



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

**EFICIENCIA ECONÓMICA Y DE IMPACTO AMBIENTAL DE LOS COMBUSTIBLES
UTILIZADOS EN UN INGENIO AZUCARERO PARA LA PRODUCCIÓN DE
ENERGIA ELÉCTRICA**

Fabiola Cristina Rosales Morales

Asesorado por el Ing. Pablo Augusto Godínez Orozco

Guatemala, marzo de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EFICIENCIA ECONÓMICA Y DE IMPACTO AMBIENTAL DE LOS COMBUSTIBLES
UTILIZADOS EN UN INGENIO AZUCARERO PARA LA PRODUCCIÓN DE
ENERGIA ELÉCTRICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

FABIOLA CRISTINA ROSALES MORALES
ASESORADO POR EL ING. PABLO AUGUSTO GODÍNEZ OROZCO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, MARZO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Walter Aníbal García Pérez
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADOR	ing. Adolfo Rodolfo Herrera Herrera
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

EFICIENCIA ECONÓMICA Y DE IMPACTO AMBIENTAL DE LOS COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN UN INGENIO AZUCARERO PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGIA ELÉCTRICA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 15 de junio de 2016.


Fabiola Cristina Rosales Morales

Guatemala, 20 de julio del 2017

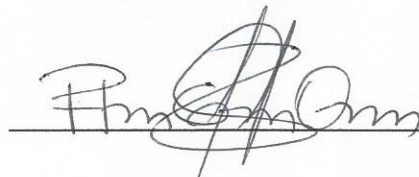
Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
Director de Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he tenido a bien el trabajo de tesis **EFICIENCIA ECONÓMICA Y DE IMPACTO AMBIENTAL DE LOS COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN UN INGENÍO AZUCARERO PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA** de la estudiante universitaria **FABIOLA CRISTINA ROSALES MORALES** quien se identifica con carne número 201021066 , previa a optar el título de Ingeniera Industrial.

Al respecto quiero indicarle que luego de efectuadas las revisiones y correcciones del caso, encuentro satisfactorio el trabajo, por lo que procedo a aprobarlo y remitirlo a usted para su trámite correspondiente.

Sin otro Particular, me despido de usted.



Ing. Pablo Augusto Godínez Orozco

Colegiado No.10478

Asesor

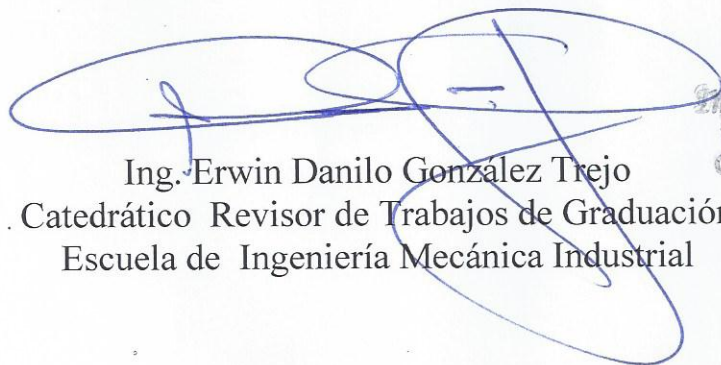
Pablo A. Godínez ©
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 10,478



REF.REV.EMI.152.017

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **EFICIENCIA ECONOMICA Y DE IMPACTO AMBIENTAL DE LOS COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN UN INGENIO AZUCARERO PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGIA ELÉCTRICA**, presentado por la estudiante universitaria **Fabiola Cristina Rosales Morales**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO 6182

Guatemala, octubre de 2017.

/mgp



REF.DIR.EMI.038.018

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 **EFICIENCIA ECONÓMICA Y DE IMPACTO AMBIENTAL DE LOS COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN UN INGENIO AZUCARERO PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGIA ELÉCTRICA**, presentado por la estudiante universitaria **Fabiola Cristina Rosales Morales**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2018.

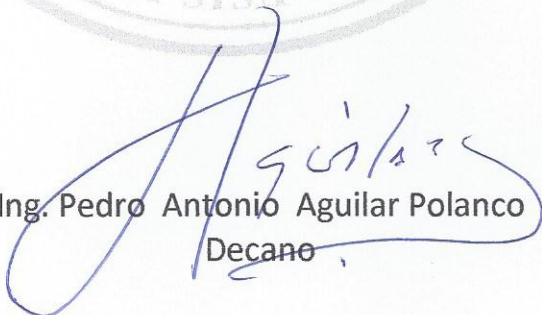
/mgp



DTG. 098.2018

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: **EFICIENCIA ECONÓMICA Y DE IMPACTO AMBIENTAL DE LOS COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN UN INGENIO AZUCARERO PARA LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA**, presentado por la estudiante universitaria: **Fabiola Cristina Rosales Morales**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, marzo de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser mi pilar, el que me ha dado la capacidad, valentía y fortaleza para que este sueño se hiciera realidad.

Mis padres

Julio Rosales y Gilma Morales, por ser los principales promotores de mis sueños; por cada día confiar y creer en mí; gracias por darme un ejemplo de vida tan grande como lo son ustedes; por todo su amor, dedicación y apoyo incondicional.

Mis hermanos

Julio José y José Alberto, gracias por su cariño, apoyo constante, por darme fuerza y por estar en los momentos más importantes de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por darme la oportunidad de escalar un peldaño más en el campo del conocimiento y formarme como profesional.

