - 40,21)} = 5\ 698,46 \frac{\text{Kg}}{\text{hora}} \text{ de vapor}$$

- York Shipley 700 HP

El Departamento de Mantenimiento de Olmeca mantiene registros de la eficiencia de la caldera York Shipley 700 HP que datan de cuando aún estaba en operación. La eficiencia promedio es de 75%. En la tabla XXXI se presenta el historial de registros de dicha caldera.

Tabla XXXI. **Historial de eficiencias de caldera York Shipley 700 HP**

Mes/Año	Eficiencia
Abril 2005	77%
Diciembre 2006	74%
Abril 2007	77%
Diciembre 2007	76%
Abril 2008	75%
Diciembre 2008	75%
Promedio	75%

Fuente: elaboración propia.

Por medio de la siguiente ecuación se procede a calcular el flujo de vapor:

$$mv = \frac{\text{Eficiencia} * m\dot{m}c * PCI}{(h_{gv} - h_{fa})}$$

Datos teóricos necesarios para calcular el flujo de vapor:

Presión: 135 PSI $T_{\text{salida}} = 176,74 \text{ }^\circ\text{C}$ Eficiencia: 75%

$$135 \text{ PSI} * \frac{6,89 \text{ Kpa}}{1 \text{ PSI}} = 930,79 \text{ KPa}$$

Del libro de Termodinámica de Çengel se utilizó la tabla A-5 (ver anexo 2) para el siguiente valor:

$$h_{gv} = 2774,2 \text{ KJ/Kg} * 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 665,81 \text{ Kcal/Kg}$$

Temperatura del agua al ingreso a la caldera (T_{entrada}): $40 \text{ }^\circ\text{C}$

Del libro de Termodinámica de Çengel se utilizó la tabla A-4 (ver anexo 1) para el siguiente valor:

$$h_{fa} = 167,53 \text{ KJ/Kg} * 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 40,21 \text{ Kcal/Kg}$$

Consumo de combustible:

$$196 \frac{\text{Gal}}{\text{hora}} * \frac{3,78 \text{ lt}}{1 \text{ Gal}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lt}} * \frac{969 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} = 718,86 \text{ Kg/hora de bunker C}$$

Con un PCI de 9 600 Kcal/Kg

$$mv = \frac{0,75 * 718,86 * 9\ 600}{(665,81 - 40,21)} = 8\ 273,31 \frac{Kg}{hora} \text{ de vapor}$$

- Cleaver Brooks 500 HP

El Departamento de Mantenimiento de Olmecca mantiene registros de la eficiencia de la caldera *Cleaver Brooks* 500 HP que datan de cuando aún estaba en operación. La eficiencia promedio es de 83%. En la tabla XXXII se presenta el historial de registros de dicha caldera.

Tabla XXXII. **Historial de eficiencias de caldera Cleaver Brooks 500 HP**

Mes/Año	Eficiencia
Abril 2005	84%
Diciembre 2006	85%
Abril 2007	82%
Diciembre 2007	83%
Abril 2008	82%
Diciembre 2008	84%
Promedio	83%

Fuente: elaboración propia.

Por medio de la siguiente ecuación se procede a calcular el flujo de vapor:

$$mv = \frac{Eficiencia * mc * PCI}{(hgv - hfa)}$$

Datos teóricos necesarios para calcular el flujo de vapor:

Presión: 135 PSI $T_{\text{salida}} = 176,74 \text{ }^\circ\text{C}$ Eficiencia: 83%

$$135 \text{ PSI} * \frac{6,89 \text{ Kpa}}{1 \text{ PSI}} = 930,79 \text{ KPa}$$

Del libro de Termodinámica de Çengel se utilizó la tabla A-5 (ver anexo 2) para el siguiente valor:

$$h_{gV} = 2\,774,2 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 665,81 \text{ Kcal/Kg}$$

Temperatura del agua al ingreso a la caldera (T_{entrada}): $40 \text{ }^\circ\text{C}$

Del libro de Termodinámica de Çengel se utilizó la tabla A-4 (ver anexo 1) para el siguiente valor:

$$h_{fA} = 167,53 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 40,21 \text{ Kcal/Kg}$$

Consumo de combustible:

$$139,5 \frac{\text{Gal}}{\text{hora}} * \frac{3,78 \text{ lt}}{1 \text{ Gal}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1\,000 \text{ lt}} * \frac{969 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} = 511,64 \text{ Kg/hora de bunker C}$$

Con un PCI de 9 600 Kcal/Kg

$$mv = \frac{0,83 * 511,64 * 9\,600}{(665,81 - 40,21)} = 6\,516,53 \frac{\text{Kg}}{\text{hora}} \text{ de vapor}$$

- Cleaver Brooks 800 HP

El Departamento de Mantenimiento de Olmecca mantiene registros de la eficiencia de la caldera Cleaver Brooks 800 HP que datan de cuando aún estaba en operación. La eficiencia promedio es de 83%. En la tabla XXXIII se presenta el historial de registros de dicha caldera.

Tabla XXXIII. **Historial de eficiencias de caldera Cleaver Brooks 800 HP**

Mes/Año	Eficiencia
Abril 2005	85%
Diciembre 2006	84%
Abril 2007	82%
Diciembre 2007	83%
Abril 2008	82%
Diciembre 2008	83%
Promedio	83%

Fuente: elaboración propia.

Por medio de la siguiente ecuación se procede a calcular el flujo de vapor:

$$mv = \frac{Eficiencia * m_{mc} * PCI}{(h_{gv} - h_{fa})}$$

Datos teóricos necesarios para calcular el flujo de vapor:

Presión: 155 PSI $T_{salida} = 182,72 \text{ } ^\circ\text{C}$ Eficiencia: 83%

$$155 \text{ PSI} * \frac{6,89 \text{ Kpa}}{1 \text{ PSI}} = 1\,068,69 \text{ KPa}$$

Del libro de Termodinámica de Çengel se utilizó la tabla A-5 (ver anexo 2) para el siguiente valor:

$$h_{gv} = 2\,779,55 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 667,09 \text{ Kcal/Kg}$$

Temperatura del agua al ingreso a la caldera (T_{entrada}): 40 °C

Del libro de Termodinámica de Çengel se utilizó la tabla A-4 (ver anexo 1) para el siguiente valor:

$$h_{fa} = 167,53 \text{ KJ/Kg} \times 0,24 \text{ Kcal/KJ} = 40,21 \text{ Kcal/Kg}$$

Consumo de combustible:

$$223,4 \frac{\text{Gal}}{\text{hora}} * \frac{3,78 \text{ Lt}}{1 \text{ Gal}} * \frac{1 \text{ m}^3}{1\,000 \text{ Lt}} * \frac{969 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} = 819,35 \text{ Kg/hora de búnker C}$$

Con un PCI de 9 600 Kcal/Kg

$$mv = \frac{0,83 * 819,35 * 9\,600}{(667,09 - 40,21)} = 10\,414,35 \frac{\text{Kg}}{\text{hora}} \text{ de vapor}$$

- Flujo de vapor total disponible

En la tabla XXXIV se presenta la sumatoria de los flujos de vapor para encontrar el flujo total disponible y con base en eso, conocer la cantidad de máquinas a vapor, para generar energía eléctrica que se deben de adquirir.

:

Tabla XXXIV. Disponibilidad de vapor en Kg/hora

Caldera	Flujo de vapor en Kg/hora
York Shipley 300 HP	3 376,87
York Shipley 500 HP	5 698,46
York Shipley 700 HP	8273,71
Cleaver Brooks 500 HP	6 516,53
Cleaver Brooks 800 HP	10 414,35
Flujo Total	34 279,92

Fuente: elaboración propia.

- Otra forma de calcular el flujo de vapor disponible

Partiendo de que la capacidad máxima de generación de vapor de una caldera esta dada por la fórmula: (HP) x (34,5) y que la demanda de vapor es la que rige la producción del mismo, se proceden a realizar los siguientes cálculos para conocer la cantidad de máquinas a vapor que se deben de adquirir.

$$YS\ 300\ HP \times 34,5 = 10\ 350,00\ lb_{vapor}/hora = 4\ 704,50\ Kg_{vapor}/hora$$

$$YS\ 500\ HP \times 34,5 = 17\ 250,00\ lb_{vapor}/hora = 7\ 840,90\ Kg_{vapor}/hora$$

$$YS\ 700\ HP \times 34,5 = 24\ 150,00\ lb_{vapor}/hora = 10\ 977,20\ Kg_{vapor}/hora$$

$$CB\ 500\ HP \times 34,5 = 17\ 250,00\ lb_{vapor}/hora = 7\ 840,90\ Kg_{vapor}/hora$$

$$CB\ 800\ HP \times 34,5 = 27\ 600,00\ lb_{vapor}/hora = 12\ 545,45\ Kg_{vapor}/hora$$

La capacidad total de generación de vapor es de:

$$96\ 600,00\ lb_{vapor}/hora = 43\ 909,09\ Kg_{vapor}/hora$$

Dicha capacidad se ve afectada por la eficiencia de las calderas. Se conoce que las calderas York Shipley tienen una eficiencia aproximada de 75%

y las Cleaver Brooks una eficiencia aproximada del 83%, por lo que la verdadera producción de vapor será de:

$$\begin{aligned} \text{YS 300 HP} \times 34,5 \times 0,75 &= 7\,762,50 \text{ lb}_{\text{vapor}}/\text{hora} = 3\,528,40 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora} \\ \text{YS 500 HP} \times 34,5 \times 0,75 &= 12\,937,50 \text{ lb}_{\text{vapor}}/\text{hora} = 5\,880,70 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora} \\ \text{YS 700 HP} \times 34,5 \times 0,75 &= 18\,112,50 \text{ lb}_{\text{vapor}}/\text{hora} = 8\,233,00 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora} \\ \text{CB 500 HP} \times 34,5 \times 0,83 &= 14\,317,50 \text{ lb}_{\text{vapor}}/\text{hora} = 6\,507,95 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora} \\ \text{CB 800 HP} \times 34,5 \times 0,83 &= 22\,908,00 \text{ lb}_{\text{vapor}}/\text{hora} = 10\,412,72 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora} \end{aligned}$$

La capacidad total real de generación de vapor es de:

$$76\,038,00 \text{ lb}_{\text{vapor}}/\text{hora} = 34\,562,72 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}$$

Se puede apreciar que, por medio de ambos métodos de cálculo del flujo de vapor disponible, se llega a un resultado aproximadamente igual. En este estudio se tomará el dato menor que es $34\,279,92 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}$, ya que es el más exacto debido a que en el método de cálculo se toman en cuenta más variables como lo son: poder calorífico del combustible, entalpías de vapor y agua, flujos másicos de vapor y combustible. Es de suma importancia el conocer la disponibilidad total de vapor, con base en esto se determinará la cantidad de máquinas a vapor que se deben comprar.

Según datos técnicos de Benecke, fabricante de las MVB 300, el consumo máximo de vapor de éstas es aproximadamente de $3\,800,00 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}$ y la generación aproximada es de $165 \text{ KVA}/130 \text{ KW}$.

Con base en los datos del fabricante, se procede a calcular la cantidad de máquinas a vapor MVB 300 que se deben adquirir.

$$\text{Número de MVB 300 a adquirir} = \frac{\text{Disponibilidad de vapor en Kg/hora}}{\text{Consumo máx. de vapor MVB 300}}$$

$$\text{Número de MVB 300 a adquirir} = \frac{34\,279,92}{3\,800} = 9,02 \text{ MVB 300} = 9 \text{ MVB 300}$$

La disponibilidad de vapor estaría muy ajustada con la demanda, por lo que se sugiere adquirir 8 MVB 300 en vez de 9, para que haya un margen de seguridad y el funcionamiento de las calderas como de las MVB 300 sea el óptimo.

El consumo máximo de vapor de las 8 MVB 300 funcionando simultáneamente será de:

Consumo máximo de vapor: (número de MVB 300) x (consumo individual)

$$\text{Consumo máximo de vapor: } (8 \text{ MVB 300}) \times (3\,800 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}) = 30\,400 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}$$

La demanda aproximada de vapor es de 30 400 Kg_{vapor}/hora y puede ser cubierta en su totalidad, ya que la disponibilidad de vapor es de 34 279 Kg_{vapor}/hora.

La cantidad de energía eléctrica a generarse será:

- Energía eléctrica generada:

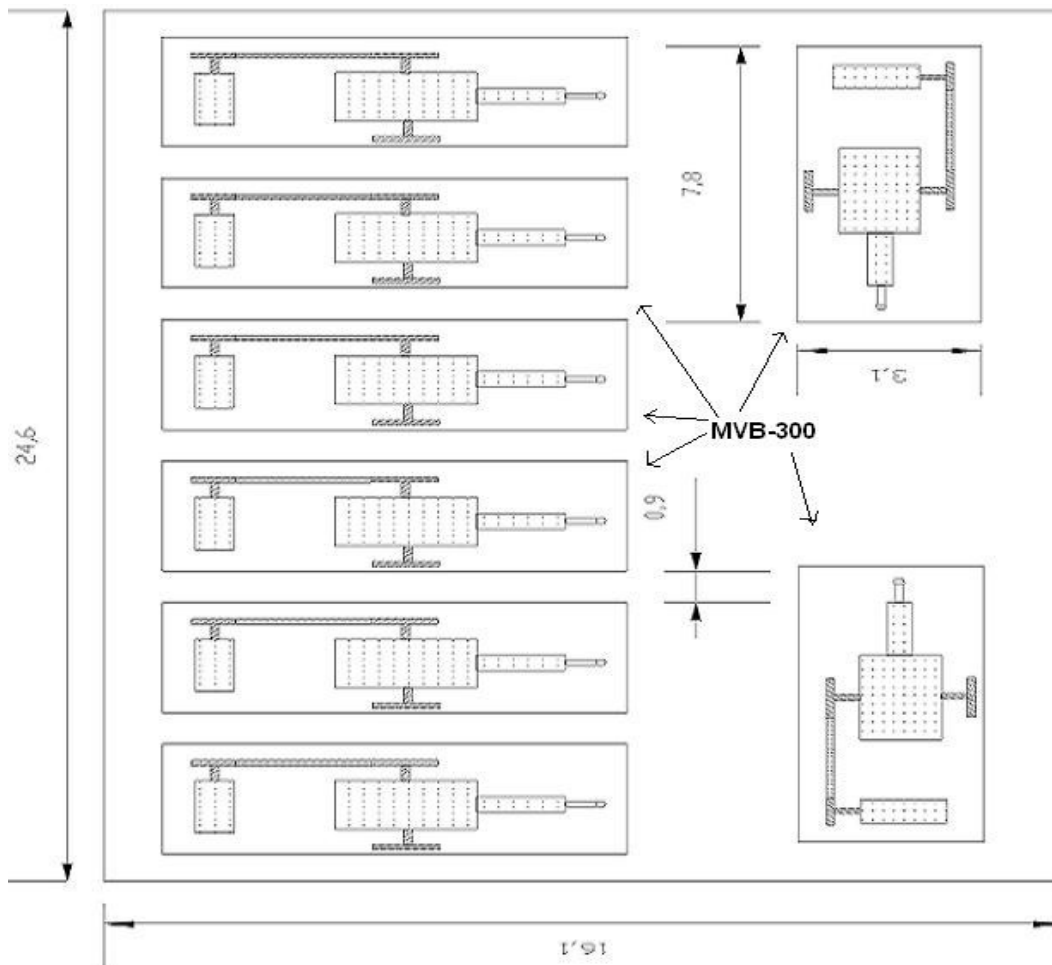
(Número de MVB 300) x (capacidad de generación individual)

$$(8 \text{ MVB 300}) \times (130 \text{ KW}) = 1\,040 \text{ KW} = 1,04 \text{ MW}$$

- Ubicación de máquinas

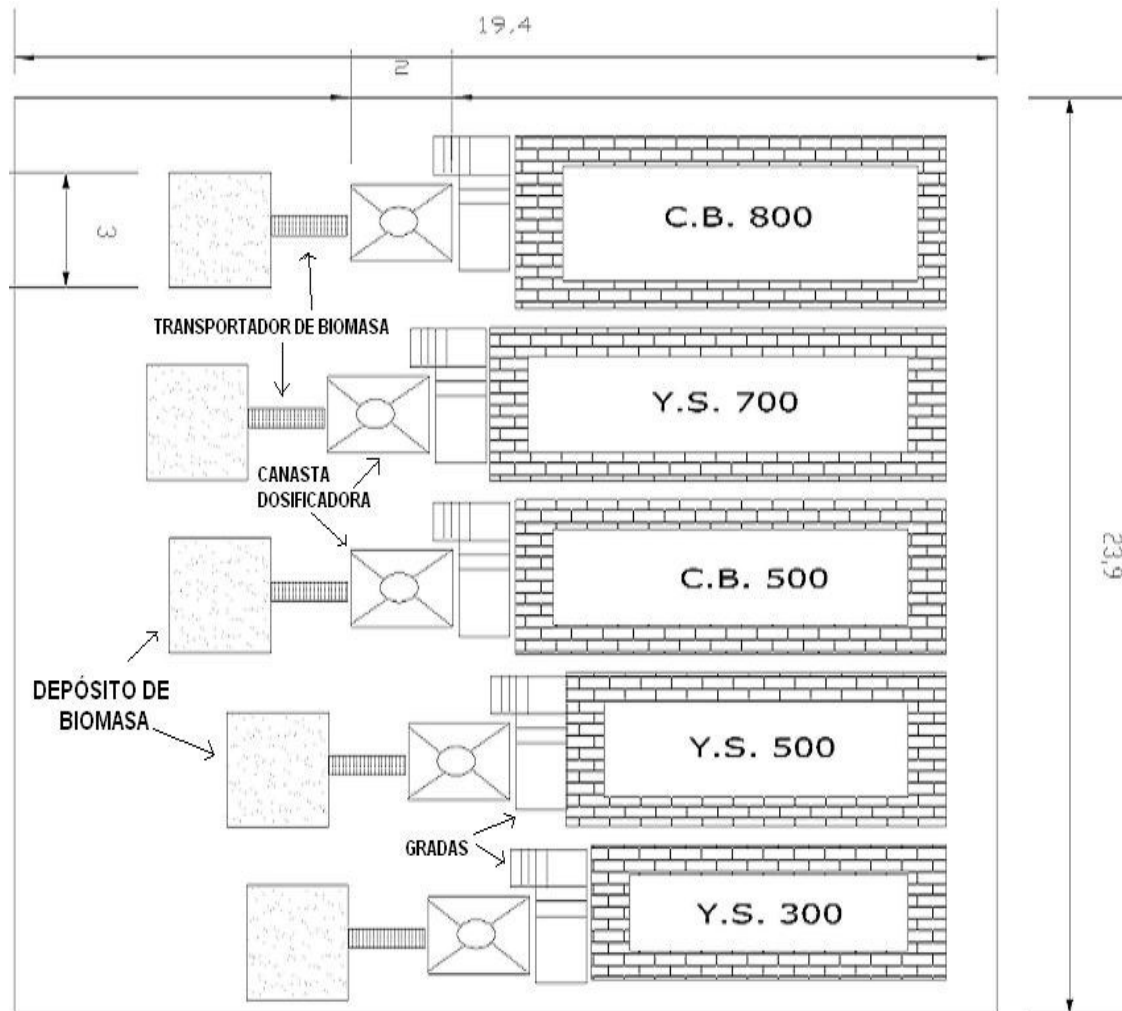
En las figuras 24 y 25 se presentan los planos que indican la ubicación de las máquinas a adquirirse. Se puede observar que en el cuarto 1 de calderas se instalarán las MVB-300, al cuarto 2 de calderas serán trasladadas las calderas pirotubulares que estaban en el cuarto 1.

Figura 24. Plano de ubicación en cuarto 1 de calderas



Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Plano de ubicación en cuarto 2 de calderas**



Fuente: elaboración propia.

2.2.2.6. Estudio económico

- Determinación de la inversión inicial

En la tabla XXXV se presenta el conjunto de inversiones que se deben llevar a cabo para que funcione el proyecto de generación de energía eléctrica.

Tabla XXXV. **Determinación de la inversión inicial**

Cantidad	Nombre	Costo Unitario	Costo total
8	Máquinas a vapor MVB 300	Q. 1 810 000,00	Q. 14 480 000,00
5	Hogares para biomasa	Q. 1 040 000,00	Q. 5 200 000,00
4	Traslado de calderas	Q. 3 000,00	Q. 12 000,00
8	Instalación de MVB 300	Q. 20 000,00	Q. 160 000,00
8	Flete de las MVB 300	Q. 100 000,00	Q. 800 000,00
1	Tanque para condensado		Q. 100 000,00
1	Conexión eléctrica		Q. 200 000,00
	Inversión total		Q. 20 952 000,00

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo del consumo individual de fibra de palma

El poder calorífico de la fibra de palma, según pruebas realizadas en el laboratorio físico-químico de Olmeca es de aproximadamente 19 000 KJ/Kg_{fibra}. El 100% del flujo total de vapor disponible es 34 279,92 Kg_{vapor}/hora, la demanda total es de 30 400 Kg_{vapor}/hora, lo que equivale a un 88,68% del flujo total de vapor disponible, y éste es el porcentaje que entregará cada una de las calderas que estén en operación. El flujo de vapor que entregará cada una de las calderas se detalla en la tabla XXXVI que se muestra a continuación:

Tabla XXXVI. **Cálculo individual de flujo de vapor entregado**

Caldera	Flujo de vapor en Kg/hora	% de vapor	Flujo de vapor
York Shipley 300 HP	3 376,87	0,8868	2 994,61
York Shipley 500 HP	5 698,46	0,8868	5 053,39
York Shipley 700 HP	8 273,71	0,8868	7 337,13
Cleaver Brooks 500 HP	6 516,53	0,8868	5 778,86
Cleaver Brooks 800 HP	10 414,35	0,8868	9 235,45
			30 400,00

Fuente: elaboración propia.

- York Shipley 300 HP

El flujo de vapor a 135 PSI que entregará la caldera será 2 994,61 Kg_{vapor}/hora. La entalpía del vapor a 135 PSI (930 Kpa) según la tabla A-5 del libro de Termodinámica de Çengel (ver anexo 2) es de 2 774,2 KJ/Kg.

La energía total al producir 2 994,61 Kg_{vapor}/hora es de:

$$(2\,994,61 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}) \times (2\,774,2 \text{ KJ/Kg}) = 8\,307\,647,06 \text{ KJ/hora}$$

Según registros del Departamento de Mantenimiento, la eficiencia promedio de esta caldera es del 75%, por lo que solamente el 75% de la energía calorífica por cada kilogramo de fibra de palma podrá ser aprovechada, haciendo que la energía calorífica a aprovecharse al quemar la fibra de la palma sea de:

$$(19\,000 \text{ KJ/Kg}) \times (0,75) = 14\,250 \text{ KJ/Kg}_{\text{fibra de palma}}$$

El consumo de fibra de palma por hora será aproximadamente de:

$$\text{Consumo de fibra de palma: } \frac{\text{Energía total } \left(\frac{\text{KJ}}{\text{hora}}\right)}{\text{Energía calorífica } \left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}\right)}$$

$$\text{Consumo de fibra de palma: } \frac{8\,307\,647,06 \text{ KJ/hora}}{14\,250 \text{ KJ/Kg}} = 583 \text{ Kg}_{\text{fibra}}/\text{hora}$$

- York Shipley 500 HP

El flujo de vapor a 135 PSI que entregará la caldera será 5 053,39 Kg_{vapor}/hora. La entalpía del vapor a 135 PSI (930 Kpa) según la tabla A-5 del libro de Termodinámica de Çengel (ver anexo 2) es de 2 774,2 KJ/Kg.

La energía total al producir 5 053,39 Kg_{vapor}/hora es de:

$$(5\,053,39 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}) \times (2\,774,2 \text{ KJ/Kg}) = 14\,019\,114,54 \text{ KJ/hora}$$

Según registros del Departamento de Mantenimiento, la eficiencia promedio de esta caldera es del 75%, por lo que solamente el 75% de la energía calorífica por cada kilogramo de fibra de palma podrá ser aprovechada, haciendo que la energía calorífica a aprovecharse al quemar la fibra de la palma sea de:

$$(19\,000 \text{ KJ/Kg}) \times (0,75) = 14\,250 \text{ KJ/Kg}_{\text{fibra de palma}}$$

El consumo de fibra de palma por hora será aproximadamente de:

$$\text{Consumo de fibra de palma: } \frac{\text{Energía total } \left(\frac{\text{KJ}}{\text{hora}}\right)}{\text{Energía calorífica } \left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}\right)}$$

$$\text{Consumo de fibra de palma: } \frac{14\,019\,114,54 \text{ KJ/hora}}{14\,250 \text{ KJ/Kg}} = 983,80 \text{ Kg}_{\text{fibra}}/\text{hora}$$

- York Shipley 700 HP

El flujo de vapor a 135 PSI que entregará la caldera será 7 337,13 Kg_{vapor}/hora. La entalpía del vapor a 135 PSI (930 Kpa) según la tabla A-5 del libro de Termodinámica de Çengel (ver anexo 2) es de 2 774,2 KJ/Kg.

La energía total al producir 7 337,13 Kg_{vapor}/hora es de:

$$(7\,337,13 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}) \times (2\,774,2 \text{ KJ/Kg}) = 20\,354\,666,05 \text{ KJ/hora}$$

Según registros del Departamento de Mantenimiento, la eficiencia promedio de esta caldera es del 75%, por lo que solamente el 75% de la energía calorífica por cada kilogramo de fibra de palma podrá ser aprovechada, haciendo que la energía calorífica a aprovecharse al quemar la fibra de la palma sea de:

$$(19\,000 \text{ KJ/Kg}) \times (0,75) = 14\,250 \text{ KJ/Kg}_{\text{fibra de palma}}$$

El consumo de fibra de palma por hora será aproximadamente de:

$$\text{Consumo de fibra de palma: } \frac{\text{Energía total } \left(\frac{\text{KJ}}{\text{hora}}\right)}{\text{Energía calorífica } \left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}\right)}$$

$$\text{Consumo de fibra de palma: } \frac{20\,354\,666,05 \text{ KJ/hora}}{14\,250 \text{ KJ/Kg}} = 1\,428,40 \text{ Kg}_{\text{fibra}}/\text{hora}$$

- Cleaver Brooks 500 HP

El flujo de vapor a 135 PSI que entregará la caldera será 5 778,86 Kg_{vapor}/hora. La entalpía del vapor a 135 PSI (930 Kpa) según la tabla A-5 del libro de Termodinámica de Çengel (ver anexo 2) es de 2 774,2 KJ/Kg.

La energía total al producir 5 778,86 Kg_{vapor}/hora es de:

$$(5\,778,86 \text{ Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}) \times (2\,774,2 \text{ KJ/Kg}) = 16\,031\,713,41 \text{ KJ/hora}$$

Según registros del Departamento de Mantenimiento, la eficiencia promedio de esta caldera es del 83%, por lo que solamente el 83% de la energía calorífica por cada kilogramo de fibra de palma podrá ser aprovechada, haciendo que la energía calorífica a aprovecharse al quemar la fibra de la palma sea de:

$$(19\,000 \text{ KJ/Kg}) \times (0,83) = 15\,770 \text{ KJ/Kg}_{\text{fibra de palma}}$$

El consumo de fibra de palma por hora será aproximadamente de:

$$\text{Consumo de fibra de palma: } \frac{\text{Energía total } \left(\frac{\text{KJ}}{\text{hora}}\right)}{\text{Energía calorífica } \left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}\right)}$$

$$\text{Consumo de fibra de palma: } \frac{16\,031\,713,41 \text{ KJ/hora}}{15\,770 \text{ KJ/Kg}} = 1\,016,60 \text{ Kg}_{\text{fibra}}/\text{hora}$$

- Cleaver Brooks 800 HP

El flujo de vapor a 155 PSI que entregará la caldera será 9 235,45 Kg_{vapor}/hora. La entalpía del vapor a 155 PSI (1 069 Kpa) según la tabla A-5 del libro de Termodinámica de Çengel (ver anexo 2) es de 2 779,55 KJ/Kg.

La energía total al producir 9 235,45 Kg_{vapor}/hora es de:

$$(9\ 235,45\ \text{Kg}_{\text{vapor}}/\text{hora}) \times (2\ 779,55\ \text{KJ/Kg}) = 25\ 670\ 395,05\ \text{KJ/hora}$$

Según registros del Departamento de Mantenimiento, la eficiencia promedio de esta caldera es del 83%, por lo que solamente el 83% de la energía calorífica por cada kilogramo de fibra de palma podrá ser aprovechada, haciendo que la energía calorífica a aprovecharse al quemar la fibra de la palma sea de:

$$(19\ 000\ \text{KJ/Kg}) \times (0,83) = 15\ 770\ \text{KJ/Kg}_{\text{fibra de palma}}$$

El consumo de fibra de palma por hora será aproximadamente de:

$$\text{Consumo de fibra de palma: } \frac{\text{Energía total } \left(\frac{\text{KJ}}{\text{hora}}\right)}{\text{Energía calorífica } \left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}\right)}$$

$$\text{Consumo de fibra de palma: } \frac{25\ 670\ 395,05\ \text{KJ/hora}}{15\ 770\ \text{KJ/Kg}} = 1\ 627,8\ \text{Kg}_{\text{fibra}}/\text{hora}$$

La cantidad individual y total de fibra de palma a consumirse por hora, se presenta en la tabla XXXVII.

Tabla XXXVII. **Detalle de cantidad individual y total de fibra a consumirse**

Caldera	Cantidad de fibra de palma
YS 300 HP	583,00 Kg/hora
YS 500 HP	983,80 Kg/hora
YS 700 HP	1 428,40 Kg/hora
CB 500 HP	1 016,60 Kg/hora
CB 800 HP	1 627,80 Kg/hora
Total a consumirse	5 639,60 Kg/hora

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo del costo de la fibra de palma

La fibra de palma que se utiliza en Olmeca, proviene de cuatro lugares que son: Petén, Coatepeque, Tiquisate y Tecún Umán. Según cálculos realizados en la bodega de suministros, el costo aproximado de la fibra de palma se presenta en la tabla XXXVIII.

Tabla XXXVIII. **Costo de fibra de palma**

Proveedor	Distancia (Km)	Costo por kilogramo	Costo por TM
Santa Rosa	344	Q. 0,1151	Q. 115,14
PAHOSA	518	Q. 0,1735	Q. 173,50
Olmeca III	544	Q. 0,1821	Q. 182,11
REPSA	1 320	Q. 0,3236	Q. 323,60

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, los costos del kilogramo de fibra de palma varían según el destino del que provengan. Para efectos de este estudio, se procederá a calcular un costo promedio de estos cuatro proveedores, ya que se utilizarán de los cuatro lugares, cantidades similares.

- Costo promedio del kilogramo de fibra de palma

$$\frac{0,1151+0,1735+0,1821+0,3236}{4} = \text{Q. } 0,1985$$

- Cálculo de costo mensual de fibra de palma

- York Shipley 300 HP

El consumo por hora de la caldera será de 583 Kg_{fibra}/hora, por lo que el costo será:

Costo por hora: (consumo de fibra en Kg/hora) x (costo en Q/Kg)

Costo por hora: (583 Kg_{fibra}/hora) x (Q. 0,1985/Kg) = Q. 115,73

Costo por mes: (costo por hora en Q/hora) x (horas/día) x (días/mes)

Costo por mes: (Q. 115,73) x (24 horas/día) x (30 días/mes) = Q. 83 322,36

- York Shipley 500 HP

El consumo por hora de la caldera será de 983,80 Kg_{fibra}/hora, por lo que el costo será:

Costo por hora: (consumo de fibra en Kg/hora) x (costo en Q/Kg)

Costo por hora: (983,80 Kg_{fibra}/hora) x (Q. 0,1985/Kg) = Q. 195,28

Costo por mes: (costo por hora en Q/hora) x (horas/día) x (días/mes)

Costo por mes: (Q. 195,28) x (24 horas/día) x (30 días/mes) = Q. 140 604,70

- York Shipley 700 HP

El consumo por hora de la caldera será de 1 428,40 Kg_{fibra}/hora, por lo que el costo será:

Costo por hora: (consumo de fibra en Kg/hora) x (costo en Q/Kg)

Costo por hora: (1 428,40 Kg_{fibra}/hora) x (Q. 0,1985/Kg) = Q. 283,54

Costo por mes: (costo por hora en Q/hora) x (horas/día) x (días/mes)

Costo por mes: (Q. 283,54) x (24 horas/día) x (30 días/mes) = Q. 204 146,93

- Cleaver Brooks 500 HP

El consumo por hora de la caldera será de 1 016,60 Kg_{fibra}/hora, por lo que el costo será:

Costo por hora: (consumo de fibra en Kg/hora) x (costo en Q/Kg)

Costo por hora: (1 016,60 Kg_{fibra}/hora) x (Q. 0,1985/Kg) = Q. 201,79

Costo por mes: (costo por hora en Q/hora) x (horas/día) x (días/mes)

Costo por mes: (Q. 201,79) x (24 horas/día) x (30 días/mes) = Q. 145 292,47

- Cleaver Brooks 800 HP

El consumo por hora de la caldera será de 1 627,80 Kg_{fibra}/hora, por lo que el costo será:

Costo por hora: (consumo de fibra en Kg/hora) x (costo en Q/Kg)

Costo por hora: (1 627,80 Kg_{fibra}/hora) x (Q. 0,1985/Kg) = Q. 323,12

Costo por mes: (costo por hora en Q/hora) x (horas/día) x (días/mes)

Costo por mes: (Q. 323,12) x (24 horas/día) x (30 días/mes) = Q. 232 645,18

El costo total mensual de la fibra de palma, funcionando las 5 calderas, 24 horas al día, 30 días al mes, se muestra en la tabla XXXIX.

Tabla XXXIX. **Costo total mensual de fibra de palma**

Caldera	Costo mensual (Q)
YS 300 HP	83 322,36
YS 500 HP	140 604,70
YS 700 HP	204 146,93
CB 500 HP	145 292,47
CB 800 HP	232 645,18
Costo total mensual	Q. 806 011,64

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de costo de tratamiento de agua para calderas

Los principales productos químicos para tratar el agua a utilizarse en las calderas, su consumo en la actualidad y costo promedio, se presentan en la tabla XL.

Tabla XL. **Cálculo del costo de tratamiento de agua**

Nombre	Consumo	Costo por unidad	Costo total
Soda cáustica (Kg)	6 950,00	Q. 5,15	Q. 35 792,50
Sal industrial (qq)	130,00	Q. 44,65	Q. 5 804,50
Corrostil (Kg)	244,00	Q. 44,03	Q. 10 743,32
Ch 20 - 20 (Lts)	185,00	Q. 221,88	Q. 41 047,80
Ch 90 - 90 (Lts)	177,00	Q. 58,00	Q. 10 266,00
Costo total mensual			Q. 103 654,12

Fuente: elaboración propia.

Éste es el costo mensual aproximado del tratamiento del agua para la caldera Okuma, la cual genera un aproximado de 32 000 Lbs_{vapor}/hora. La demanda de las 8 MVB 300 es aproximadamente de 65 000 Lbs_{vapor}/hora, por lo que el costo aproximado del tratamiento de agua para este proyecto será:

32 000 Lbs_{vapor}/hora ----- Q. 103 654,12

65 000 Lbs_{vapor}/hora ----- Costo de tratamiento de agua del proyecto

- Costo de tratamiento de agua para el proyecto:

$$\frac{65\,000 \text{ lbs vapor/hora} \times \text{Q.}103\,654,12}{32\,000 \text{ lbs vapor/hora}} = \text{Q.} 210\,547,43$$

- Determinación del costo mensual total

En la tabla XLI se muestra el desglose de los costos mensuales en que se incurrirá al estar funcionando el proyecto.