Facultad de Ingeniería

Por haberme provisto de excelentes catedráticos, quienes me brindaron su apoyo y la oportunidad de integrar los conocimientos suficientes para ser llamada ingeniera.

Mis amigos

Gracias por su valiosa amistad, compañerismo y por recorrer este camino conmigo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Empresa	1
1.2. Historia	2
1.2.1. Ubicación	4
1.2.2. Misión	5
1.2.3. Visión.....	5
1.3. Eficiencia económica.....	6
1.3.1. Definición.....	6
1.3.2. Características de los precios del azúcar en el mercado.....	7
1.3.3. Eficiencia energética.....	8
1.4. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, MARN	10
1.5. Diseño de planta.....	10
1.5.1. Áreas de la planta de la Comercializadora de Energía San Diego, S. A.....	12
1.5.2. Distribución de puestos	13
1.5.3. Materia prima.....	15
1.5.4. Generación de vapor y energía eléctrica	17

1.5.5.	Descripción del proceso	18
1.6.	Energía eléctrica	19
1.7.	Seguridad industrial.....	21
1.7.1.	Vías de acceso.....	24
1.7.2.	Prevención de riesgos laborales	26
2.	SITUACIÓN ACTUAL	29
2.1.	Descripción general de los sistemas.....	29
2.2.	Caldera de vapor.....	30
2.2.1.	Sistema de carbón combustible	31
2.2.2.	Sistema de bagazo combustible.....	32
2.2.3.	Sistema de cenizas	32
2.2.4.	Caldera de vapor.....	34
2.2.5.	Sistema de agua de alimentación	35
2.3.	Turbogeneradores.....	36
2.3.1.	Turbina de vapor	37
2.3.2.	Generador eléctrico.....	38
2.3.3.	Drenes de vapor.....	39
2.3.4.	Sistema de extracción de vapor	40
2.3.5.	Sistema de vacío del condensador	40
2.4.	Sistema de condensado.....	41
2.5.	Sistema de muestreo y análisis.....	42
2.6.	Sistema de dosificación de productos químicos del ciclo.....	43
2.7.	Sistema de distribución eléctrica.....	44
2.8.	Sistema de agua desmineralizada	45
2.9.	Sistema de agua de circulación	46
2.9.1.	Sistema de dosificación de productos químicos de la torre de enfriamiento.....	47
2.9.2.	Sistema de circuito de agua de enfriamiento.....	47

2.10.	Sistema de aire comprimido	48
2.11.	Sistema de agua cruda.....	49
2.12.	Sistema de agua de servicios.....	50
3.	PROPUESTA PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA ECONÓMICA Y DE IMPACTO AMBIENTAL	51
3.1.	Combustibles.....	51
3.2.	Carbón.....	51
3.2.1.	Poder calorífico.....	53
3.2.2.	Composición química	61
3.2.3.	Composición física.....	61
3.2.4.	Caracterización del carbón	61
3.3.	Biomasa.....	61
3.3.1.	Poder calorífico.....	62
3.3.2.	Composición química	62
3.3.3.	Composición física.....	63
3.3.4.	Caracterización de la biomasa.....	63
3.3.5.	Procedencia.....	63
3.4.	Manejo de cenizas.....	65
3.4.1.	Disposición de ceniza y manejo de lixiviados	66
3.4.2.	Diagrama de almacenamiento	66
3.4.3.	Parámetros de diseño.....	70
3.4.4.	Perfil hidráulico, secciones y detalles	73
3.4.5.	Flujo de ceniza y oferta.....	74
3.4.6.	Plano de conjunto de fase	74
3.5.	Oferta.....	76
3.5.1.	Requerimientos adiciones para el ingenio	76
3.5.2.	Condiciones de la oferta	77
3.5.3.	Trabajos / reglones a tomar en cuenta	77

4.	IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	79
4.1.	Plan de acción.....	79
4.2.	Planta de tratamiento de ceniza.....	79
4.2.1.	Diseño de la planta.....	79
4.2.2.	Cotización de construcción.....	83
4.2.2.1.	Laguna de ceniza.....	84
4.2.2.2.	Laguna de lixiviados.....	85
4.3.	Diagrama de almacenamiento.....	85
4.3.1.	Parámetros.....	85
4.3.2.	Capacidad diseñada.....	86
4.3.3.	Márgenes de capacidad utilizables.....	86
4.4.	Logística en el proceso.....	86
4.4.1.	Capacitación del personal.....	87
4.5.	Condiciones de trabajo.....	88
4.5.1.	Ergonomía.....	88
4.6.	Análisis financiero.....	88
4.6.1.	Costos.....	88
4.6.2.	Cotizaciones.....	89
4.6.3.	Presupuestos.....	89
4.6.4.	Índices financieros.....	91
5.	IMPACTO AMBIENTAL.....	95
5.1.	Planificación en el manejo de ceniza.....	95
5.1.1.	Diseños.....	95
5.1.2.	Licencias.....	95
5.1.3.	Ampliaciones a estudios de impacto ambiental.....	95
5.1.4.	Estudio de suelos.....	100
5.2.	Agua desmineralizada.....	103
5.3.	Sistema de osmosis inversa.....	104