Tabla XLI. **Desglose de costos mensuales**

Nombre	Cantidad
Fibra de palma	Q. 806 011,64
Mano de obra	Q. 20 251,56
Cuotas patronales	Q. 6 738,97
Tratamiento de agua	Q. 210 547,43
Mantenimiento de calderas y MVB 300	Q. 5 000,00
Costo mensual total	Q. 1 048 549,60

Fuente: elaboración propia.

- Beneficio económico del proyecto

Se espera generar 1 040 KW, lo que representará un ahorro en la factura eléctrica de:

$$(1\ 040\ \text{KW}) \times (24\ \text{horas/día}) \times (30\ \text{días/mes}) = 748\ 800\ \text{KWh/mes}$$

$$(748\ 800\ \text{KWh/mes}) \times (\text{Q. } 1,80) = \text{Q. } 1\ 347\ 840,00$$

Ahorro por disminución de potencia en hora pico:

$$(1\ 040\ \text{KW}) \times (\text{Q. } 68,00) = \text{Q. } 70\ 720,00$$

$$(\text{Q. } 1\ 347\ 840,00 + \text{Q. } 70\ 720,00) = \text{Q. } 1\ 418\ 560,00$$

Beneficio económico mensual total:

$$(\text{Ahorro en la factura}) - (\text{costo mensual de generación})$$

$$(\text{Q. } 1\ 418\ 560,00 - \text{Q. } 1\ 048\ 549,60) = \text{Q. } 370\ 010,40$$

El beneficio económico mensual si se lleva a cabo el proyecto será aproximadamente de: Q. 370 010,40.

2.2.2.7. Estudio financiero

A continuación se presenta el flujo de efectivo y la aplicación de indicadores financieros, esto con la finalidad de determinar la factibilidad financiera del proyecto.

- Flujo de efectivo

El costo del petróleo ha ido en aumento en los últimos años y se espera que mantenga esta tendencia, debido a esto el costo del *diesel* va a variar año con año y el costo del transporte de la fibra de palma aumentará, por lo que se ha decidido tomar en cuenta un costo variable mensual de Q. 2 000,00 y que aumenta Q. 1 000,00 a cada año. Para elaborar este flujo de efectivo se ha tomado el criterio que la inversión y los costos fijos y variables son negativos, ya que representan salidas de efectivo, mientras que los ingresos son positivos. El flujo de efectivo para 10 años se presenta en la tabla XLII.

Tabla XLII. **Flujo de efectivo para 10 años**

Mes	Inversión Inicial	Costo Fijo	Costo Variable	Ingresos	Flujo de Efectivo
0	-Q.20 952 000,00				-Q.20 952 000,00
1		-Q.1 048 549,60	-Q.2 000,00	Q.1 418 560,00	Q.368 010,40
2		-Q.1 048 549,60	-Q.2 000,00	Q.1 418 560,00	Q.368 010,40
3		-Q.1 048 549,60	-Q.2 000,00	Q.1 418 560,00	Q.368 010,40
4		-Q.1 048 549,60	-Q.2 000,00	Q.1 418 560,00	Q.368 010,40
5		-Q.1 048 549,60	-Q.2 000,00	Q.1 418 560,00	Q.368 010,40
6		-Q.1 048 549,60	-Q.2 000,00	Q.1 418 560,00	Q.368 010,40
7		-Q.1 048 549,60	-Q.2 000,00	Q.1 418 560,00	Q.368 010,40
8		-Q.1 048 549,60	-Q.2 000,00	Q.1 418 560,00	Q.368 010,40
9		-Q.1 048 549,60	-Q.2 000,00	Q.1 418 560,00	Q.368 010,40
10		-Q.1 048 549,60	-Q.2 000,00	Q.1 418 560,00	Q.368 010,40
11		-Q.1 048 549,60	-Q.2 000,00	Q.1 418 560,00	Q.368 010,40
12		-Q.1 048 549,60	-Q.2 000,00	Q.1 418 560,00	Q.368 010,40
13		-Q.1 048 549,60	-Q.3 000,00	Q.1 418 560,00	Q.367 010,40
14		-Q.1 048 549,60	-Q.3 000,00	Q.1 418 560,00	Q.367 010,40
15		-Q.1 048 549,60	-Q.3 000,00	Q.1 418 560,00	Q.367 010,40
16		-Q.1 048 549,60	-Q.3 000,00	Q.1 418 560,00	Q.367 010,40
17		-Q.1 048 549,60	-Q.3 000,00	Q.1 418 560,00	Q.367 010,40
18		-Q.1 048 549,60	-Q.3 000,00	Q.1 418 560,00	Q.367 010,40
19		-Q.1 048 549,60	-Q.3 000,00	Q.1 418 560,00	Q.367 010,40

Continuación de la tabla XLII.

20		-Q.1 048 549,60	-Q.3 000,00	Q.1 418 560,00	Q.367 010,40
21		-Q.1 048 549,60	-Q.3 000,00	Q.1 418 560,00	Q.367 010,40
22		-Q.1 048 549,60	-Q.3 000,00	Q.1 418 560,00	Q.367 010,40
23		-Q.1 048 549,60	-Q.3 000,00	Q.1 418 560,00	Q.367 010,40
24		-Q.1 048 549,60	-Q.3 000,00	Q.1 418 560,00	Q.367 010,40
25		-Q.1 048 549,60	-Q.4 000,00	Q.1 418 560,00	Q.366 010,40
26		-Q.1 048 549,60	-Q.4 000,00	Q.1 418 560,00	Q.366 010,40
27		-Q.1 048 549,60	-Q.4 000,00	Q.1 418 560,00	Q.366 010,40
28		-Q.1 048 549,60	-Q.4 000,00	Q.1 418 560,00	Q.366 010,40
29		-Q.1 048 549,60	-Q.4 000,00	Q.1 418 560,00	Q.366 010,40
30		-Q.1 048 549,60	-Q.4 000,00	Q.1 418 560,00	Q.366 010,40
31		-Q.1 048 549,60	-Q.4 000,00	Q.1 418 560,00	Q.366 010,40
32		-Q.1 048 549,60	-Q.4 000,00	Q.1 418 560,00	Q.366 010,40
33		-Q.1 048 549,60	-Q.4 000,00	Q.1 418 560,00	Q.366 010,40
34		-Q.1 048 549,60	-Q.4 000,00	Q.1 418 560,00	Q.366 010,40
35		-Q.1 048 549,60	-Q.4 000,00	Q.1 418 560,00	Q.366 010,40
36		-Q.1 048 549,60	-Q.4 000,00	Q.1 418 560,00	Q.366 010,40
37		-Q.1 048 549,60	-Q.5 000,00	Q.1 418 560,00	Q.365 010,40
38		-Q.1 048 549,60	-Q.5 000,00	Q.1 418 560,00	Q.365 010,40
39		-Q.1 048 549,60	-Q.5 000,00	Q.1 418 560,00	Q.365 010,40
40		-Q.1 048 549,60	-Q.5 000,00	Q.1 418 560,00	Q.365 010,40
41		-Q.1 048 549,60	-Q.5 000,00	Q.1 418 560,00	Q.365 010,40
42		-Q.1 048 549,60	-Q.5 000,00	Q.1 418 560,00	Q.365 010,40
43		-Q.1 048 549,60	-Q.5 000,00	Q.1 418 560,00	Q.365 010,40
44		-Q.1 048 549,60	-Q.5 000,00	Q.1 418 560,00	Q.365 010,40
45		-Q.1 048 549,60	-Q.5 000,00	Q.1 418 560,00	Q.365 010,40
46		-Q.1 048 549,60	-Q.5 000,00	Q.1 418 560,00	Q.365 010,40
47		-Q.1 048 549,60	-Q.5 000,00	Q.1 418 560,00	Q.365 010,40
48		-Q.1 048 549,60	-Q.5 000,00	Q.1 418 560,00	Q.365 010,40
49		-Q.1 048 549,60	-Q.6 000,00	Q.1 418 560,00	Q.364 010,40
50		-Q.1 048 549,60	-Q.6 000,00	Q.1 418 560,00	Q.364 010,40
51		-Q.1 048 549,60	-Q.6 000,00	Q.1 418 560,00	Q.364 010,40
52		-Q.1 048 549,60	-Q.6 000,00	Q.1 418 560,00	Q.364 010,40
53		-Q.1 048 549,60	-Q.6 000,00	Q.1 418 560,00	Q.364 010,40
54		-Q.1 048 549,60	-Q.6 000,00	Q.1 418 560,00	Q.364 010,40

Continuación de la tabla XLII.

55		-Q.1 048 549,60	-Q.6 000,00	Q.1 418 560,00	Q.364 010,40
56		-Q.1 048 549,60	-Q.6 000,00	Q.1 418 560,00	Q.364 010,40
57		-Q.1 048 549,60	-Q.6 000,00	Q.1 418 560,00	Q.364 010,40
58		-Q.1 048 549,60	-Q.6 000,00	Q.1 418 560,00	Q.364 010,40
59		-Q.1 048 549,60	-Q.6 000,00	Q.1 418 560,00	Q.364 010,40
60		-Q.1 048 549,60	-Q.6 000,00	Q.1 418 560,00	Q.364 010,40
61		-Q.1 048 549,60	-Q.7 000,00	Q.1 418 560,00	Q.363 010,40
62		-Q.1 048 549,60	-Q.7 000,00	Q.1 418 560,00	Q.363 010,40
63		-Q.1 048 549,60	-Q.7 000,00	Q.1 418 560,00	Q.363 010,40
64		-Q.1 048 549,60	-Q.7 000,00	Q.1 418 560,00	Q.363 010,40
65		-Q.1 048 549,60	-Q.7 000,00	Q.1 418 560,00	Q.363 010,40
66		-Q.1 048 549,60	-Q.7 000,00	Q.1 418 560,00	Q.363 010,40
67		-Q.1 048 549,60	-Q.7 000,00	Q.1 418 560,00	Q.363 010,40
68		-Q.1 048 549,60	-Q.7 000,00	Q.1 418 560,00	Q.363 010,40
69		-Q.1 048 549,60	-Q.7 000,00	Q.1 418 560,00	Q.363 010,40
70		-Q.1 048 549,60	-Q.7 000,00	Q.1 418 560,00	Q.363 010,40
71		-Q.1 048 549,60	-Q.7 000,00	Q.1 418 560,00	Q.363 010,40
72		-Q.1 048 549,60	-Q.7 000,00	Q.1 418 560,00	Q.363 010,40
73		-Q.1 048 549,60	-Q.8 000,00	Q.1 418 560,00	Q.362 010,40
74		-Q.1 048 549,60	-Q.8 000,00	Q.1 418 560,00	Q.362 010,40
75		-Q.1 048 549,60	-Q.8 000,00	Q.1 418 560,00	Q.362 010,40
76		-Q.1 048 549,60	-Q.8 000,00	Q.1 418 560,00	Q.362 010,40
77		-Q.1 048 549,60	-Q.8 000,00	Q.1 418 560,00	Q.362 010,40
78		-Q.1 048 549,60	-Q.8 000,00	Q.1 418 560,00	Q.362 010,40
79		-Q.1 048 549,60	-Q.8 000,00	Q.1 418 560,00	Q.362 010,40
80		-Q.1 048 549,60	-Q.8 000,00	Q.1 418 560,00	Q.362 010,40
81		-Q.1 048 549,60	-Q.8 000,00	Q.1 418 560,00	Q.362 010,40
82		-Q.1 048 549,60	-Q.8 000,00	Q.1 418 560,00	Q.362 010,40
83		-Q.1 048 549,60	-Q.8 000,00	Q.1 418 560,00	Q.362 010,40
84		-Q.1 048 549,60	-Q.8 000,00	Q.1 418 560,00	Q.362 010,40
85		-Q.1 048 549,60	-Q.9 000,00	Q.1 418 560,00	Q.361 010,40
86		-Q.1 048 549,60	-Q.9 000,00	Q.1 418 560,00	Q.361 010,40
87		-Q.1 048 549,60	-Q.9 000,00	Q.1 418 560,00	Q.361 010,40
88		-Q.1 048 549,60	-Q.9 000,00	Q.1 418 560,00	Q.361 010,40
89		-Q.1 048 549,60	-Q.9 000,00	Q.1 418 560,00	Q.361 010,40

Continuación de la tabla XLII.

90		-Q.1 048 549,60	-Q.9 000,00	Q.1 418 560,00	Q.361 010,40
91		-Q.1 048 549,60	-Q.9 000,00	Q.1 418 560,00	Q.361 010,40
92		-Q.1 048 549,60	-Q.9 000,00	Q.1 418 560,00	Q.361 010,40
93		-Q.1 048 549,60	-Q.9 000,00	Q.1 418 560,00	Q.361 010,40
94		-Q.1 048 549,60	-Q.9 000,00	Q.1 418 560,00	Q.361 010,40
95		-Q.1 048 549,60	-Q.9 000,00	Q.1 418 560,00	Q.361 010,40
96		-Q.1 048 549,60	-Q.9 000,00	Q.1 418 560,00	Q.361 010,40
97		-Q.1 048 549,60	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	Q.360 010,40
98		-Q.1 048 549,60	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	Q.360 010,40
99		-Q.1 048 549,60	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	Q.360 010,40
100		-Q.1 048 549,60	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	Q.360 010,40
101		-Q.1 048 549,60	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	Q.360 010,40
102		-Q.1 048 549,60	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	Q.360 010,40
103		-Q.1 048 549,60	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	Q.360 010,40
104		-Q.1 048 549,60	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	Q.360 010,40
105		-Q.1 048 549,60	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	Q.360 010,40
106		-Q.1 048 549,60	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	Q.360 010,40
107		-Q.1 048 549,60	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	Q.360 010,40
108		-Q.1 048 549,60	-Q.10 000,00	Q.1 418 560,00	Q.360 010,40
109		-Q.1 048 549,60	-Q.11 000,00	Q.1 418 560,00	Q.359 010,40
110		-Q.1 048 549,60	-Q.11 000,00	Q.1 418 560,00	Q.359 010,40
111		-Q.1 048 549,60	-Q.11 000,00	Q.1 418 560,00	Q.359 010,40
112		-Q.1 048 549,60	-Q.11 000,00	Q.1 418 560,00	Q.359 010,40
113		-Q.1 048 549,60	-Q.11 000,00	Q.1 418 560,00	Q.359 010,40
114		-Q.1 048 549,60	-Q.11 000,00	Q.1 418 560,00	Q.359 010,40
115		-Q.1 048 549,60	-Q.11 000,00	Q.1 418 560,00	Q.359 010,40
116		-Q.1 048 549,60	-Q.11 000,00	Q.1 418 560,00	Q.359 010,40
117		-Q.1 048 549,60	-Q.11 000,00	Q.1 418 560,00	Q.359 010,40
118		-Q.1 048 549,60	-Q.11 000,00	Q.1 418 560,00	Q.359 010,40
119		-Q.1 048 549,60	-Q.11 000,00	Q.1 418 560,00	Q.359 010,40
120		-Q.1 048 549,60	-Q.11 000,00	Q.1 418 560,00	Q.359 010,40

Fuente: elaboración propia.

- Valor Presente Neto (VPN)

El valor presente neto (VPN) de una inversión, se entiende como la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, deducido el valor de la inversión inicial. Es transformar a una sola cantidad equivalente en el tiempo presente, los valores futuros. Si un proyecto de inversión tiene un VPN positivo, el proyecto es rentable. Un VPN nulo significa que la rentabilidad del proyecto es la misma que colocar los fondos en él invertidos, en el mercado con un interés equivalente a la tasa de descuento utilizada. Un VPN negativo, indica que se debe de rechazar el proyecto.

La gerencia de Olmeca estimó en un 15% anual (1,25% mensual) la tasa de descuento a aplicársele a este proyecto. El VPN para esta inversión, calculado por medio de Microsoft Excel es:

VPN: Q. 1 652 929,41

El VPN es positivo, esto indica que el proyecto es rentable, debe de llevarse a cabo.

- Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se denomina Tasa Interna de Retorno (TIR) a la tasa de descuento que hace que el VPN de una inversión sea igual a cero. Este método considera que una inversión es aconsejable si la TIR resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor, y entre varias alternativas, la más conveniente será aquella que ofrezca una TIR mayor. La TIR para esta inversión, calculada por medio de Microsoft Excel es:

TIR: 1,42%

La TIR de este proyecto es 1,42% mensual (17,04% anual). La tasa de descuento que exige Olmeca es de 1,25% mensual (15% anual). Por definición, una inversión es aconsejable si la TIR resultante es igual o superior a la tasa exigida por el inversor, debido a esto el proyecto de inversión es factible de llevarse a cabo. A continuación se presenta un análisis de sensibilidad (véase tabla XLIII) que indica la variación del VPN y la TIR según la situación que se presente.

Tabla XLIII. **Análisis de sensibilidad**

Descripción	VPN	TIR anual
Situación actual	Q. 1 652 929,41	17,04%
Tasa de descuento de Olmeca sube a 25%	- Q. 4 891 373,10	17,04%
Costo variable Q. 1 000 aumenta Q. 500 al año y tasa de descuento del 15 %	Q. 1 794 115,39	17,28%
Aumento del KWh a Q. 1,90 y tasa de descuento del 15%	Q. 6 294 205,01	22,44%
KWh a Q 1,90 y tasa de descuento del 30%	- Q. 4 240 859,29	22,44%

Fuente: elaboración propia.

2.2.2.8. Estudio de impacto ambiental

Se presentan a continuación los derivados de la combustión de la biomasa, es necesario conocerlos para saber el impacto que éstos tendrán en el medio ambiente.

- Combustión de la biomasa

La biomasa consiste, principalmente, en carbono y oxígeno. También contiene hidrógeno, un poco de nitrógeno, azufre, ceniza y agua, dependiendo de la humedad relativa.

Cuando ésta se quema, se efectúa una reacción química que combina su carbono con oxígeno del ambiente, formándose dióxido de carbono (CO_2) y combinando el hidrógeno con oxígeno para formar vapor de agua.

Cuando la combustión es completa, o sea la biomasa se quema totalmente, todo el carbón se transforma en CO_2 . Sin embargo, los árboles y plantas que están creciendo capturan nuevamente el CO_2 de la atmósfera y, al usar la biomasa en forma sostenible, en términos netos, no se agrega CO_2 a la atmósfera.

No obstante, cuando la combustión no es completa, se forma monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (N_2O) y otros materiales. Éstos sí pueden generar impactos serios en la salud de las personas. También son gases de efecto invernadero, por lo que se debería minimizar su formación.

2.2.3. Comparación de propuestas

Desde el punto de vista económico, la opción de generar energía utilizando como combustible el búnker, no es factible. El costo del búnker es muy elevado y la cantidad de energía eléctrica a generarse es baja, por lo que no se logra obtener beneficio económico con esta opción.

Generar energía eléctrica utilizando como combustible la fibra de palma es factible debido al bajo costo y la disponibilidad de fibra de palma. Con esta opción se obtendrán ganancias mensuales de aproximadamente Q. 360 000,00, por lo que la inversión inicial se recuperaría a mediano plazo.

Desde el punto de vista ambiental, la generación de energía eléctrica utilizando el búnker como combustible, no es viable. Los derivados de la

combustión del búnker son muy dañinos para el medio ambiente y para la salud de los seres vivos, debido a la alta cantidad de NO_x y SO_x que se liberan al ambiente.

Al utilizar la fibra de palma como combustible se evita la emisión de NO_x y SO_x , debido al bajo contenido de estos elementos en la composición de la biomasa. Se liberará al ambiente grandes cantidades de CO_2 , pero se cree que serán neutralizadas por las nuevas siembras de palma africana, logrando el equilibrio entre absorción y emisión de CO_2 .

2.2.3.1. Determinación de la mejor opción de generación

Con base al presente estudio, se determina que la generación de energía eléctrica utilizando la fibra de palma como combustible es la mejor opción debido a que:

- El Valor Presente Neto (VPN) es Q. 1 652 929,41, esto indica que el valor de la inversión en la actualidad es positivo y que la inversión será rentable y debe llevarse a cabo.
- La Tasa Interna de Retorno (TIR) es 1,42% mensual y es superior a la tasa de descuento exigida por Olmeca, que es 1,25% mensual. Esto indica que el rendimiento será mayor al esperado y que el proyecto será rentable.
- La combustión de fibra de palma no es dañina para el medio ambiente, por lo que al desarrollar este proyecto se lograrán importantes beneficios ambientales.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN OLMECA, S.A.

3.1. Producción más Limpia

El concepto de Producción más Limpia (P+L), fue introducido por la oficina de Industria y Medio Ambiente del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1989 como respuesta a la pregunta de cómo la industria podría avanzar hacia un desarrollo sostenible.

La Producción más Limpia se define como una estrategia continua integrada que se aplica a los procesos, productos y servicios, a fin de aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente.

En los procesos productivos, la P+L implica la conservación de materias primas y energía, la eliminación de materiales tóxicos, y reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y desperdicios antes de que éstos abandonen el proceso.

En los productos, la P+L se enfoca en reducir el impacto durante todo el ciclo de vida del producto, desde la extracción de materia prima hasta su desecho final. En los servicios, la P+L involucra la incorporación de consideraciones ambientales dentro del diseño y ejecución del servicio.

La P+L implica un procedimiento bien desarrollado para la valoración sistemática de las causas generadoras de contaminantes/desperdicios y el

desarrollo de opciones prácticas dirigidas a la solución de problemas concretos. La P+L no debe considerarse solo como una estrategia ambiental, porque también se refiere a consideraciones económicas. En este contexto, el desperdicio se considera un subproducto, con valor económico negativo. Cada acción para reducir el consumo de materias primas y energía, y prevenir o reducir la generación de desperdicios, incrementa la productividad y obtiene beneficios financieros para la empresa.

El objetivo de la P+L es aumentar la productividad, mejorar los procesos productivos y de servicio, calidad del producto, disminución de costos por el aprovechamiento de materia prima, agua y energía.

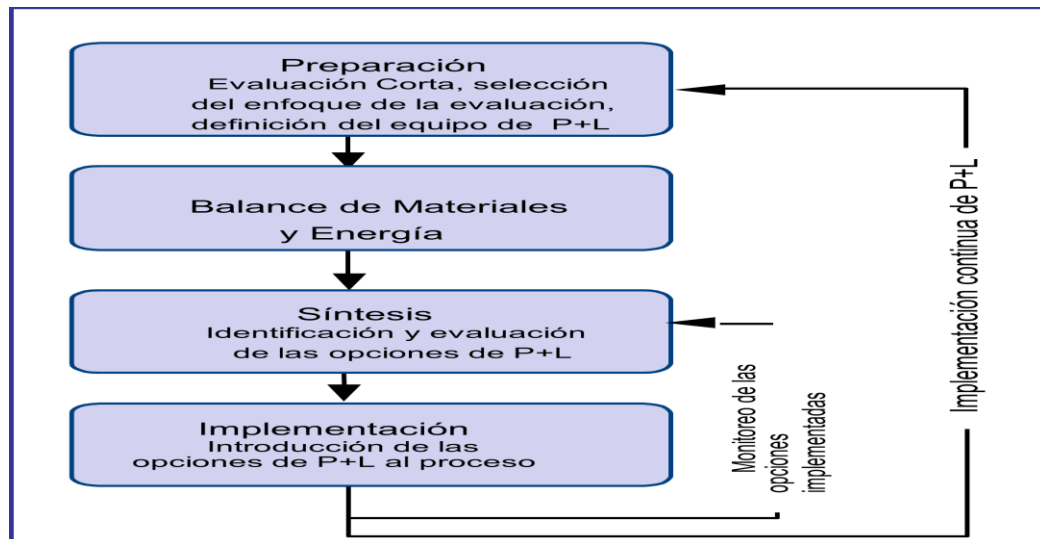
- Prácticas de producción más limpia

Entre las acciones que son esenciales de practicarse para lograr una producción más limpia se pueden mencionar:

- Mantenimiento adecuado
- Sustitución de materias primas (entradas)
- Mejor control de proceso
- Modificación del equipo
- Cambio de tecnología
- Recuperación/reutilización *in-situ*
- Modificación del producto
- Eficiencia energética

En la figura 26 se presenta el diagrama de la metodología para implementar la P+L.

Figura 26. Diagrama de metodología para implementar la P+L



Fuente: elaboración propia.

Al implementar la P+L se obtienen beneficios económicos, ambientales, sociales y laborales. Entre los más importantes se pueden mencionar:

- Beneficios económicos:
 - Es una estrategia encaminada al desarrollo sostenible.
 - Aumenta el potencial competitivo.
 - Reducción de costos por concepto de materia prima, consumo de agua y energía.
 - Mejora de la imagen empresarial.
 - Mejora de la eficiencia de los procesos productivos.
 - Mayor posibilidad de acceso a nuevos mercados.
 - Disminuye las inversiones en sistemas de control al final del proceso.

- Beneficios ambientales:
 - Preservación de los recursos naturales debido al consumo eficiente de los materiales y energía.
 - Constituye la base para garantizar el mejoramiento continuo de la gestión ambiental.
 - Disminución de volumen de desechos sólidos y efluentes.
 - Disminución de emisión de gases de efecto invernadero.
 - Conlleva al cumplimiento de las normas y regulaciones ambientales existentes.

- Beneficios sociales y laborales:
 - Mejores condiciones para las poblaciones aledañas a la industria.
 - Mejora de la calidad de vida a través de la conservación del medio ambiente.
 - Reducción de la tasa de enfermedades en la población provocada por la contaminación.
 - Cumplimiento de las exigencias de la legislación concerniente a los aspectos laborales.

3.1.1. Plan de ahorro del consumo de electricidad

Esta propuesta de implementar la Producción más Limpia en Olmeca, S.A. se enfoca en el ahorro de energía eléctrica en iluminación. A continuación se presenta un plan detallado para lograr este objetivo.

3.1.1.1. Objetivos

- Objetivo general
 - Proponer la aplicación de nuevas tecnologías de eficiencia energética en iluminación con la finalidad de ahorrar energía eléctrica y lograr beneficios económicos para Olmeca, S.A. y ambientales para el planeta.

- Objetivos específicos
 - Reducir el consumo de energía eléctrica
 - Minimizar el costo de facturación de energía eléctrica
 - Contribuir a reducir la emisión de gases de efecto invernadero
 - Practicar la responsabilidad ambiental empresarial
 - Aumentar la productividad

3.1.1.2. Introducción

La energía es un insumo básico para la humanidad, hay dos tipos de fuentes de energía en el mundo, la renovable y la no renovable.

Entre las energías no renovables y que son las que más se utilizan en la actualidad para generar energía eléctrica se pueden mencionar: petróleo y sus derivados, carbón, gas natural y la nuclear. Entre las principales características de las energías no renovables se pueden mencionar:

- La energía producida a partir de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) produce emisiones de gases de efecto invernadero contribuyentes al cambio climático.
- Poseen un poder calorífico elevado.
- La energía nuclear genera residuos que suponen durante generaciones una amenaza para el medio ambiente.
- Los combustibles fósiles existen solo en un número limitado de países y son finitos.
- Su precio es elevado y depende del mercado mundial.

Las energías renovables son las que se consideran como energías limpias y entre las principales se pueden mencionar: energía solar, hidráulica, eólica, biomasa, mareomotriz y geotérmica. Las principales características de las energías renovables son:

- Son energías limpias debido a que prácticamente no generan emisiones de CO₂ y otros gases de efecto invernadero (excepto la energía obtenida de la biomasa y la geotérmica).
- No generan residuos de difícil tratamiento.
- Son inagotables y su precio no depende de ningún mercado.
- Son autóctonas y evitan la dependencia de países extranjeros.

La producción de energía eléctrica en Guatemala ha ido en aumento en los últimos años. En promedio el 63% de la energía eléctrica producida proviene de generación térmica (que usa combustibles derivados del petróleo y carbón mineral), una de las mayores fuentes de contaminación del aire. Aproximadamente el 37% de la energía eléctrica que se produce proviene de fuentes renovables (hidroenergía, geoenergía y biomasa).

3.1.1.3. Eficiencia energética

La eficiencia energética es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Esto se puede lograr a través de la implementación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos culturales de los colaboradores de la empresa.

Ahorrar energía es el camino más eficaz para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera, y por tanto, ayudar a detener el calentamiento global del planeta y el cambio climático. Por cada kilovatio/hora de electricidad que se ahorra, se evita la emisión de aproximadamente un kilogramo de CO₂ en la central térmica donde se quema carbón o petróleo, para producir esa electricidad.

- **Sistemas de Iluminación**

Existen dos fuentes principales de iluminación: la natural procede del Sol, mientras que la artificial utiliza la electricidad.

La luz natural es la de mejor calidad; sin embargo, su aprovechamiento está sujeto a factores como horas de luz solar efectivas, época del año, estado del tiempo y construcción de las instalaciones. De hecho, es recomendable que en todas las nuevas edificaciones se considere la aportación de luz natural y su integración con la luz artificial y el acondicionamiento del aire.

La luz artificial es una solución fundamental, para las necesidades de iluminación, de modo que su uso generalizado se extiende a los sectores residencial, industrial, comercial y de servicios, donde se puede encontrar una

gran variedad de alternativas en los sistemas de iluminación, de acuerdo con los requerimientos de cada uso final.

- Conceptos importantes de los sistemas de iluminación:

Existen parámetros importantes que se deben conocer con respecto a las lámparas:

- Flujo luminoso: cualquier lámpara genera energía radiante en forma de luz, la cual es llamada flujo luminoso y se mide en lúmenes (Lm).
- Eficacia: las lámparas tienen capacidad para convertir la electricidad en luz visible. La calidad de la luz emitida es dividida entre la potencia (W) utilizada para determinar su eficacia. Esta calidad se expresa en lúmenes entre vatios (Lm/W).
- Intensidad luminosa: si se pone un reflector de aluminio alrededor de una lámpara, la luz se concentrará en una dirección particular. Los lúmenes totales emitidos no pueden cambiar en gran medida; sin embargo, la intensidad luminosa, que es la concentración de luz en una dirección particular, puede variar considerablemente. La intensidad luminosa es medida en candelas (cd).
- Iluminancia: cuando la luz incide en una superficie, crea iluminancia en esa superficie. Ésta, entonces, es una medida del flujo luminoso que incide sobre cierta superficie por unidad de área; es medida en lux (lx).

- Luminancia: es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. Su unidad de medida es candelas por metro cuadrado (cd/m^2).
- Temperatura de color (TC): en una fuente de luz se define la temperatura de color al comparar su color dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un cuerpo negro calentado a una temperatura determinada. Dicha temperatura, generalmente se expresa en kelvin (K), sin tener ninguna relación con la temperatura real de la lámpara.
- Principales tipos de lámparas
 - Incandescentes convencionales: es el tipo de lámpara más común, pero energéticamente más ineficiente, ya que ha evolucionado muy poco a través de los años. Su costo inicial es muy bajo, tienen buena calidad de luz, son fáciles de conseguir y su instalación es muy simple; sin embargo, su costo de operación es muy alto, debido a su corta vida y a su bajísima eficiencia.
 - Halógenas: son lámparas incandescentes mejoradas que tienen una vida más larga que las incandescentes convencionales. En casi todos los casos se usan para iluminación directa de puntos y objetos específicos.
 - Fluorescentes lineales: son lámparas de descarga en gas que consisten en un tubo de vidrio cerrado con gases nobles, fósforo y una pequeña cantidad de mercurio. Se fabrican en potencias que van desde los 4 hasta los 215 vatios y en bulbos de formas

diversas (rectos, circulares, en U), con diámetros expresados en octavos de pulgada: 12/8" (T12), 8/8" (T8), 5/8"(T5). Cuanto menor sea el diámetro, mayores la eficiencia del fluorescente lineal. A diferencia de las lámparas incandescentes, todas las fluorescentes requieren de un balastro para su funcionamiento.

- Lámparas fluorescentes compactas (LFC): usan una tecnología similar a la de las fluorescentes lineales y fueron diseñadas originalmente para sustituir a las lámparas incandescentes. Están disponibles desde 3 hasta 120 vatios, con múltiples formas, como las de tubo recto o curvo, bala, ventilador, globo, reflector, espiral, etc.
- Diodos emisores de luz (LED, por sus siglas en inglés): Los LED son dispositivos semiconductores de estado sólido, muy robustos, fiables, resistentes a las vibraciones y de muy larga duración. El interior de un LED es un pequeño semiconductor encapsulado en una resina especial.

3.1.1.4. Situación actual de la empresa

Por medio de visitas a diversas áreas de Olmeca se ha podido constatar que existen varias formas de desperdicio de energía eléctrica, siendo las principales: Poco o nulo aprovechamiento de la luz solar, personal sin capacitación sobre el aprovechamiento de la energía eléctrica y las consecuencias ambientales y económicas del mal uso (desperdicio) de esta, tecnologías antiguas y poco eficientes de iluminación.

Debido a lo observado se recomienda la pronta implementación de la eficiencia energética en iluminación, ya que por medio de ésta se conseguirán beneficios económicos y ambientales, logrando aumentar la productividad de la empresa. Aunque se deba de incurrir en una inversión económica, por medio del cálculo se determinarán los períodos de retorno de la inversión, que se cree serán cortos debido al potencial de ahorro que existe.

En las figuras 27, 28 y 29 se presentan algunos ejemplos de desperdicio de energía eléctrica que se deben de corregir lo antes posible.

Figura 27. **Nulo aprovechamiento de luz solar**



Fuente: cuarto de caldera de fibra de palma, Olmeca,S.A.

Figura 28. **Láminas transparentes pintadas y en mal estado**



Fuente: Olmeca, S.A.

Figura 29. **Luces encendidas en lugares iluminados por luz solar**



Fuente: Olmeca, S.A.

3.1.1.5. Propuesta 1

- Pasillo Olmeca-Regia
 - Descripción de la situación actual:

El pasillo que conduce de Olmeca a Regia cuenta con 27 luminarias de tecnología T-12 en arreglos de 2 x 56 Watts. Éstas se encienden automáticamente por medio de una fotocelda aproximadamente a las 18:00 horas y se apagan a las 6:00 horas, por lo que están funcionando en promedio 12 horas diarias, todos los días del año. En este pasillo sólo transitan personas, no se lleva a cabo ninguna labor que necesite de iluminación alta. En la figura 30 se presentan fotografías del pasillo.

Figura 30. Pasillo Olmeca-Regia



Fuente: elaboración propia.

- Cálculos

Consumo actual:

Número de lámparas: (27 luminarias) x (2 lámparas) = 54 lámparas

Cálculo de KWh/mes:

$$[(54 \text{ lámparas}) \times (56 \text{ Watts/lámpara}) \times (12 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) = 1089 \text{ KWh/mes}$$

Cálculo de potencia actual:

$$(54 \text{ lámparas}) \times (56 \text{ Watts/lámpara}) \times (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) = 3,024 \text{ KW}$$

- Propuesta de eficiencia energética

Se propone la sustitución de las 27 luminarias de tecnología T-12 en arreglos de 2 x 56 Watts por 27 lámparas fluorescentes compactas (LFC) Philips twister, luz cálida, de 23 Watts. La iluminación disminuirá levemente, pero será lo suficiente para lograr su objetivo, que es evitar que ocurran accidentes cuando las personas transiten por el lugar.