5.3.1.	Función.....	104
5.3.2.	Descripción.....	105
5.3.3.	Controles y operación.....	105
5.4.	Módulo clean in place de la RO.....	106
5.4.1.	Función.....	106
5.4.2.	Descripción.....	106
5.4.3.	Controles y operación.....	107
5.5.	Sistema desmineralizador, electrodecionizador lompure.....	107
5.5.1.	Función.....	108
5.5.2.	Descripción.....	108
5.5.3.	Controles y operación.....	108
5.6.	Control de gases.....	109
5.7.	Economizador de la caldera.....	111
6.	MEJORA CONTINUA.....	113
6.1.	Evaluación de resultados.....	113
6.1.1.	Índices de medición.....	113
6.2.	Estadísticas.....	114
6.2.1.	Mensuales.....	114
6.2.2.	Semestrales.....	115
6.3.	Auditorías.....	115
6.3.1.	Estado de pérdidas y ganancias.....	115
6.4.	Auditoría administrativa.....	116
6.5.	Costo/beneficio.....	118
6.5.1.	Punto de equilibrio.....	118
6.5.2.	Utilidades.....	119
6.6.	Retorno de la inversión.....	120

CONCLUSIONES..... 121
RECOMENDACIONES 123
BIBLIOGRAFÍA..... 125
ANEXOS..... 127

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de la empresa.....	4
2.	Vista aérea de la planta.....	13
3.	Vías de ingreso al ingenio	24
4.	Vista aérea del ingenio.....	25
5.	Caldera de vapor.....	31
6.	Almacenamiento de carbón.....	32
7.	Sistema de cenizas	33
8.	Vista aérea del área de la planta.....	34
9.	Sistema de agua	36
10.	Turbina de vapor	38
11.	Generador eléctrico.....	39
12.	Bombas de vacío	41
13.	Sistema de condensado.....	42
14.	Diagrama de flujo, esquema de cogeneración típico de la industria azucarera	54
15.	Esquema de cogeneración proyectado a rata estándar	56
16.	Generación específica de vapor en función de la temperatura, presión y eficiencia de operación	57
17.	Influencia de la presión y temperatura de generación de vapor en la disponibilidad de combustible @ 230 TCH.....	58
18.	Influencia del consumo de vapor de proceso en la generación de energía eléctrica en sistemas de generación de vapor para cogenerar con turbinas a contrapresión	59

19.	Energía destruida en los equipos de cogeneración para los esquemas actual y proyectado	64
20.	Diagrama de almacenamiento	69
21.	Fases de almacenamiento	70
22.	Perfil hidráulico, secciones y detalles	73
23.	Flujo de flujo de ceniza oferta	74
24.	Fase uno	75
25.	Plano del terreno.....	81
26.	Diseño del tanque reactor.....	82
27.	Diseño del tanque coagulante-floculante y lechada (TCF Y TL).....	82
28.	Tanque de sedimentación.....	83
29.	Área de manejo de ceniza	85
30.	Modelo de aviso público	97
31.	Proceso de osmosis.....	105
32.	Control de caldera.....	111
33.	Retorno de la inversión	120

TABLAS

I.	Elementos que componen la azúcar.....	16
II.	Composición química del bagazo	16
III.	Poder calorífico del carbón y otros combustibles sólidos.....	53
IV.	Datos significativos d el sistema de cogeneración actual	55
V.	Variación de energía con el cambio de presión a temperatura constante	58
VI.	Datos significativos sistema de cogeneración proyectado sin excedente de bagazo a estándar.....	59
VII.	Evaluación del consumo de vapor para el aumento de generación eléctrica en sistemas	60

VIII.	Composición química del bagazo	63
IX.	Aprobación del proceso de almacenamiento	67
X.	Oferta de servicio	76
XI.	Cotización	84
XII.	Plan de capacitación	87
XIII.	Cotización	89
XIV.	Balance general	90
XV.	Estado de pérdidas y ganancias	91
XVI.	Razón de deuda	92
XVII.	Razón de actividad.....	92
XVIII.	Razón de liquidez.....	93
XIX.	Sistema DuPont	93
XX.	Datos del ensayo para determinar el coeficiente de permeabilidad con el método de cabeza constante.....	102
XXI.	Tasa de rendimiento mínima aceptada por los inversionistas	113
XXII.	Accidentes por factor ambiental	115
XXIII.	Estado de pérdidas y ganancias	116
XXIV.	Análisis del costo beneficio	118
XXV.	Punto de equilibrio.....	119
XXVI.	Utilidades	119
XXVII.	Retorno de la inversión	120

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
ΔV	Cambio en el volumen de la muestra
ΔH	Cambio en la altura de la muestra
k	Coefficiente de permeabilidad
σ	Esfuerzo normal
σ	Esfuerzo principal menor
i	Gradiente hidráulico
m	Metro
%	Porcentaje
Q	Quetzales
ΔT	Variación en la temperatura
v	Velocidad
VW	Volumen de agua
VS	Volumen de los sólidos
VV	Volumen de los vacíos de la muestra de suelo
V_o	Volumen inicial de la muestra
V_m	Volumen total de la muestra de suelo

GLOSARIO

Carga axial	Fuerza aplicada a un elemento exactamente en coincidencia con su centroide o eje principal.
Ceniza	Procedente del bagazo de caña, puede obtenerse como residuo de la combustión en los quemadores de los generadores de vapor.
Compresibilidad	Propiedad que presentan los cuerpos de disminuir su volumen cuando se aumenta la presión ejercida sobre ellos, manteniendo constantes otros parámetros.
Compresión confinada	Prueba de compresión en donde la muestra de suelo no puede deformarse lateralmente.
Chimenea	Conducto empleado para la expulsión de la combustión del bagazo en el hogar de las calderas bagaceras.
Decantadores	Es un método físico de separación de mezclas heterogéneas; en el ingenio, es la separación de agua y desechos de ceniza.

Estabilidad	Capacidad del asfalto para resistir desplazamientos y deformación bajo las cargas del tránsito.
Expansión	Proceso en que la masa de suelo tiende a aumentar su volumen manteniendo su forma. Todo sucede como si estuviera cambiando la escala del espacio tridimensional.
Fluido	Sustancia que se deforma continuamente cuando se somete a un esfuerzo cortante.
Gradiente hidráulico	Razón entre la variación del valor de la altura piezométrica entre dos puntos de una masa de suelo y la distancia que los separa.
Potencia	Capacidad que tiene un cuerpo de efectuar un trabajo en un tiempo determinado.
Presión hidrostática	Es la parte de la presión debida a la masa de un líquido externo en reposo.
Presión intersticial	Presión producida por el fluido existente en el esqueleto del suelo.
Purga	Limpiar, evacuar sólidos no deseados, en suspensión o sedimentados, de una caldera.

Sedimentación	Proceso por el cual el suelo, transportado por una corriente de agua, se deposita en el fondo del río, embalse, canal artificial o dispositivo construido especialmente para ese fin.
Suelo isótropo	Suelo que presenta las mismas propiedades físicas en todas las direcciones a partir del punto de análisis.
Suelo homogéneo	Suelo en el que sus propiedades no varían de un punto a otro.
Suelo saturado	Suelo que se caracteriza por tener todos sus vacíos ocupados por agua.
Tensión superficial	Fuerza atractiva ejercida en la superficie de separación entre materiales en diferentes estados físicos (sólido/líquido, líquido/gas).

RESUMEN

Debido a la gran competencia del mercado de energía eléctrica, la empresa en estudio tiene la necesidad de implementar un proyecto de eficiencia financiera y de impacto ambiental en la comercializadora de energía de un ingenio que aproveche al máximo sus recursos orgánicos renovables para aumentar la productividad, reducir costos y generar utilidad; así mismo, se dará a conocer cuál es el combustible más eficiente.

Actualmente, los combustibles, después de ser utilizados, dejan residuos que contaminan el ambiente; por lo tanto, se implementará una mejora en el manejo de cenizas para prevenir la contaminación del suelo y cumplir con la reglamentación del MARN con base en el tratamiento de aguas residuales.

El presente trabajo de graduación se enfoca principalmente en una eficiencia económica para la cual se recibirán desechos de producción de azúcar desde el ingenio. La planta de generación de energía se encuentra cerca del área de generación de vapor que, por consiguiente, es utilizado para mover las turbinas que producen energía.

OBJETIVOS

General

Determinar la eficiencia económica y de impacto ambiental, de los combustibles utilizados en un ingenio azucarero para la producción de energía eléctrica.

Específicos

1. Exponer la situación actual del departamento de operaciones para la generación de energía eléctrica utilizando combustibles fósiles.
2. Identificar las medidas ambientales para el tratamiento de las aguas residuales en el área de producción.
3. Determinar el combustible que produce la relación de máximo beneficio económico y mínimo impacto ambiental.
4. Analizar e implementar una propuesta para el manejo de cenizas de los combustibles.
5. Mejorar las utilidades de la empresa y disminuir los costos para obtener una eficiencia económica.
6. Validar el rendimiento y los resultados después de implementar la propuesta.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo de graduación es analizar el consumo de energía de la industria azucarera y las posibles alternativas para mejorar la eficiencia económica e impacto al medio ambiente. El trabajo se divide en seis capítulos. En el primero se estudia el contexto histórico, económico y estructural del Comercializadora de Energía San Diego, S. A. En este capítulo se presenta una reseña histórica de la industria azucarera, su importancia económica, organización empresarial y el marco normativo en el que se desenvuelve que da contexto a la tendencia histórica del consumo de energía y las circunstancias para avanzar en un uso más eficiente.

En el capítulo dos se presenta una revisión del proceso de producción del azúcar, desde las labores agrícolas hasta el proceso de refinación. Asimismo, orienta a las áreas de oportunidad de uso más eficiente de la energía, principalmente, en la cogeneración.

En el capítulo tres se presenta la propuesta para la determinación de la eficiencia económica y mejora de impacto ambiental; se analiza el consumo de energía e intensidades energéticas del sector azucarero, entendidas como energía por unidad física de producción y el manejo de cenizas para su disposición final y tratamiento.

En el capítulo cuatro se describe la fase de implementación de la propuesta a través del diseño del proceso de almacenamiento de cenizas, parámetros técnicos y seguridad para prevenir la contaminación cruzada; así como, el análisis financiero de la infraestructura y el recurso humano a utilizar.

En el capítulo cinco se presentan los lineamientos para el manejo ambiental en la producción de energía eléctrica; se analizan las alternativas para un uso más eficiente de la energía en la industria de transformación del azúcar que incluye el secado, la cogeneración y la producción de etanol. Finalmente, se hace una estimación de los costos. Las propuestas presentadas se enfocan en la fase industrial del proceso; sin embargo, es preciso mencionar que el estudio de la fase agrícola también es muy importante en el consumo de energía global de la actividad agroindustrial azucarera ya que el rendimiento del campo por hectárea cultivada, la cantidad de azúcar recuperable en la caña (KARBE), la tecnología utilizada para la cosecha de la caña, el tipo de riego utilizado en los campos y la tecnología empleada para transportar la caña de los campos hasta los ingenios, entre otros factores, afectan la demanda de energía del proceso.