Además, al utilizar LFC de 23 Watts se logrará evitar el cambio de balastos, ya que las LFC los traen incorporados, solo será necesario el comprar plafoneras, pero el costo de estas es insignificante comparado con el costo de los balastos electrónicos. En la tabla XLIV se presenta el cálculo de la inversión que se debe llevar a cabo al momento de implementar esta propuesta y en la figura 31 se presenta la cotización de lo que se debe de adquirir.

Tabla XLIV. Cálculo de la inversión inicial para propuesta 1

Material	Costo unitario	Costo total
27 lámparas Philips Twister LFC de 23 Watts, luz cálida	Q. 27,39	Q. 739,76
27 Plafoneras superficiales sencillas bTicino	Q. 4,19	Q. 113,27
Gastos varios (cableado, accesorios, etc.)		Q. 1.000,00
Mano de obra		Disponible
Inversión total:		Q. 1 853,03

Fuente: elaboración propia.

Figura 31. Cotización para propuesta 1

6a. AVENIDA 14-12, ZONA 9 PBX: 2326-0282 FAX: 2380-1417
 7a. AVENIDA 6-50, ZONA 1 PBX: 2382-9306 FAX: 2230-0066
 1a. CALLE 5-42, ZONA 9 PBX: 2382-9400 FAX: 2334-2977
 4a. AVENIDA 15-26 ZONA 10 PBX: 2382-9500 FAX: 2333-5589
 1b. AVENIDA 1-76, ZONA 3 QUETZALTENANGO, QUETZALTENANGO TEL.: 7783-2293 FAX: 7781-5386
 Km. 19.5 CARRETERA A EL SALVADOR PBX: 8685-9208 FAX: 8685-9281
 CALZADA SAN JUAN 12-01 ZONA 3 MICO COLONIA NUEVA MONTSERRAT PBX: 2382-9699
 PBX: 2326-0282 PARA TODAS LAS SUCURSALES

antillon
 DE TODO EN MATERIALES ELECTRICOS

COTIZACIÓN

GUATEMALA, 6 DE ENERO DE 2,012

EMPRESA: (999) OLMECA No. COTIZACION: 41731
 DIRECCION: CIUDAD VENDEDOR: Monica Martinez
 TERMINOS: AGENCIA: AGENCIA CARRETERA
 DESCRIPCION:

CANT	MEDIDA	CODIGO	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
27	UN	12.925	PLAFONERO OVAL P21A SENCILLO SUPERFICIAL MARFIL	4.1952	113.27
27	UN	15.P0204	AHORRADOR MINITWISTER CFL23W/WW PHILLIPS	27.3985	739.76
TOTAL				Q	853.03

Fuente: elaboración propia.

Consumo nuevo:

Cálculo de KWh/mes:

$$[(27 \text{ lámparas}) \times (23 \text{ Watts/lámpara}) \times (12 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) = 224 \text{ KWh/mes}$$

Cálculo de potencia con propuesta:

$$(27 \text{ lámparas}) \times (23 \text{ Watts/lámpara}) \times (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) = 0,62 \text{ KW}$$

- Beneficio económico de la propuesta:

$$\text{Costo mensual actual: } 1089 \text{ KWh} \times \text{Q. } 1,80 = \text{Q. } 1\,960,20$$

$$\text{Costo anual actual: } (\text{Q. } 1\,960,20/\text{mes}) \times (12 \text{ meses/año}) = \text{Q. } 23\,523,00$$

$$\text{Costo mensual con la propuesta: } 224 \text{ KWh} \times \text{Q. } 1,80 = \text{Q. } 403,20$$

$$\text{Beneficio económico mensual: } (\text{Q. } 1\,960,20 - \text{Q. } 403,20) = \text{Q. } 1\,557,00$$

Beneficio económico mensual por ahorro de potencia en hora pico:

$$(3,024 - 0,621 \text{ KW}) \times (\text{Q. } 68,00) = \text{Q. } 163,40$$

$$\text{Beneficio económico mensual total: } (\text{Q. } 1\,557,00 + \text{Q. } 163,40) = \text{Q. } 1\,720,40$$

$$\text{Beneficio económico anual: } (\text{Q. } 1\,720,40 \times 12 \text{ meses}) = \text{Q. } 20\,644,80$$

Periodo de retorno de la inversión:

$$\text{PRI.} = (\text{Inversión/Ahorro mensual}) = (\text{Q. } 1\,853,03 / \text{Q. } 1\,720,40) = 2 \text{ meses}$$

$$\text{Emisión de CO}_2 \text{ actual: } (1\,089 \text{ KWh/mes} \times 0,001070 \text{ ton CO}_2/\text{KWh}) = \\ 1,17 \text{ ton CO}_2/\text{mes}$$

Emisión de CO₂ con propuesta: (224 KWh/mes x 0,001070 ton CO₂/KWh) =
0,24 ton CO₂/mes

Beneficio ambiental mensual: (1,17 ton CO₂/mes - 0,24 ton CO₂/mes) =
0,93 ton CO₂/mes

Beneficio ambiental anual: (0,93 ton CO₂/mes) x (12 meses/año) =
11,16 ton CO₂/año

Se dejarán de emitir al ambiente 0,93 ton CO₂/mes (11,16 ton CO₂/año), lo que representa un importante logro ambiental.

3.1.1.6. Propuesta 2

- Pasillo: bodega de producto terminado - refrigeración - multistock
 - Descripción de la situación actual

El pasillo cuenta con 25 luminarias de las cuales hay 12 de tecnología T-12 en arreglos de 2 x 56 Watts, 6 en arreglos de 2 x 40 y 7 en arreglos de 2 x 32. Aproximadamente se encienden a las 18:00 horas y se apagan a las 6:00 horas, por lo que están funcionando en promedio 12 horas diarias, todos los días del año. La iluminación en esta área sólo cumple la función de evitar que las personas que transitan, sufran accidentes. La iluminación debe ser buena en el área, debido a que hay riesgo de caídas en partes del pasillo, por falta de una baranda. En la figura 32 se presentan fotografías del pasillo.

Figura 32. Pasillo de bodega - refrigeración – multistock



Fuente: pasillo de Olmeca, S.A.

- Cálculos

Consumo actual:

Número de lámparas de 56 Watts: (12 luminarias) x (2 lámparas) = 24 lámparas

Número de lámparas de 40 Watts: (6 luminarias) x (2 lámparas) = 12 lámparas

Número de lámparas de 32 Watts: (7 luminarias) x (2 lámparas) = 14 lámparas

Cálculo de KWh/mes:

$$[(24 \text{ lámparas}) \times (56 \text{ Watts/lámpara}) \times (12 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) = 484 \text{ KWh/mes}$$

$$[(12 \text{ lámparas}) \times (40 \text{ Watts/lámpara}) \times (12 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) = 173 \text{ KWh/mes}$$

$$[(14 \text{ lámparas}) \times (32 \text{ Watts/lámpara}) \times (12 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) = 161,3 \text{ KWh/mes}$$

$$484 + 173 + 161,3 = 818,3 \text{ KWh/mes}$$

Cálculo de potencia actual:

$$(24 \text{ lámparas}) \times (56 \text{ Watts/lámpara}) / (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) = 1,344 \text{ KW}$$

$$(12 \text{ lámparas}) \times (40 \text{ Watts/lámpara}) / (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) = 0,48 \text{ KW}$$

$$(14 \text{ lámparas}) \times (32 \text{ Watts/lámpara}) / (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) = 0,448 \text{ KW}$$

$$1,344 + 0,48 + 0,448 = 2,272 \text{ KW}$$

- Propuesta de eficiencia energética

Se propone la sustitución de las 25 luminarias por 25 LFC Philips twister, luz cálida, de 27 Watts. En la tabla XLV se presenta el cálculo de la inversión que se debe llevar a cabo al momento de implementar esta propuesta y en la figura 33 se presenta la cotización de lo que se debe adquirir.

Tabla XLV. **Cálculo de la inversión inicial para propuesta 2**

Material	Costo unitario	Costo total
25 Bombillas Philips Twister LFC de 27 Watts, luz cálida	Q. 28,48	Q. 712,08
25 Plafoneras superficiales sencillas bTicino	Q. 4,19	Q. 104,88
Gastos varios (cableado, cinta de aislar, accesorios, etc.)		Q. 1 000,00
Mano de obra		Disponible
Inversión total:		Q. 1 816,96

Fuente: elaboración propia.

Costo anual actual: (Q. 1 473,00/mes) x (12 meses/año) = Q. 17 676,00

Costo mensual con la propuesta: 243 KWh x Q. 1,80 = Q. 437,40

Beneficio económico mensual: (Q. 1 473,00 – Q. 437,40) = Q. 1 035,60

Beneficio económico mensual por ahorro de potencia en hora pico:

$$(2,272 - 0,675 \text{ KW}) \times (\text{Q. } 68,00) = \text{Q. } 108,59$$

Beneficio económico mensual total: (Q. 1 035,60 + Q. 108,59) = Q. 1 144,19

Beneficio económico anual: (Q. 1 144,19 x 12 meses) = Q. 13 730,28

PRI = (inversión/ahorro mensual) = (Q. 1 816,96 / Q. 1 144,19) = 2 meses

Emisión de CO₂ actual: (818,3 KWh/mes x 0,001070 ton CO₂/KWh) =

$$0,88 \text{ ton CO}_2/\text{mes}$$

Emisión de CO₂ con propuesta: (243 KWh/mes x 0,001070 ton CO₂/KWh) =

$$0,26 \text{ ton CO}_2/\text{mes}$$

Beneficio ambiental mensual: (0,88 ton CO₂/mes - 0,26 ton CO₂/mes) =

$$0,62 \text{ ton CO}_2/\text{mes}$$

Beneficio ambiental anual: (0,62 ton CO₂/mes) x (12 meses/año) =

$$7,44 \text{ ton CO}_2/\text{año}$$

Se dejarán de emitir al ambiente 0,62 ton CO₂/mes (7,44 ton CO₂/año), lo que representa un importante logro ambiental.

3.1.1.7. Propuesta 3

- Baños generales
 - Descripción de la situación actual

En los baños generales hay 23 luminarias de tecnología T-12 en arreglos de 2 x 40 Watts. Están distribuidas de la siguiente manera: 18 en el baño de hombres y 5 en el de mujeres. Debido al diseño de los baños, no se aprovecha la luz solar, causando que las lámparas estén encendidas las 24 horas al día. En los baños no se requiere de un nivel de iluminación alto. En la figura 34 se presentan fotografías de los baños generales.

Figura 34. Baños y vestidores generales



Fuente: baños de Olmecca, S.A.

- Cálculos

Consumo actual:

Número de lámparas: (23 luminarias) x (2 lámparas) = 46 lámparas

Cálculo de KWh/mes:

$$[(46 \text{ lámparas}) \times (40 \text{ Watts/lámpara}) \times (24 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) = 1\,325 \text{ KWh/mes}$$

Cálculo de potencia actual:

$$(46 \text{ lámparas}) \times (40 \text{ Watts/lámpara}) \times (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) = 1,84 \text{ KW}$$

- Propuesta de eficiencia energética

Como primera medida para ahorrar energía eléctrica se propone la instalación de blocks de vidrio en la terraza del baño, con la finalidad de que se aproveche la luz solar, evitando que las lámparas estén encendidas en horario diurno. También se propone la sustitución de las 23 luminarias por 23 LFC de 20 Watts cada una, funcionando éstas por medio de la misma fotocelda que activa las lámparas del pasillo de Olmeca-Regia en un horario aproximado de 18:00 a 6:00, logrando aprovechar alrededor de 12 horas de luz solar. En la tabla XLVI se presenta el cálculo de la inversión que se debe llevar a cabo al momento de implementar esta propuesta y en la figura 35 se presenta la cotización de lo que se debe de adquirir.

Tabla XLVI. **Cálculo de la inversión inicial para propuesta 3**

Material	Costo unitario	Costo total
30 Blocks de vidrio de 0,19 x 0,19 x 0,95	Q. 21,50	Q. 645,00
Materiales de instalación (cemento, sellador, etc.)		Q. 1 000,00
23 Bombillas Philips Twister LFC de 20 Watts, luz fría	Q. 26,22	Q. 603,23
23 Plafoneras superficiales sencillas bTicino	Q. 4,19	Q. 96,49
Gastos varios (cableado, cinta de aislar, accesorios, etc.)		Q. 1 000,00
Mano de obra		Disponible
Inversión total:		Q. 3 344,72

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Cotización para propuesta 3**

6a. AVENIDA 14-12, ZONA 9 PBX: 2326-0202 FAX: 2360-1417
 7a. AVENIDA 9-50, ZONA 1 PBX: 2382-6300 FAX: 2230-0066
 1a. CALLE 5-42, ZONA 9 PBX: 2382-9400 FAX: 2334-2577
 4a. AVENIDA 15-28 ZONA 10 PBX: 2382-9500 FAX: 2333-5569
 18. AVENIDA 1-76, ZONA 3 GUETZALTENANGO, GUETZALTENANGO TEL: 7763-2293 FAX: 7761-5366
 VENDEDOR: MONTESEPRAT GUATEMALA PBX: 6685-5200 FAX: 6685-8201
 CALLE 10-10, ZONA 10, GUATEMALA PBX: 2326-0202 FAX: 2326-0202
 C. A. COLONIA NUEVA MONTESEPRAT PBX: 2382-9690
 PBX: 2326-0202 PARA TODAS LAS SUCURSALES

GUATEMALA, 5 DE ENERO DE 2,012

EMPRESA: (999) OLMECA, S. A. NO. COTIZACION: 41684
 DIRECCION: 4a. Avenida 8-93, Zona 9 VENEDOR: Monica Martinez
 TERMINOS: AGENCIA: AGENCIA CARRETERA

DESCRIPCION:

CANT	MEDIDA	CODIGO	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
23	UN	15.P0187	AHORRADOR MINI TWISTER CFL20W/DL PHILIIPS	26.2274	603.23
23	UN	12.925	PLAFONERO OVAL P21A SENCILLO SUPERFICIAL MARFIL	4.1952	96.49
TOTAL				Q	699.72

Fuente: elaboración propia.

Consumo nuevo:

Cálculo de KWh/mes:

$$[(23 \text{ LFC}) \times (20 \text{ Watts/lámpara}) \times (12 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) = 166 \text{ KWh/mes}$$

Cálculo de potencia con propuesta:

$$(23 \text{ lámparas}) \times (20 \text{ Watts/lámpara}) \times (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) = 0,46 \text{ KW}$$

- Beneficio económico de la propuesta:

$$\text{Costo mensual actual: } 1\,325 \text{ KWh} \times \text{Q. } 1,80 = \text{Q. } 2\,385,00$$

$$\text{Costo anual actual: } (\text{Q. } 2\,385,00/\text{mes}) \times (12 \text{ meses/año}) = \text{Q. } 28\,620,00$$

$$\text{Costo mensual con la propuesta: } 166 \text{ KWh-mes} \times \text{Q. } 1,80 = \text{Q. } 299,00$$

$$\text{Beneficio económico mensual: } (\text{Q. } 2\,385,00 - \text{Q. } 299,00) = \text{Q. } 2\,086,00$$

Beneficio económico mensual por ahorro de potencia en hora pico:

$$(1,84 - 0,46 \text{ KW}) \times (\text{Q. } 68,00) = \text{Q. } 93,84$$

$$\text{Beneficio económico mensual total: } (\text{Q. } 2\,086,00 + \text{Q. } 93,84) = \text{Q. } 2\,179,84$$

$$\text{Beneficio económico anual: } (\text{Q. } 2\,179,84 \times 12 \text{ meses}) = \text{Q. } 26\,158,08$$

$$\text{PRI} = (\text{inversión/ahorro mensual}) = (\text{Q. } 3\,344,72 / \text{Q. } 2\,179,84) = 2 \text{ meses}$$

Emisión de CO₂ actual: (1 325 KWh/mes x 0,001070 ton CO₂/KWh) =
1,42 ton CO₂/mes

Emisión de CO₂ con propuesta: (166 KWh/mes x 0,001070 ton CO₂/KWh) =
0,18 ton CO₂/mes

Beneficio ambiental mensual: (1,42 ton CO₂/mes - 0,18 ton CO₂/mes) =
1,24 ton CO₂/mes

Beneficio ambiental anual: (1,24 ton CO₂/mes) x (12 meses/año) =
14,9 ton CO₂/año

Se dejarán de emitir al ambiente 1,24 ton CO₂/mes (14,9 ton CO₂/año), lo que representa un importante logro ambiental.

3.1.1.8. Propuesta 4

- Alumbrado externo
 - Descripción de la situación actual

Debido a la extensa área que ocupa la planta, es necesario el alumbrado externo para prevenir accidentes por poca visibilidad, así como para dar una sensación de seguridad a los trabajadores. En la actualidad el alumbrado externo consta de 74 lámparas distribuidas alrededor de la planta en puntos específicos donde es necesaria la iluminación. De estas 74 lámparas, 21 son de vapor de sodio a alta presión (HPS) que consumen 250 Watts/hora, mientras que las 53 restantes son de mercurio (ML) y consumen 175 Watts/hora. En la tabla XLVII se presenta una auditoría detallada de la situación actual del

alumbrado externo en Olmeca, S.A. y en la figura 36, fotografías del alumbrado externo.