En el capítulo seis se describe el proceso de mejora continua a través de la evaluación de resultados, estadísticas de producción, auditorías y análisis del retorno de la inversión.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Empresa

Comercializadora de Energía San Diego, S. A. es una empresa dedicada a la captación de energía y potencia eléctrica en el sector de generación y comercialización a nivel local y regional. Ofrece a los clientes el mejor precio del mercado, con una innovadora tarifa: la tarifa todo incluido. CESD respalda al Ingenio y Generadora Hidropower a la comercializadora SDMM.

Son parte de la corporación; esta empresa es líder en la producción y comercialización de subproductos de la caña de azúcar en el mercado nacional e internacional; así como, la generación y comercialización de energía a nivel local y regional.

En Guatemala la Comercializadora de Energía San Diego, S. A. distribuye un aproximado de 20 MWh durante el período de zafra eléctrica y 2 MWh durante el invierno, a través biomasa y energía hidráulica que son entregados a diferentes industrias; el trabajo constante y la demanda de energía a nivel regional ha permitido la expansión del grupo empresarial.

Contribuye al desarrollo económico del país, crea fuentes de trabajo e innova en la forma como se compra y se vende la energía eléctrica.

1.2. Historia

La historia de la Comercializadora de Energía San Diego, S. A. se remonta a 1887 cuando los empresarios Otto Bleuler y Sophus Koch compran la finca San Diego e inician la producción artesanal de azúcar en pilón y a partir de 1901, la de azúcar centrifugada.

En 1943, la familia Vila Betoret adquirió esta finca; en esa época se producían 7 500 quintales de azúcar anualmente.

A partir de 1958, la administración de la Comercializadora de Energía San Diego, S. A., la asume don Fraternal Vila Betoret quien incansablemente ha impulsado el crecimiento de la organización. El primer reto que se fijó fue la construcción de un nuevo ingenio, más grande y moderno, meta alcanzada en 1965. Ese año, el nuevo ingenio inició operaciones con una molienda de 800 toneladas diarias de caña que produjeron 1 500 quintales diarios de azúcar. En la zafra 1965-66 se produjeron 70 936 quintales y un año después, en la temporada 1966-67, 126 871 quintales de azúcar.

En 1974, se incorporó a la administración de la Comercializadora de Energía San Diego, S. A., una nueva generación de directores quienes impulsaron con entusiasmo nuevos proyectos. Uno de los más importantes fue la adquisición de la Comercializadora de Energía Trinidad, en 1987, con el objetivo de aumentar el área de producción de azúcar de caña. En la primera zafra de la Comercializadora de Energía Trinidad, del año 1988-89, se produjeron 22 086 quintales de azúcar.

Gracias al trabajo honesto y responsable, a la dedicación diaria, al cuidado de los recursos, a la estrecha unidad familiar y al empeño de sus

colaboradores, se han alcanzado importantes metas en pocos años. A la fecha, ambos ingenios conforman la Comercializadora de Energía San Diego, S. A. y producen durante la zafra anual más de 2,5 millones de quintales de azúcar.

En el año 2003, se inició el trabajo de implementación de la norma ISO 9001, la serie de normas ISO 9001 son un conjunto de enunciados, los cuales especifican que elementos deben integrar el sistema de gestión de la calidad de una organización y cómo deben funcionar en conjunto estos elementos para asegurar la calidad de los bienes y servicios que produce la organización. Las normas ISO 9000 son generadas por la International Organization for Standardization, cuya sigla es ISO. Esta organización internacional está formada por los organismos de normalización de casi todos los países del mundo.

En 2005 se obtuvo la certificación con el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), organismo que integra a las entidades certificadoras más importantes, con más de 150 subsidiarias alrededor del mundo y con cuarenta acreditaciones.

En 2010, ambos ingenios conformaban la Comercializadora de Energía San Diego, S. A. y producían durante la zafra anual más de 2,5 millones de quintales de azúcar.

Ese mismo año, cierra la Comercializadora de Energía San Diego, S. A. de acuerdo a la estrategia corporativa; se centralizaron las operaciones en la Comercializadora de Energía Trinidad donde se realizó la implementación del sistema de calidad ISO 9001.

La principal actividad de la Comercializadora de Energía San Diego, S. A. es la producción y comercialización de azúcar de caña en el mercado nacional e internacional. También, incluye la venta de melaza; durante los últimos años, los proyectos de cogeneración de energía eléctrica ocupan un lugar prioritario dentro de los planes de expansión de la corporación.

1.2.1. Ubicación

El la Comercializadora de Energía San Diego, S. A. y parte de sus empresas, fundado en el año 1890 por una compañía. Alemana, se encuentra localizado a 8 kilómetros de la cabecera de Escuintla, a una altura de 2000 pies sobre el nivel del mar.

Dirección: Km 70,5 (antigua carretera a puerto de San José), Masagua, Escuintla

Figura 1. Ubicación de la empresa



Fuente: Google Earth.

https://www.google.com.gt/search?source=hp&ei=obdfWvOoDNGusAXmkb_wBQ&q=ubicacion+ingenio+trinidad+guatemala&oq. Consulta: 5 de mayo de 2016.

1.2.2. Misión

La misión es la razón de ser de la empresa, el motivo por el cual existe. Es la determinación de las funciones básicas que la empresa va a desempeñar en un entorno determinado para conseguir tal misión.

En la misión se define: necesidad a satisfacer, clientes a alcanzar, productos y servicios a ofertar.