Tabla XLVII. Auditoría del alumbrado externo

ALUMBRADO EXTERNO				
Ubicación	Cantidad	Tipo de lámpara	Consumo en Watts	Consumo total en KW
Esquina de garita	1	ML	175	0,175
Parqueo de motos	1	ML	175	0,175
Portón principal	2	HPS	250	0,5
Inicio de pasillo Olmeca-Regia	1	HPS	250	0,25
Final de pasillo compresores	1	ML	175	0,175
Portón Regia	1	ML	175	0,175
Esquina Regia-Raquis	1	HPS	250	0,25
Ciclón de Raquis	2	HPS	250	0,5
Entrada a cuarto caldera 800	1	HPS	250	0,25
Tanque de lodos y planta de	10	HPS	250	2,5
Banco de transformadores	2	ML	175	0,35
Área de búnker	2	ML	175	0,35
Pasillo Regia	1	ML	175	0,175
Multi-Stock	3	ML	175	0,525
Cuarto de calderas de búnker	7	ML	175	1,225
Pasillo Taller-Mantenimiento	3	ML	175	0,525
Fraccionador Químico	1	ML	175	0,175
Torres de enfriamiento antiguas	4	ML	175	0,7
Fraccionador	2	ML	175	0,35
Gasolinera	2	ML	175	0,35
Área de reproceso	1	HPS	250	0,25
Área descarga de hidrógeno	2	ML	175	0,35
Cuarto de compresores	1	ML	175	0,175
Tanque 811	2	ML	175	0,35
Tanque 813	1	ML	175	0,175
Tanque 712	1	HPS	250	0,25
Tanque 910	1	ML	175	0,175
Tanque 732	1	HPS	250	0,25
Tanque 315	1	HPS	250	0,25
Tanque 316	2	ML	175	0,35
Tanque 307	1	ML	175	0,175

Continuación de la tabla XLVII.

Tanque 317	1	ML	175	0,175
Tanque 414	1	ML	175	0,175
Tanque 415	2	ML	250	0,5
Tanque 521	1	ML	175	0,175
Tanque 411	1	ML	175	0,175
Tanque 1003	2	ML	175	0,35
Tanque 113	1	ML	175	0,175
Tanque 622	1	ML	175	0,175
Tanque 404	1	ML	175	0,175
Tanque 320	1	ML	175	0,175
Total	74			14,67

Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Alumbrado externo en áreas de Olmeca**



Fuente: elaboración propia.

- Cálculos

Consumo actual:

Cálculo de KWh/mes:

$$[(14,68 \text{ KW/hora}) \times (12 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días/mes})] = 5,28 \text{ KWh/mes}$$

Cálculo de potencia actual: 14,67 KW

- Propuesta de eficiencia energética


Se propone la sustitución de las 21 lámparas de HPS de 250 Watts y las 53 de mercurio de 175 Watts, por 74 Philips Master de 80 Watts. Las lámparas Philips Master de 80 Watts tienen un flujo luminoso de 5 300 lúmenes, y una eficacia de 66 lúmenes/Watt, su vida útil es aproximadamente de 10 000 horas. En la tabla XLVIII se presenta el cálculo de la inversión que se debe llevar a cabo al momento de implementar esta propuesta y en la figura 37 se presenta la cotización de lo que se debe de adquirir.

Tabla XLVIII. **Cálculo de la inversión inicial para propuesta 4**

Material	Costo unitario	Costo total
74 Philips Máster 80 W 240 V	Q. 149,25	Q. 11 044,50
Gastos varios (cableado, cinta de aislar, etc.)		Q. 500,00
Inversión total		Q. 11 544,50

Fuente: elaboración propia.

Figura 37. Cotización para propuesta 4



6a. AVENIDA 14-12, ZONA 9 PBX: 2328-6202 FAX: 2360-1417
 7a. AVENIDA 9-50, ZONA 1 PBX: 2382-8300 FAX: 2330-0086
 1a. CALLE 5-42, ZONA 9 PBX: 2362-9400 FAX: 2334-2377
 4a. AVENIDA 15-28 ZONA 10 PBX: 2382-9500 FAX: 2333-5568
 1b. AVENIDA 1-7E, ZONA 3 QUITZALTENANGO, QUITZALTENANGO TEL: 7783-2283 FAX: 7781-6366
 Km. 16.5 CARRETERA A EL SALVADOR PBX: 6685-5200 FAX: 6685-5281
 CALZADA SAN JUAN 12-01 ZONA 3 MEXICO COLONIA NUEVA MONTSERRAT PBX: 2382-9600
 PBX: 2328-2282 PARA TODAS LAS SUCURSALES

COTIZACION

GUATEMALA, 5 DE ENERO DE 2,012

EMPRESA: (999) OLMECA, S. A.	No. COTIZACION: 41685
DIRECCION: 4a. Avenida 8-93, Zona 9	VENDEDOR: Monica Martinez
TERMINOS:	AGENCIA: AGENCIA CARRETERA
DESCRIPCION:	

CANT	MEDIDA	CODIGO	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
74	UN	15.P0549	AHORRADOR ENERGIA TWISTER CDLS0W E40 240V	149.2416	11,043.88
				TOTAL	Q 11,043.88

Fuente: elaboración propia.

- Cálculos

Consumo nuevo:

Cálculo de KWh/mes:

$$[(74 \text{ lámparas}) \times (80 \text{ Watts/lámpara}) \times (12 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) = 2132 \text{ KWh/mes}$$

Cálculo de potencia con propuesta:

$$(74 \text{ lámparas}) \times (80 \text{ Watts/lámpara}) \times (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) = 5,92 \text{ KW}$$

- Beneficio económico de la propuesta

Costo mensual actual: 5 285 KWh x Q. 1,80 = Q. 9 513,00

Costo anual actual: (Q. 9 513,00/mes) x (12 meses/año) = Q. 114 156,00

Costo mensual con la propuesta: 2 132 KWh/mes x Q. 1,80 = Q. 3 838,00

Beneficio económico mensual: (Q. 9 513,00 – Q. 3 838,00) = Q. 5 675,00

Beneficio económico por ahorro de potencia en hora pico:

$$(14,675 - 5,92 \text{ KW}) \times (\text{Q. } 68,00) = \text{Q. } 595,34$$

Beneficio económico mensual total: (Q. 5 675,00 + Q. 595,34) = Q. 6 270,34

Beneficio económico anual: (Q. 6 270,34 x 12 meses) = Q. 75 244,08

PRI = (inversión/ahorro mensual) = (Q. 11 544,50 / Q. 6 270,34) = 2 meses

Emisión de CO₂ actual: (5 285 KWh/mes x 0,001070 ton CO₂/KWh) =
5,66 ton CO₂/mes

Emisión de CO₂ con propuesta: (2 132 KWh/mes x 0,001070 ton CO₂/KWh) =
2,28 ton CO₂/mes

Beneficio ambiental mensual: (5,66 ton CO₂/mes – 2,28 ton CO₂/mes) =
3,38 ton CO₂/mes

Beneficio ambiental anual: $(3,38 \text{ ton CO}_2/\text{mes}) \times (12 \text{ meses/año}) =$
40,6 ton CO₂/año

Se dejarán de emitir al ambiente 3,38 ton CO₂/mes (40,6 ton CO₂/año), lo que representa un importante logro ambiental.

3.1.1.9. Propuesta 5

- Cuarto de caldera Okuma
 - Descripción de la situación actual

En el cuarto de la caldera Okuma, hay 10 luminarias tipo campana industrial con lámparas metalarc de 400 Watts cada una. En el diseño del cuarto de calderas no se contempló el aprovechamiento de la luz solar. Debido a la falta de luz natural, las 10 lámparas pasan encendidas todo el día. En el cuarto de bombas hay 2 luminarias de tecnología T-12 en arreglo de 2 x 75 Watts, que también funcionan todo el día. En la figura 38 se presentan fotografías del cuarto de la caldera Okuma.

Figura 38. **Cuarto de caldera Okuma y cuarto de bombas**



Fuente: cuarto de la caldera Okuma.

- Cálculos

Consumo actual:

Cálculo de KWh/mes de cuarto de caldera Okuma:

$$[(10 \text{ lámparas}) \times (400 \text{ Watts/lámpara}) \times (24 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) = 2880 \text{ KWh/mes}$$

Cálculo de KWh/mes de cuarto de bombas:

Número de lámparas: (2 luminarias) x (2 lámparas) = 4 lámparas

$$[(4 \text{ lámparas}) \times (75 \text{ Watts/lámpara}) \times (24 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) = 216 \text{ KWh/mes}$$

$$2880 \text{ KWh/mes} + 216 \text{ KWh/mes} = 3096 \text{ KWh/mes}$$

Cálculo de potencia actual:

$$(10 \text{ lámparas}) \times (400 \text{ Watts/lámpara}) \times (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) = 4,00 \text{ KW}$$

$$(4 \text{ lámparas}) \times (75 \text{ Watts/lámpara}) \times (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) = 0,30 \text{ KW}$$

$$4,00 \text{ KW} + 0,30 \text{ KW} = 4,3 \text{ KW}$$

- Propuesta de eficiencia energética

Como medida para ahorrar energía eléctrica se propone la instalación de láminas transparentes en el techo del cuarto de la caldera Okuma, con la finalidad de que se aproveche la luz solar, evitando que las lámparas estén encendidas mientras la luz solar pueda aprovecharse, aproximadamente 11 horas diarias, de 7:00 a 18:00. Las lámparas que están instaladas en la actualidad son adecuadas, debido a la extensa área que iluminan y al riesgo de accidentes que existe en el área, no es aconsejable cambiarlas por unas de menor consumo.

- Cálculo de la inversión inicial:

Se planea instalar 5 filas de láminas troqueladas transparentes I-101 de cada lado del techo de dos aguas, abarcando todo el ancho del cuarto de la caldera. Se calcula que son aproximadamente 34 pies en cada lado, los que se deben cubrir con la lámina transparente, por lo que se instalará una lámina de 20 pies y una de 14 pies por cada fila. Después de cotizar en la bodega de materiales de Olmeca, S.A., el costo de las láminas y materiales se presenta en la tabla XLIX.

Tabla XLIX. **Cálculo de la inversión inicial para propuesta 5**

Material	Costo unitario	Costo total
10 láminas troqueladas transparentes I-101 de 14 pies	Q. 420,00	Q. 4.200,00
10 láminas troqueladas transparentes I-101 de 20 pies	Q. 566,00	Q. 5.660,00
200 tornillos "Polser" de ¼" x 2" con arandelas y punta de broca	Q. 0,33	Q. 66,00
Mano de obra	Disponible	Disponible
Inversión total:		Q. 9 926,00

Fuente: elaboración propia.

Consumo nuevo de cuarto de caldera Okuma:

$$[(10 \text{ lámparas}) \times (400 \text{ Watts/lámpara}) \times (13 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) = 1\,560 \text{ KWh/mes}$$

Consumo nuevo de cuarto de bombas:

$$\begin{aligned} \text{Número de lámparas: } & (2 \text{ luminarias}) \times (2 \text{ lámparas}) = 4 \text{ lámparas} \\ [(4 \text{ lámparas}) \times (75 \text{ Watts/lámpara}) \times (13 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) & = \\ & 117 \text{ KWh/mes} \end{aligned}$$

$$1560 \text{ KWh/mes} + 117 \text{ KWh/mes} = 1677 \text{ KWh/mes}$$

Cálculo de potencia con propuesta:

$$\begin{aligned} (10 \text{ lámparas}) \times (400 \text{ Watts/lámpara}) \times (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) & = 4,00 \text{ KW} \\ (4 \text{ lámparas}) \times (75 \text{ Watts/lámpara}) \times (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) & = 0,30 \text{ KW} \end{aligned}$$

$$4,00 \text{ KW} + 0,30 \text{ KW} = 4,3 \text{ KW}$$

- Beneficio económico de la propuesta

Costo mensual actual: $3096 \text{ KWh} \times \text{Q. } 1,80 = \text{Q. } 5\,573,00$

Costo anual actual: $(\text{Q. } 5\,573,00/\text{mes}) \times (12 \text{ meses/año}) = \text{Q. } 66\,876,00$

Costo mensual con la propuesta: $(1677 \text{ KWh-mes} \times \text{Q. } 1,80) = \text{Q. } 3\,019,00$

Beneficio económico mensual: $(\text{Q. } 5\,573,00 - \text{Q. } 3\,019,00) = \text{Q. } 2\,554,00$

Beneficio económico por ahorro de potencia en hora pico: No hay ahorro de potencia en horario pico con esta propuesta.

Beneficio económico anual: $(\text{Q. } 2\,554,00 \times 12 \text{ meses}) = \text{Q. } 30\,648,00$

Período de retorno de la inversión:

$\text{PRI} = (\text{inversión/ahorro mensual}) = (\text{Q. } 9\,926,00 / \text{Q. } 2\,554,00) = 4 \text{ meses}$

Emisión de CO_2 actual: $(3\,096,00 \text{ KWh/mes} \times 0,001070 \text{ ton } \text{CO}_2/\text{KWh}) =$
 $3,31 \text{ ton } \text{CO}_2/\text{mes}$

Emisión de CO_2 con propuesta: $(1\,677,00 \text{ KWh/mes} \times 0,001070 \text{ ton } \text{CO}_2/\text{KWh}) =$
 $1,80 \text{ ton } \text{CO}_2/\text{mes}$

Beneficio ambiental mensual: $(3,31 \text{ ton } \text{CO}_2/\text{mes} - 1,80 \text{ ton } \text{CO}_2/\text{mes}) =$
 $1,51 \text{ ton } \text{CO}_2/\text{mes}$

Beneficio ambiental anual: $(1,51 \text{ ton } \text{CO}_2/\text{mes}) \times (12 \text{ meses/año}) =$
 $18,1 \text{ ton } \text{CO}_2/\text{año}$

Se dejarán de emitir al ambiente 1,51 ton CO₂/mes (18,1 ton CO₂/año), lo que representa un importante logro ambiental.

3.1.1.10. Propuesta 6

- Bodega de almacenaje de fibra de palma
 - Descripción de la situación actual

En la bodega de almacenaje de fibra de palma, el diseño del techo de dos aguas es el apropiado, ya que se contempló la instalación de láminas troqueladas transparentes, permitiendo el aprovechar la luz solar en períodos de 11 horas diarias, de 7:00 a 18:00 horas.

En esta bodega están instaladas luminarias tipo campana industrial con lámparas metalarc de 400 Watts cada una. Funcionan aproximadamente de 18:00 a 7:00, 13 horas diarias en promedio. Se considera que el flujo luminoso es elevado en la bodega, debido a que no se llevan tareas de precisión en el lugar, ni hay riesgos de accidente, ya que los minicargadores que funcionan en el área tienen lámparas incorporadas para alumbrar el camino en caso fuera necesario. En la figura 39 se presentan fotografías de la bodega de almacenaje de fibra de palma.

Figura 39. **Aprovechamiento de luz solar en bodega de fibra de palma**



Fuente: bodega de fibra de palma, Olmeca,S.A.

- Cálculos

Consumo actual:

Cálculo de KWh/mes:

$$[(9 \text{ lámparas}) \times (400 \text{ Watts/lámpara}) \times (13 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) = 1404 \text{ KWh/mes}$$

Cálculo de potencia actual:

$$(9 \text{ lámparas}) \times (400 \text{ Watts/lámpara}) \times (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) = 3,6 \text{ KW}$$

- Propuesta de eficiencia energética


Se propone la sustitución de las lámparas metalarc de 400 Watts y sus balastos, por unas metalarc de 250 Watts con sus respectivos balastos. La función de las lámparas en el área es la de prevenir accidentes que puedan ocurrir por falta de iluminación y con unas lámparas de menor consumo se puede lograr. En la tabla L se presenta el cálculo de la inversión que se debe llevar a cabo al momento de implementar esta propuesta y en la figura 40 se presenta la cotización de lo que se debe de adquirir.

Tabla L. Cálculo de la inversión inicial para propuesta 6

Material	Costo unitario	Costo total
9 Balastos Metalarc Philips 250 Watts	Q. 295,13	Q. 2 656,20
9 Bombillas Metalarc MH 250/U Philips	Q. 105,74	Q. 951,61
Inversión total:		Q. 3 607,81

Fuente: elaboración propia.

Figura 40. Cotización para propuesta 6



Antillon
GUATEMALA, S. DE ENERGÍA Y SERVICIOS
DE TODO EN MATERIALES ELECTRICOS

6a. AVENIDA 14-12, ZONA 9 PBX: 2326-9202 FAX: 2300-1417
 7a. AVENIDA 9-50, ZONA 1 PBX: 2382-8300 FAX: 2330-0066
 1a. CALLE 5-12, ZONA 5 PBX: 2382-9400 FAX: 2334-2577
 14a. AVENIDA 14-12, ZONA 9 PBX: 2382-9500 FAX: 2330-5569
 18. AVENIDA 1-76, ZONA 3 QUINTALTEPEANGO, QUINTALTEPEANGO TEL.: 7783-2283 FAX: 7781-4354
 Km. 16.5 CARRETERA A EL SALVADOR PBX: 6685-8200 FAX: 6685-8201
 CALZADA SAN JUAN 12-01 ZONA 3 MIXCO COLONIA NUEVA MONTESEPPIAT PBX: 2382-9100
 PBX: 2326-8282 PARA TODAS LAS SUCURSALES

EMPRESA: (999) OLMECA, S. A. **No. COTIZACION:** 41687

DIRECCION: 4a. Avenida 8-93, Zona 9 **VENDEDOR:** Monica Martinez

TERMINOS: **AGENCIA:** AGENCIA CARRETERA

DESCRIPCION:

CANT	MEDIDA	CODIGO	DESCRIPCION	UNITARIO	TOTAL
9	UN	15.P0371	BALASTRO METALARC M71A5790-500 250W PHILLIPS	295.1333	2,656.20
9	UN	15.P0056	BOMBILLA METALARC MH250/U PHILLIPS	105.7344	951.61
TOTAL				Q	3,607.81

Fuente: elaboración propia.