La misión de la empresa es: “Somos un grupo empresarial guatemalteco, guiados por principios claros, que transformamos la caña de azúcar en productos energéticos que proporcionan bienestar. Con un equipo profesional, buscamos y desarrollamos oportunidades de crecimiento integral y alta rentabilidad. Generamos un mejor nivel de vida para todos los miembros de la organización y confirmamos nuestro compromiso por un mejor país.”¹

1.2.3. Visión

La visión se refiere a lo que la empresa quiere crear, la imagen futura de la organización.

La visión es creada por la persona encargada de dirigir la empresa y quien tiene que valorar e incluir en su análisis muchas de las aspiraciones de los agentes que componen la organización, internos y externos.

¹ Comercializadora de Energía San Diego S. A. Consulta: 11 de mayo de 2017.

La visión de la empresa se centra en: “Ser líderes en caña, azúcar y electricidad trabajando en unión”.²

- Algunos de los valores que se practican en la empresa son:
 - Responsabilidad
 - Honestidad
 - Lealtad
 - Orgullo de pertenencia
 - Responsabilidad social

1.3. Eficiencia económica

Referido este término al ámbito o sector productivo de la empresa, se dice que un proceso productivo o un programa (combinación de procesos) es económicamente eficiente con respecto a otro u otros cuando proporciona un mayor beneficio o rendimiento.

1.3.1. Definición

Se trata de un concepto muy próximo al de eficiencia técnica, con la única y fundamental diferencia de que tanto los *inputs* consumidos como los *outputs* producidos se expresan en valores monetarios y no en unidades físicas. Ello hace que el concepto de eficiencia económica, a diferencia del de eficiencia técnica, no sea atemporal, histórico; esto es, al variar los precios relativos de los distintos factores productivos, un proceso productivo (tecnología) que había dejado de ser eficiente vuelva a serlo y viceversa. Dado un conjunto de factores

² Comercializadora de Energía San Diego S. A. Consulta: 12 de mayo de 2017.

productivos fijos o limitados, el método de la programación lineal permite determinar de una manera sistemática el programa productivo óptimo, esto es, los procesos a utilizar y los niveles a que estos procesos deben ser utilizados para que la empresa consiga el máximo rendimiento (beneficio) o tenga que soportar el mínimo coste.

1.3.2. Características de los precios del azúcar en el mercado

Todas estas cuestiones no hacen sino resaltar la importancia que tiene para el bienestar social una correcta fijación de los precios de energía por parte de la administración. Para cumplir con este objetivo, los precios han de diseñarse y ser calculados de forma que sean:

- Suficientes: que cubran la totalidad del coste real del suministro, evitando así que se produzca el conocido déficit tarifario.
- Aditivos: que resulten de la suma de todos y cada uno de los costes de suministro (precio de la energía en el mercado, transporte, distribución, etc.).
- Así en el caso de los precios voluntarios para el pequeño consumidor, se debe asegurar que su cálculo refleje los costes de suministro en que incurre el comercializador de referencia, que incluye los costes de: adquisición de energía, acceso a las redes y de gestión comercial. Además, para lograr que estas tarifas no sean utilizadas más que en situaciones excepcionales podría añadirse un suplemento que actúe de elemento.
- Por otra parte, en la medida de lo posible, los precios deben reflejar:

- La estructura de los costes reales del suministro eléctrico (por ejemplo, distinguiendo entre costes fijos y variables). Adicionalmente, esto supone que las variables de facturación han de corresponderse, en la medida de lo posible, con los inductores que rigen los costes reales.
- La distribución temporal de los costes reales (diferencias en función de la estación del año, día de la semana, hora del día, etc.).

Con unos precios diseñados y calculados de acuerdo con estos principios se asegura que las decisiones de inversión y producción / consumo de los generadores y consumidores estarán alineadas con la eficiencia general de la economía.

1.3.3. Eficiencia energética

Cualquier planteamiento de eficiencia energética se desarrolla alrededor de la satisfacción de tres exigencias simultáneas: seguridad de suministro, sostenibilidad medioambiental y eficiencia económica. se a hablará en este capítulo del criterio de eficiencia económica.

- Diseño eficiente de los precios de la electricidad

El criterio de eficiencia económica significa asegurar una asignación óptima de los recursos. Este criterio debe regir necesariamente el diseño y cálculo de los precios de la electricidad como sucede con cualquier otro producto o servicio. Así, se debe trasladar el coste del suministro eléctrico al precio que pagan los consumidores para que sus decisiones sean eficientes en

términos de inversión (por ejemplo, elección de procesos productivos más o menos intensivos en el consumo de electricidad) como en términos del propio consumo (por ejemplo, consumo sensible al diferente coste del suministro en función de las estaciones del año / días de la semana / horas del día).

De este modo, si la señal de precios que reciben los consumidores es incorrecta (por no reflejar adecuadamente los costes reales de su suministro), sus decisiones de inversión y consumo no coincidirán con las socialmente óptimas.

- Impacto de un diseño inadecuado de los precios de energía

Entre las consecuencias prácticas de esta ineficiencia inducida por la fijación incorrecta por parte de la administración de los precios de la electricidad se encontrarían las siguientes:

- La demanda total de electricidad es mayor que la eficiente: al no percibir el coste real del suministro, los consumidores tienden a consumir en exceso.
- Si el precio de la electricidad es mayor que el coste del suministro, entonces la demanda es menor que la eficiente, de lo que resulta un precio de mercado también menor que el eficiente.
- Si el precio de la electricidad es menor que el coste del suministro, entonces la demanda es mayor que la eficiente, de lo que resulta un precio de mercado también mayor que el eficiente.