Consumo nuevo:

$$[(9 \text{ lámparas}) \times (250 \text{ Watts/lámpara}) \times (13 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) = 878 \text{ KWh/mes}$$

Cálculo de potencia con propuesta:

$$(9 \text{ lámparas}) \times (250 \text{ Watts/lámpara}) \times (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) = 2,25 \text{ KW}$$

- Beneficio económico de la propuesta

$$\text{Costo mensual actual: } 1404 \text{ KWh} \times \text{Q. } 1,80 = \text{Q. } 2\,527,20$$

$$\text{Costo anual actual: } (\text{Q. } 2\,527,20/\text{mes}) \times (12 \text{ meses/año}) = \text{Q. } 30\,326,40$$

$$\text{Costo mensual con la propuesta: } (878 \text{ KWh-mes} \times \text{Q. } 1,80) = \text{Q. } 1\,580,40$$

$$\text{Beneficio económico mensual: } (\text{Q. } 2\,527,20 - \text{Q. } 1\,580,40) = \text{Q. } 946,80$$

Beneficio económico por ahorro de potencia en hora pico:

$$(3,6 - 2,25 \text{ KW}) \times (\text{Q. } 68,00) = \text{Q. } 91,80$$

$$\text{Beneficio económico mensual total: } (\text{Q. } 946,80 + \text{Q. } 91,80) = \text{Q. } 1\,038,60$$

$$\text{Beneficio económico anual: } (\text{Q. } 1\,038,60 \times 12 \text{ meses}) = \text{Q. } 12\,463,20$$

$$\text{PRI} = (\text{inversión/ahorro mensual}) = (\text{Q. } 3\,607,81 / \text{Q. } 1\,038,60) = 4 \text{ meses}$$

Emisión de CO₂ actual: (1 404,00 KWh/mes x 0,001070 ton CO₂/KWh) =
1,5 ton CO₂/mes

Emisión de CO₂ con propuesta: (878 KWh/mes x 0,001070 ton CO₂/KWh) =
0,94 ton CO₂/mes

Beneficio ambiental mensual: (1,5 ton CO₂/mes – 0,94 ton CO₂/mes) =
0,56 ton CO₂/mes

Beneficio ambiental anual: (0,56 ton CO₂/mes) x (12 meses/año) =
6,72 ton CO₂/año

Se dejarán de emitir al ambiente 0,56 ton CO₂/mes (6,72 ton CO₂/año), lo que representa un importante logro ambiental.

3.1.1.11. Propuesta 7

- Fraccionador
 - Descripción de la situación actual

En el fraccionador no se contempló la instalación de láminas troqueladas transparentes, por lo que no se aprovecha la luz solar. Están instaladas 13 luminarias con lámparas de mercurio de 175 Watts. Además, hay 2 luminarias en arreglos de 2 x 75 Watts, 13 luminarias en arreglos de 2 x 56 Watts y una luminaria en arreglo de 2 x 32 Watts. Funcionan las 24 horas debido al nulo aprovechamiento de la luz solar, por lo que representan un elevado costo que se puede disminuir aplicando la eficiencia energética en iluminación. En la figura 41 se presentan fotografías del fraccionador.

Figura 41. **Fraccionador**



Fuente: fraccionador, Olmecca, S.A.

○ Cálculos

Consumo actual:

Número de lámparas de 75 Watts: (2 luminarias) x (2 lámparas) = 4 lámparas

Número de lámparas de 56 Watts: (13 luminarias) x (2 lámparas) = 26 lámparas

Número de lámparas de 32 Watts: (1 luminarias) x (2 lámparas) = 2 lámparas

Cálculo de KWh/mes:

$$[(13 \text{ lámparas}) \times (175 \text{ Watts/lámpara}) \times (24 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) = 1 \ 638 \text{ KWh/mes}$$

$$[(4 \text{ lámparas}) \times (75 \text{ Watts/lámpara}) \times (24 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) = 216 \text{ KWh/mes}$$

$$[(26 \text{ lámparas}) \times (56 \text{ Watts/lámpara}) \times (24 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) = \\ 1\,048,32 \text{ KWh/mes}$$

$$[(2 \text{ lámparas}) \times (32 \text{ Watts/lámpara}) \times (24 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) = \\ 46,08 \text{ KWh/mes}$$

$$1\,638 + 216 + 1\,048,32 + 46,08 = 2\,948,40 \text{ KWh/mes}$$

Cálculo de potencia actual:

$$(13 \text{ lámparas}) \times (175 \text{ Watts/lámpara}) / (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) = 2,27 \text{ KW}$$

$$(4 \text{ lámparas}) \times (75 \text{ Watts/lámpara}) / (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) = 0,30 \text{ KW}$$

$$(26 \text{ lámparas}) \times (56 \text{ Watts/lámpara}) / (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) = 1,456 \text{ KW}$$

$$(2 \text{ lámparas}) \times (32 \text{ Watts/lámpara}) / (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) = 0,064 \text{ KW}$$

$$2,27 + 0,3 + 1,45 + 0,064 = 4,09 \text{ KW}$$

- Propuesta de eficiencia energética

Como medida para ahorrar energía eléctrica, se propone la instalación de láminas troqueladas transparentes en el techo del fraccionador, con la finalidad de que se aproveche la luz solar, evitando que las lámparas estén encendidas mientras la luz solar pueda aprovecharse, aproximadamente 10 horas diarias, de 7:00 a 17:00. También se propone la sustitución de las lámparas de mercurio de 175 Watts por unas Phillips Master de 80 Watts. Las lámparas fluorescentes lineales de 75, 56 y 32 Watts deben ser reemplazadas por lámparas lineales LED de 15 Watts.

- Cálculo de la inversión inicial

El fraccionador tiene 2 techos de dos aguas, por lo que se planea instalar 3 filas de láminas troqueladas transparentes I-101 de cada lado de los dos techos de dos aguas. Después de cotizar en la bodega de materiales de Olmeca, S.A., el costo de las láminas y materiales aproximado se presenta en la tabla LI.

Tabla LI. **Cálculo de la inversión inicial para propuesta 7**

Material	Costo unitario	Costo total
6 láminas troqueladas transparentes I-101 de 18 pies	Q. 509,00	Q. 3 054,00
6 láminas troqueladas transparentes I-101 de 25 pies	Q. 650,00	Q. 3 900,00
200 tornillos "Polser" de ¼" x 2" con arandelas y punta de broca	Q. 0,33	Q. 66,00
13 Philips Master de 80 Watts	Q. 149,25	Q. 1 940,25
32 lámparas lineales LED de 72" de 15 Watts	Q. 400,00	Q. 12 800,00
Gastos varios (cableado, accesorios, etc.)		Q. 1 000,00
Mano de obra	Disponible	Disponible
Inversión total:		Q. 22 760,25

Fuente: elaboración propia.

Consumo nuevo:

$$[(13 \text{ lámparas}) \times (80 \text{ Watts/lámpara}) \times (14 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) = 436,80 \text{ KWh/mes}$$

$$[(32 \text{ lámparas}) \times (15 \text{ Watts/lámpara}) \times (14 \text{ horas/día}) \times (30 \text{ días})] / (1000) = 201,60 \text{ KWh/mes}$$

$$436,8 + 201,6 = 638,40 \text{ KWh/mes}$$

Cálculo de potencia con propuesta:

$$(13 \text{ lámparas}) \times (80 \text{ Watts/lámpara}) \times (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) = 1,04 \text{ KW}$$

$$(32 \text{ lámparas}) \times (15 \text{ Watts/lámpara}) \times (1 \text{ KW}/1000 \text{ Watts}) = 0,48 \text{ KW}$$

$$1,04 \text{ KW} + 0,48 \text{ KW} = 1,52 \text{ KW}$$

- Beneficio económico de la propuesta

$$\text{Costo mensual actual: } 2\,948,40 \text{ KWh} \times \text{Q. } 1,80 = \text{Q. } 5\,307,12$$

$$\text{Costo anual actual: } (\text{Q. } 5\,307,12/\text{mes}) \times (12 \text{ meses/año}) = \text{Q. } 63\,685,44$$

$$\text{Costo mensual con la propuesta: } (638,40 \text{ KWh-mes} \times \text{Q. } 1,80) = \text{Q. } 1\,149,12$$

$$\text{Beneficio económico mensual: } (\text{Q. } 5\,307,12 - \text{Q. } 1\,149,12) = \text{Q. } 4\,158,00$$

Beneficio económico por ahorro de potencia en hora pico:

$$(4,09 \text{ KW} - 1,52 \text{ KW}) \times (\text{Q. } 68,00) = \text{Q. } 175,10$$

$$\text{Beneficio económico mensual total: } (\text{Q. } 4\,158,00 + \text{Q. } 175,10) = \text{Q. } 4\,333,10$$

$$\text{Beneficio económico anual: } (\text{Q. } 4\,333,10 \times 12 \text{ meses}) = \text{Q. } 51\,997,20$$

$$\text{PRI} = (\text{inversión/ahorro mensual}) = (\text{Q. } 22\,760,25 / \text{Q. } 4\,333,10) = 6 \text{ meses}$$

$$\text{Emisión de CO}_2 \text{ actual: } (2\,948,40 \text{ KWh/mes} \times 0,001070 \text{ ton CO}_2/\text{KWh}) =$$

$$3,15 \text{ ton CO}_2/\text{mes}$$

Emisión de CO₂ con propuesta: (638,40 KWh/mes x 0,001070 ton CO₂/KWh) =
0,68 ton CO₂/mes

Beneficio ambiental mensual: (3,15 ton CO₂/mes – 0,68 ton CO₂/mes) =
2,47 ton CO₂/mes

Beneficio ambiental anual: (2,47 ton CO₂/mes) x (12 meses/año) =
29,64 ton CO₂/año

Se dejarán de emitir al ambiente 2,47 ton CO₂/mes (29,64 ton CO₂/año), lo que representa un importante logro ambiental.

- Cuadro resumen

En la tabla LII se presenta un cuadro resumen en el que se listan los resultados que se obtendrán si se llega a implementar la eficiencia energética en iluminación en Olmecca, S.A.

Tabla LII. Cuadro resumen

No. De propuesta	KWh/mes ahorrados	Beneficio económico mensual en Quetzales.	Potencia en KW ahorrada en hora pico	Beneficio económico mensual por ahorro de potencia en Q.	Beneficio ambiental mensual en ton/CO ₂	Periodo de retorno de la inversión
1	864	1 555,20	2,40	163,40	0,93	2 meses
2	575,3	1 035,60	1,596	108,59	0,62	2 meses
3	1 159,00	2 086,00	1,38	93,84	1,24	2 meses
4	3 153,00	5 675,00	8,75	595,34	3,38	2 meses
5	1 419,00	2 554,00	0	0	1,51	4 meses
6	526,00	946,80	1,35	91,80	0,56	4 meses
7	2 310,00	4 158,00	2,575	175,10	2,47	6 meses
Total	10 046,3	18 010,60	18,05	1 228,07	10,71	

Fuente: elaboración propia.

4. FASE DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE: CAPACITACIÓN A LOS COLABORADORES DE OLMECA, S.A. EN PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

4.1. Planificación

Para que las capacitaciones sean impartidas de la mejor manera y sin interrumpir las actividades productivas de la empresa, éstas se deben planificar.

La capacitación al personal que trabaja en el área de producción y en el área administrativa, se debe de llevar a cabo en períodos en los que se para la producción debido al mantenimiento general de la maquinaria que interviene en la misma. Al personal de mantenimiento se le puede capacitar en épocas de poco requerimiento de mantenimiento, por lo general semanas después de haber realizado un mantenimiento general.

La capacitación consistirá en realizar una presentación con su respectiva evaluación, en un tiempo aproximado de 2 horas a grupos de 20 personas, en donde se abordarán temas como: formas de generación de energía eléctrica, derivados de la combustión de combustibles fósiles, consecuencias ambientales del consumo y desperdicio de la electricidad, acciones para ahorrar energía eléctrica, nuevas tecnologías para lograr la eficiencia energética, responsabilidad ambiental empresarial, entre otros.

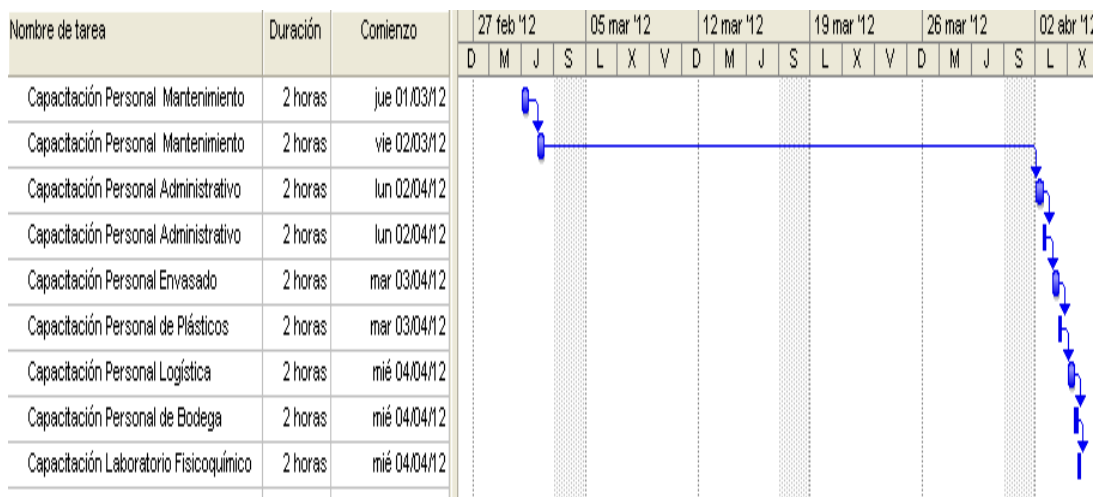
También se elaborarán rótulos con mensajes escritos y gráficos que se colocarán en varios departamentos de Olmeca, en espacios cercanos al interruptor, con la finalidad de lograr que la persona que encienda la luz, lea el

mensaje, lo capte y procure el apagar la luz cuando termine de utilizarla, lográndose así reducir el desperdicio de electricidad.

4.2. Programación

La programación de las capacitaciones a impartirse al personal de los departamentos de Olmeca, S.A. se presenta en la figura 42.

Figura 42. Programación de capacitaciones



Fuente: elaboración propia.

4.3. Metodología

La metodología a emplearse para capacitar a los colaboradores de Olmeca, S.A. consiste de exposiciones interactivas y personalizadas, en las que se abordará el tema de producción más limpia, haciendo énfasis en la eficiencia energética. Parte de la metodología también es la colocación de rótulos ilustrativos en varios departamentos, con mensajes alusivos al tema.

La finalidad de la exposición y de los rótulos es la de concientizar al personal de Olmeca acerca de la importancia que tiene el procurar el ahorro de energía eléctrica y para lograrlo, se debe explicar el tema desde el punto de vista ambiental y económico, exponiendo las consecuencias del desperdicio de la electricidad y cómo esto afecta al medio ambiente y a la sociedad.

Al momento de capacitar se debe de buscar la participación de los colaboradores, así como explicar con ejemplos de la vida real, para que el tema sea mejor comprendido.

Después de realizar la exposición, se debe proceder a resolver todas las posibles dudas que puedan tener los participantes de la capacitación. Con las dudas resueltas, se procede a evaluar el alcance de la capacitación, para conocer si el personal comprendió el tema expuesto o si es necesario que el tema sea reforzado. Las imágenes que se muestran en la figura 43 son parte de la presentación de Power Point que servirá de apoyo en la capacitación.

Figura 43. **Diapositivas de presentación para capacitación**



Fuente: elaboración propia.

Los rótulos que se colocarán en varias áreas de Olmeca, S.A., como medida para concientizar al personal y se logre en conjunto el ahorro de electricidad, se presentan en la figura 44.

Figura 44. Rótulos informativos de ahorro energético

<p>Cuando termines de utilizar la luz...</p> <p>¡ Apágala !</p> <p>Ayúdanos a CUIDAR EL PLANETA...</p>  <p>TODOS COMPROMETIDOS CON UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA...</p> 	<p>Cuando termines de utilizar la luz...</p> <p>¡ Apágala !</p> <p>Ahorremos energía eléctrica y CUIDEMOS EL MEDIO AMBIENTE</p>  <p>TODOS COMPROMETIDOS CON UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA...</p> 
<p>¡ Aprovechemos la luz solar!</p> <p>Apaga la luz en horario diurno, ahorremos energía eléctrica y CUIDEMOS EL MEDIO AMBIENTE</p>  <p>TODOS COMPROMETIDOS CON UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA...</p> 	<p>Sabías qué...</p> <p>Para generar energía eléctrica se queman grandes cantidades de combustibles como: Diesel, Búnker, Carbón, etc... Y que el humo que se produce causa mucho daño a nuestro planeta...</p>  <p>Debido a esto, en Olmeca estamos buscando ahorrar energía eléctrica y para eso TE NECESITAMOS A TI. Ayúdanos a ahorrar energía eléctrica, llevando a cabo las siguientes acciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Utiliza al máximo la luz solar, abre las cortinas en horas de la mañana y apaga la luz. •Reporta al encargado de tu área de trabajo cuando veas una luz encendida que no se está utilizando. •Cuando termines de utilizar la luz en tu área de trabajo, ¡APÁGALA!  <p>TODOS COMPROMETIDOS CON UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA...</p> 


Fuente: elaboración propia.

4.4. Evaluación

En todo proceso de capacitación, la evaluación juega un rol importante, ya que es la que indicará si los objetivos de la capacitación se lograron o si es necesario el programar nuevas capacitaciones en el tema. La evaluación también sirve de pauta para determinar si la metodología que se está utilizando es la adecuada o si es necesario cambiarla, para que el tema se logre comprender mejor. La evaluación se presenta en las figuras 45 y 46.

Figura 45. Serie I, evaluación de capacitación

EVALUACIÓN



SERIE I:

Instrucciones: Subraye la respuesta que considere correcta para cada una de las interrogantes.