1.4. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, MARN

“El Ministerio de Ambiente es la entidad del sector público especializada en materia ambiental y de bienes y servicios naturales del sector público; le corresponde proteger los sistemas naturales que desarrollen y dan sustento a la vida en todas sus manifestaciones y expresiones, fomentando una cultura de respeto y armonía con la naturaleza y protegiendo, preservando y utilizando racionalmente los recursos naturales, con el fin de lograr un desarrollo transgeneracional, articulando el quehacer institucional, económico, social y ambiental, con el propósito de forjar una Guatemala competitiva, solidaria, equitativa, inclusiva y participativa.”³

El Ministerio de ambiente y recursos naturales ofrece a la población

- Licencias ambientales.
- Evaluación de los instrumentos ambientales.
- Control del cumplimiento de la normativa ambiental.
- Educación ambiental.
- Control y seguimiento de las medidas de mitigación dentro de las diferentes actividades económicas.
- Asesoría en producción más limpia.

1.5. Diseño de planta

En el desarrollo de su proceso administrativo, tuvo como primer gerente al Sr. Fraternal Vila Dinarez, a quien le siguieron José Fraternal Vila Betoret y los

³ Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. <https://us.search.yahoo.com/yhs/search?hspart>.
Consulta: 17 de junio de 2017.

hijos José Fraternal Vila Girón y Alfredo Vila Girón y los yernos, el arquitecto Víctor Unda y el Licenciado Luis Recinos.

Existe una población aproximada de 940 habitantes, con una extensión de 23 caballerías, 36 manzanas y 3896 varas cuadradas. La población está integrada por personas de origen indígena y ladinos de diferentes culturas. En la fábrica, laboran personas de origen ladino con un contrato laboral. Se les proporciona vivienda si no la tienen, a excepción de los trabajadores que viven en Escuintla y los trabajadores en tiempo de zafra. Dentro del ingenio existen rancherías que sirven para alojar a los trabajadores con familia, sin pagar agua y luz ya que el ingenio produce estos servicios.

La población contratada temporalmente durante la zafra proviene de áreas como: Joyabaj, Nebaj, Cubulco; la mayoría es de origen indígena; reciben únicamente lugar para dormir y el pago de los jornales.

La empresa cuenta con maquinaria y herramienta para los diferentes procesos. Dentro de la Comercializadora de Energía San Diego, S. A. existen talleres de engrase, pinchazos, soldadura autógena y eléctrica, bajo la responsabilidad de ETRASA (Empresa de Transportes Agrícolas S.A.) quien organiza y programa la utilización del transporte y maquinaria.

El ingenio cuenta con una cocina industrial donde se preparan los alimentos a los trabajadores en el tiempo de zafra; cuenta con una pila construida con azulejos, la cual funcionan con gas; también, una máquina para la elaboración de tortillas.

Dentro de la finca un hotel, donde vive parte del personal administrativo: profesionales en ingeniería, especialistas de psicología e invitados del ingenio; se les proporciona una habitación cómoda, alimentación y servicio.

En una distancia de doscientos metros se localiza un club privado para jefes y existe otro para la comunidad; se pueden utilizar en cualquier momento.

En el ingenio existen pobladores de diferentes religiones y creencias; cuentan con una iglesia católica, que abre los días jueves y domingos de 16:00 a 21:00 horas y la iglesia evangélica que realiza sus servicios todos los domingos.

Existe un salón de usos múltiples donde se realizan charlas, información general, asamblea de jubilados, actividades culturales, etc. Hay una escuela que funciona solo en la jornada matutina, cuenta con 8 maestros y alrededor de 194 alumnos, donde se imparte educación preprimaria y primaria. Existe un centro de salud donde se brinda atención médica y odontológica a sus beneficiarios.

1.5.1. Áreas de la planta de la Comercializadora de Energía San Diego, S. A.

La Comercializadora de Energía San Diego, S. A. está dividida en 5 sectores y el anexo diez. En el sector 1 está la escuela, el centro de salud, el salón de usos múltiples y la cancha de básquetbol; en el sector 2 se encuentran los caseríos de los trabajadores; en el sector 3 está la empresa de transportes agrícolas (ETRASA); en el sector 4 se encuentran los caseríos y la cancha de fútbol.

En el sector 5 están los módulos habitacionales de los jubilados y en el anexo diez están los caseríos de los trabajadores que se encuentran a 2 kilómetros del ingenio.

Los módulos habitacionales son de varios estilos: el sector 1 tiene 2 cuartos, 1 cocina y baño; El sector 2, con 1 cuarto, 1 comedor, 1 cocina y baño; los sectores 3 y 4 están compuestos de 2 cuartos, sala, comedor y cocina; el sector 5 tiene 1 cuarto, 1 cocina y 1 baño.

El departamento de la fábrica cuenta con seis secciones de trabajo las cuales son: patio de caña molinos calderas fabricación generación y laboratorio.

Figura 2. Vista aérea de la planta



Fuente: elaboración propia.

1.5.2. Distribución de puestos

Comercializadora de Energía San Diego S. A., es una empresa de capital netamente nacional. Está constituida en una sociedad anónima y una de sus

funciones principales es de nombrar a los directores de área quienes conforman la junta directiva.

La junta directiva, atiende problemas específicos con el fin de encontrarles la solución más adecuada; el presidente quien sugiere a la junta directiva la aprobación y contratación de gerentes específicos de cada departamento.