❖ **Es una estrategia continua integrada que se aplica a los procesos, productos y servicios, a fin de aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente:**

•Control de producción Eficiencia energética Producción más limpia

❖ **Conjunto de acciones que permite optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos o servicios finales obtenidos:**

•Política energética empresarial Producción más limpia Eficiencia energética

❖ **¿Cuáles son los dos tipos de fuentes de energía en el mundo?**

•Renovable y No renovable Natural y Artificial Contaminante y Verde

❖ **Fenómeno por el cual determinados gases retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar:**


•Calentamiento global Efecto Invernadero Contaminación

Ocurre cuando los aparatos eléctricos, aún estando apagados, siguen consumiendo energía eléctrica:

•Desperdicio de electricidad Consumo Fantasma Consumo Vampiro

Fuente: elaboración propia.

Figura 46. Serie II, evaluación de capacitación



SERIE II:

Instrucciones: Conteste de forma breve y clara las siguientes preguntas.

- Menciones por lo menos tres buenas prácticas para ahorrar energía eléctrica:
• _____
• _____
• _____
- Mencione por lo menos dos buenas prácticas del uso de la computadora:
• _____
• _____
- ¿Qué consecuencias tiene para el ambiente el consumo de energía eléctrica?

- ¿Qué beneficios se alcanzan al ahorrar energía eléctrica?

- ¿Qué opina de la iniciativa de la empresa de cuidar el medio ambiente y buscar el ahorro de energía eléctrica?

Fuente: elaboración propia.

4.5. Resultados

Los resultados de las evaluaciones sirven para interpretar si se lograron los objetivos de la capacitación. En la tabla LIII y en la figura 47 se presentan los resultados de las evaluaciones que se realizaron a los participantes de las primeras capacitaciones.

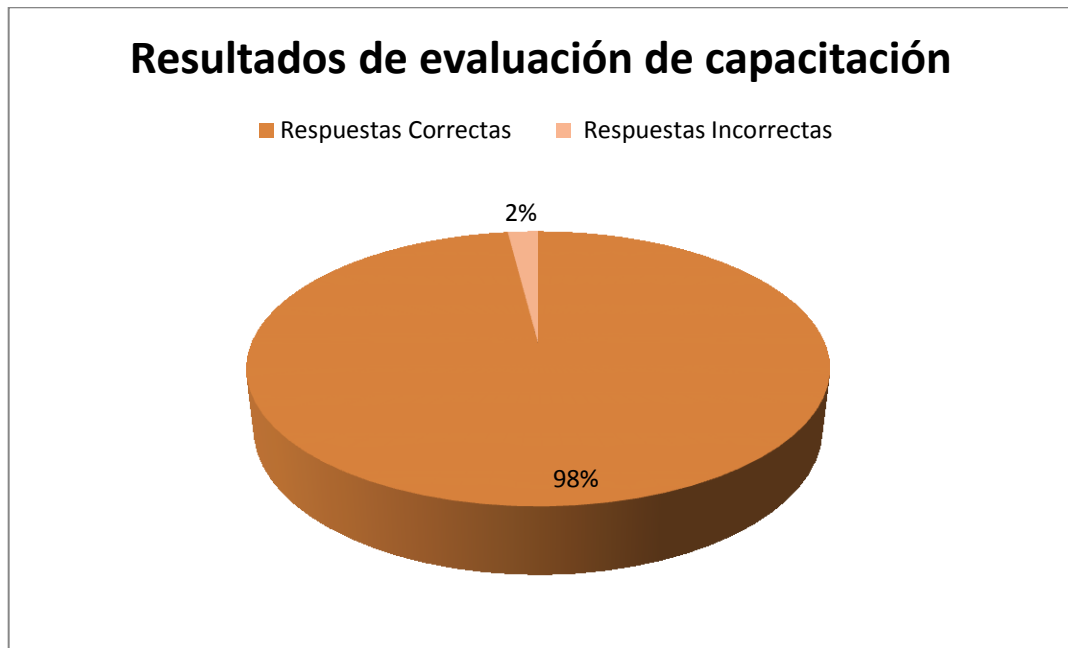
- Total de participantes capacitados: 40

Tabla LIII. **Resultados de evaluación a participantes de capacitación**

Serie I	Correctas	Incorrectas
Pregunta 1	39	1
Pregunta 2	38	2
Pregunta 3	40	0
Pregunta 4	40	0
Pregunta 5	39	1
Serie II		
Pregunta 1	38	2
Pregunta 2	39	1
Pregunta 3	39	1
Pregunta 4	40	0
Pregunta 5	40	0
Total	392	8

Fuente: elaboración propia.

Figura 47. **Gráfica de resultados de evaluación**



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se calculó por dos métodos el flujo de vapor; para ambas opciones de generación (búnker y fibra de palma). El flujo total de vapor disponible y que es el más exacto de los dos métodos de cálculo utilizados, funcionando las cinco calderas, es de: 34 379,92 Kg_{vapor}/hora.
2. Hay que adquirir 8 MVB 300, la determinación de esta cantidad de máquinas se basa en el flujo de vapor disponible y el consumo máximo de vapor de las MVB 300 que es de 3 800 Kg_{vapor}/hora cada una, 30 400 Kg_{vapor}/hora en conjunto.
3. Al operar las 8 MVB 300, se logrará generar 1 040 KW (1,04 MW) y un aproximado de 748 800 KWh/mes.
4. Si se genera energía eléctrica utilizando el búnker como combustible de las calderas, la inversión inicial asciende a Q. 15 740 000,00 y el costo mensual aproximado será de Q. 15 273 658,69. El valor presente neto es de - Q. 875 549 100,17 debido a que se generaría una pérdida mensual de - Q. 13 865 000,00 aproximadamente por el elevado costo del búnker.
5. Al generar energía eléctrica utilizando como combustible la fibra de palma, la inversión inicial asciende a Q. 20 952 000,00 y el costo mensual aproximado será de Q. 1 048 549,60. El VPN es de Q. 1 652 929,41 y la TIR es de 1,42%.

6. La generación de energía eléctrica, utilizando la fibra de palma como combustible de las calderas, es la opción más factible debido a que el VPN con una tasa de descuento mensual de 1,25% es de Q. 1 652 929,41, esto indica que el valor de la inversión en la actualidad es positivo y dice que la inversión será rentable y debe llevarse a cabo. La TIR es 1,42% mensual y es superior a la tasa exigida por Olmeca que es 1,25% mensual, esto indica que el rendimiento será mayor al esperado y que el proyecto será rentable. La combustión de fibra de palma no es dañina para el medio ambiente, por lo que al desarrollar este proyecto se lograrán importantes beneficios ambientales.

7. Hubo presentación de 7 propuestas de eficiencia energética en iluminación. El beneficio económico mensual, si se implementan las siete propuestas será de Q. 18 010,60 debido a los 10 046,30 KWh/mes que se dejarían de consumir y de Q. 1 228,07 debido a los 18,05 KW de potencia que se ahorrarían en el horario pico, ascendiendo el ahorro mensual a Q. 19 238,67, después del periodo de retorno de la inversión. El ahorro anual será de Q. 230 864,04. El beneficio ambiental mensual después de implementadas las siete propuestas asciende a 10,71 ton de CO₂ que se dejarían de emitir a la atmósfera.

8. Fueron colocados 16 rótulos cerca de los interruptores de diversas áreas de Olmeca, con mensajes alusivos al cuidado del planeta y al ahorro de energía eléctrica. También se colocaron 2 afiches informativos acerca del daño que causan al planeta los derivados de la combustión de los combustibles fósiles que se utilizan para generar energía eléctrica.

RECOMENDACIONES

1. El flujo de vapor que entregarán las calderas estará regido por la demanda de las MVB 300. Se debe dejar siempre un margen de seguridad para evitar que se presente el problema de arrastre, que ocurre cuando la cámara de vapor de la caldera se vuelve muy pequeña debido al exceso de la demanda y la caldera empieza a enviar agua caliente en vez de vapor.
2. El Departamento de Mantenimiento debe elaborar un plan de mantenimiento para las MVB 300, logrando con esto que se le dé el mantenimiento necesario en el tiempo exacto a las máquinas, evitando paros por fallas o reparaciones con costo elevado.
3. La energía eléctrica que se genere debe ser aprovechada en su totalidad, dando prioridad a la utilización de ésta, en vez de la que es contratada. Mientras más se aproveche la energía eléctrica generada por este proyecto, más disminuirá la factura eléctrica.
4. El proyecto de generar energía eléctrica con búnker se debe descartar, no es viable desde ningún punto de vista.
5. La Gerencia de Olmeca debe enfocarse en desarrollar el proyecto de generar energía eléctrica utilizando la fibra de palma como combustible, es factible de acuerdo a todos los estudios que se le practicaron

6. Antes de generar energía eléctrica utilizando la fibra de palma como combustible de las calderas, se debe hacer una auditoría de fibra de palma con los proveedores, esto para garantizar la existencia de esta en todos los meses del año, ya que la cantidad a utilizarse por hora aproximadamente será de 5640 Kg.

7. Es necesario implementar la eficiencia energética en Olmecca. Se demostró mediante cálculos, que el ahorro económico aproximado si se implementan las 7 propuestas hechas en este estudio asciende a un aproximado Q. 230 000,00 al año. En varias instalaciones que no se tomaron en cuenta en este estudio como el área de envasado, la multistock, el cuarto 1 de calderas, etc., el aprovechamiento de la luz solar es nulo y las tecnologías de iluminación que están instaladas son poco eficientes. El ahorro es potencial si se implementa la eficiencia energética en toda la planta.

8. Sería oportuno el instalar los rótulos y afiches de eficiencia energética en todas las áreas de Olmecca, así se logrará obtener el compromiso de los colaboradores, para evitar el desperdicio de energía eléctrica.

BIBLIOGRAFÍA

1. AVALLONE, Eugene. *Manual del ingeniero mecánico*. 9a ed. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2010. 460 p.
2. BLANK, Leland. *Ingeniería económica*. 6a ed. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2006. 536 p.
3. BLOCH, Heinz. *Turbinas a vapor*. 2a ed. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2009. 210 p.
4. ÇENGEL, Yunus. *Termodinámica*. 6a ed. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2009. 930 p.
5. GUERRERO, Alba. *Formulación y evaluación de proyectos*. Guatemala: USAC, 2004. 160 p.
6. MONROY, Néstor. *Producción más Limpia: Paradigma de gestión ambiental*. España: Alfa Omega, 2008. 115 p.
7. NIEBEL, Benjamín. *Ingeniería industrial*. 4a ed. México: Alfa Omega, 2007. 410 p.
8. RIGOLA, Miquel. *Producción más limpia*. España: Rubes, 2009. 155 p.
9. SAPAG CHAIN, Nasir. *Preparación y evaluación de proyectos*. 4a ed. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2007. 340 p.

10. SOSA PULIDO, Demetrio. *Guía de proyectos de inversión con enfoque académico*. México: Limusa, 2010. 195 p.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla A-4

910 I Tablas de propiedades, Figuras y diagramas (unidades SI)

TABLA A-4

Agua saturada. Table de temperatures

Temp., T °C	Pres. sat., P _{sat} kPa	Volumen específico, m ³ /kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg · K		
		Liq. sat., v _f	Vapor sat., v _g	Liq. sat., u _f	Evap., u _{fg}	Vapor sat., u _g	Liq. sat., h _f	Evap., h _{fg}	Vapor sat., h _g	Liq. sat., s _f	Evap., s _{fg}	Vapor sat., s _g
0.01	0.6117	0.001000	205.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2398.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.900	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2958	8.3656	8.6661
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2489	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4388	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001005	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001006	19.315	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.026	209.39	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7088	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7780	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.997	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6656	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.858	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2838	7.4782
95	84.809	0.001040	1.9608	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.5720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.90	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.36	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	168.18	0.001056	1.0860	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	195.27	0.001060	0.99133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.65808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.22	0.001075	0.56179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50650	588.77	1960.9	2549.6	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9958	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34648	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30590	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7148	6.7057
170	792.16	0.001114	0.24250	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6630
175	892.50	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6212
180	1002.8	0.001127	0.19364	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5811
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5417
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5039
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.25	1939.6	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302

Fuente: CENGEL, Yunus. Termodinámica, tabla A-4. p. 910.

Anexo 2. Tabla A-5

TABLA A-5

Agua saturada. Tabla de presiones (continuación)

Pres., P kPa	Temp. sat., T_{sat} °C	Volumen específico, m ³ /kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, kJ/kg · K		
		Liq. sat., v_f	Vapor sat., v_g	Liq. sat., u_f	Evap., u_{fg}	Vapor sat., u_g	Liq. sat., h_f	Evap., h_{fg}	Vapor sat., h_g	Liq. sat., s_f	Evap., s_{fg}	Vapor sat., s_g
800	170.41	0.001115	0.24035	719.97	1856.1	2576.0	720.87	2047.5	2768.3	2.0457	4.6160	6.6616
850	172.94	0.001118	0.22690	731.00	1846.9	2577.9	731.95	2038.8	2770.8	2.0706	4.5705	6.6409
900	175.35	0.001121	0.21489	741.55	1838.1	2579.6	742.56	2030.5	2773.0	2.0941	4.5273	6.6213
950	177.66	0.001124	0.20411	751.67	1829.6	2581.3	752.74	2022.4	2775.2	2.1166	4.4862	6.6027
1000	179.88	0.001127	0.19436	761.39	1821.4	2582.8	762.51	2014.6	2777.1	2.1381	4.4470	6.5850
1100	184.06	0.001133	0.17745	779.78	1805.7	2585.5	781.03	1999.6	2780.7	2.1785	4.3735	6.5520
1200	187.96	0.001138	0.16326	796.96	1790.9	2587.8	798.33	1985.4	2783.8	2.2159	4.3058	6.5217
1300	191.60	0.001144	0.15119	813.10	1776.8	2589.9	814.59	1971.9	2786.5	2.2508	4.2428	6.4936
1400	195.04	0.001149	0.14078	828.35	1763.4	2591.8	829.96	1958.9	2788.9	2.2835	4.1840	6.4675
1500	198.29	0.001154	0.13171	842.82	1750.6	2593.4	844.55	1946.4	2791.0	2.3143	4.1287	6.4430
1750	205.72	0.001166	0.11344	876.12	1720.6	2596.7	878.16	1917.1	2795.2	2.3844	4.0083	6.3877
2000	212.38	0.001177	0.099587	906.12	1693.0	2599.1	908.47	1889.8	2798.3	2.4467	3.8923	6.3390
2250	218.41	0.001187	0.088717	933.54	1667.3	2600.9	936.21	1864.3	2800.5	2.5029	3.7925	6.2954
2500	223.96	0.001197	0.079952	958.87	1643.2	2602.1	961.87	1840.1	2801.9	2.5542	3.7016	6.2558
3000	233.85	0.001217	0.066667	1004.6	1598.5	2603.2	1008.3	1794.9	2803.2	2.6454	3.5402	6.1856
3500	242.56	0.001235	0.057061	1045.4	1567.6	2603.0	1049.7	1758.0	2802.7	2.7253	3.3991	6.1244
4000	250.35	0.001252	0.049779	1082.4	1519.3	2601.7	1087.4	1713.5	2800.8	2.7956	3.2731	6.0696
5000	263.94	0.001285	0.039448	1148.1	1448.9	2597.0	1154.5	1639.7	2794.2	2.9207	3.0530	5.9737
6000	275.59	0.001319	0.032449	1206.8	1384.1	2589.9	1213.8	1570.9	2784.6	3.0275	2.8627	5.8902
7000	285.83	0.001352	0.027378	1258.0	1323.0	2581.0	1267.5	1505.2	2772.6	3.1220	2.6927	5.8148
8000	295.01	0.001384	0.023526	1306.0	1254.5	2570.5	1317.1	1441.6	2758.7	3.2077	2.5373	5.7450
9000	303.35	0.001418	0.020489	1350.9	1207.6	2558.5	1363.7	1379.3	2742.9	3.2865	2.3925	5.6791
10,000	311.00	0.001452	0.018028	1393.3	1151.8	2545.2	1407.8	1317.6	2725.5	3.3603	2.2556	5.6159
11,000	318.08	0.001488	0.015988	1433.9	1096.6	2530.4	1450.2	1256.1	2706.3	3.4299	2.1245	5.5544
12,000	324.68	0.001526	0.014264	1473.0	1041.3	2514.3	1491.3	1194.1	2685.4	3.4964	1.9975	5.4939
13,000	330.85	0.001566	0.012781	1511.0	985.5	2496.6	1531.4	1131.3	2662.7	3.5605	1.8730	5.4336
14,000	336.57	0.001610	0.011487	1548.4	928.7	2477.1	1571.0	1067.0	2637.9	3.6232	1.7497	5.3728
15,000	342.16	0.001657	0.010341	1585.5	870.3	2455.7	1610.3	1000.5	2610.8	3.6848	1.6261	5.3108
16,000	347.35	0.001710	0.009312	1622.6	809.4	2432.0	1649.9	931.1	2581.0	3.7461	1.5005	5.2466
17,000	352.29	0.001770	0.008374	1659.2	745.1	2405.4	1690.3	857.4	2547.7	3.8082	1.3709	5.1791
18,000	356.99	0.001840	0.007504	1699.1	675.9	2375.0	1732.2	777.8	2510.0	3.8720	1.2343	5.1064
19,000	361.47	0.001926	0.006677	1740.3	598.9	2339.2	1776.8	699.2	2466.0	3.9396	1.0850	5.0256
20,000	365.75	0.002038	0.005862	1785.8	509.0	2294.8	1826.6	615.5	2412.1	4.0146	0.9164	4.9310
21,000	369.83	0.002207	0.004994	1841.6	391.9	2233.5	1888.0	450.4	2338.4	4.1071	0.7005	4.8076
22,000	373.71	0.002703	0.003644	1951.7	140.8	2092.4	2011.1	161.5	2172.5	4.2942	0.2495	4.5439
22,054	373.95	0.003106	0.003106	2015.7	0	2015.7	2084.3	0	2084.3	4.4070	0	4.4070

Fuente: CENGEL, Yunus. Termodinámica, tabla A-5. p. 912.