El personal administrativo se conforma de la siguiente manera:

- Gerente general: organiza, dirige, coordina y verifica todas las actividades de trabajo de la empresa; funciona como enlace para dar seguimiento a las políticas y sistemas determinados por la junta directiva.
- Superintendente de fábrica: es el responsable de la operación, organización y dirección del ingenio. reporta directamente al gerente general.
- Superintendente de campo: supervisa y coordina las áreas de campo de la Comercializadora de Energía San Diego, S. A. reporta directamente al gerente general.
- Superintendente de talleres: coordina la organización, operación, dirección y control de las actividades del taller y transporte. reporta directamente al gerente general.
- Gerente administrativo: mantiene control en la administración de los ingresos y gastos en los que incurra la empresa, a través de las normas contables ya establecida en estados financieros. reporta directamente al gerente general.

- Auditor interno: controla los costos, activos fijos, inventarios personales y de transporte.
- Gerente de recursos humanos: es el responsable en la dirección de los procedimientos de reclutamiento, selección, contratación, la inducción, capacitación y desarrollo del personal.

El área de recursos humanos de la Comercializadora de Energía San Diego, S. A. está orientada al alcance de metas de su ámbito que tienden a darle oportunidad de cubrir las necesidades de recurso humano cada vez mayores de la agroindustria azucarera.

- Jefe de talleres de la planta del ingenio: autoriza las órdenes de trabajo, organiza la reparación y el mantenimiento de los equipos y la maquinaria.
- Supervisor de talleres: dirige a los trabajadores del taller, verifica el buen uso del material y los repuestos.
- Supervisor de transporte: controla la salida y entrada de cabezales.

1.5.3. Materia prima

El bagazo se separa después de su paso por el último molino del *tán dem* de molienda de caña, después de la extracción del jugo, su poder calorífico promedio teórico sería de 8 350 BTU/libra de bagazo.

El bagazo contiene entre un 48 % - 52 % de humedad y un 15 % de ceniza o arena; el valor calorífico del bagazo húmedo es de 3 357 BTU/libra. La tabla I señala los elementos de la caña de azúcar.

Tabla I. **Elementos que componen la azúcar**

Fibra	12 %
Brix	18 %
Humedad	70 %

Fuente: elaboración propia.

La fibra del bagazo ha sido analizada por diversos investigadores y se han obtenido porcentajes promedio de sus componentes; la composición química del bagazo se presenta en la tabla II.

Tabla II. **Composición química del bagazo**

Carbono	47 %
Hidrógeno	44 %
Oxígeno	6,5 %
Ceniza y otros materiales	2,5 %

Fuente: elaboración propia.

- Viscosidad: es una de las propiedades físicas que tiene mayor importancia en la utilización del producto. La norma nacional establece un valor máximo de 300 SSF (635 CST) a 50 °C. La viscosidad debe estar acorde a 15 de las especificaciones de los equipos, en lo que respecta a bombas, filtros y características de los quemadores.
- Temperatura de inflamación: es fijada como un parámetro de seguridad. Tiene especial importancia en el manejo y almacenamiento del producto.

- Agua y sedimento: disminuye el poder calórico del combustible y la temperatura, favoreciendo el punto de rocío y la corrosión. Si presenta valores altos, propicia la obstrucción de filtros y boquillas en los quemadores.
- Densidad: no tiene relación directa con las características del combustible, pero es un dato necesario para los cálculos de balance de energía.
- Poder calórico: por ser el búnker un combustible residual, el poder calórico depende de la composición del crudo de origen. Conocer este valor es importante para el cálculo del balance y costo energético del producto. El búnker tiene un contenido calórico promedio de 9 500 kcal/kg.

1.5.4. Generación de vapor y energía eléctrica

En la generación de vapor, el bagazo con un bajo contenido de sacarosa es utilizado en las calderas especialmente diseñadas para consumir biomasa y carbón. El vapor obtenido de las calderas mueve los turbogeneradores que producen la energía eléctrica que requiere la fábrica, que está 100 % electrificada y los pozos profundos que prestan servicio a los cultivos de caña.

En la generación de energía eléctrica, la caldera quema el bagazo que es un combustible renovable subproducto de la molienda de caña. Durante el proceso de combustión, se calienta el agua osmotizada hasta producir el vapor de alta presión a 955 psig y a una temperatura de 950 °F. Los gases producidos durante la combustión pasan a través de separadores ciclónicos que se encargan de extraer las partículas gruesas de ceniza.

Posteriormente, estos gases que aún tienen material particulado fino van hacia un precipitador electrostático de alta eficiencia donde viajan lentamente a través de una serie de placas polarizadas electrostáticamente que se encargan de atraparlas para finalmente emitir a la atmósfera, a través de la chimenea, gases con menos de 50 microgramos por metro cúbico, lo que minimiza el impacto ambiental al reducir las emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera.

El vapor generado en la caldera es posteriormente conducido a las turbinas donde se convierte en movimiento, reduciendo la presión y temperatura del vapor que es entregado a los diferentes procesos de la fábrica: evaporación, cocción de jugos y calentamiento de mieles para la producción de alcohol carburante. Este vapor también se utiliza en la producción de alcohol carburante.

La energía mecánica de la turbina entrega el movimiento a un generador a través de un reductor de velocidad. Los generadores producen energía suficiente para accionar todos los motores eléctricos de la fábrica, iluminar y alimentar los sistemas de control. La energía no consumida se entrega a la red pública con capacidad para abastecer una ciudad.

1.5.5. Descripción del proceso

Transformación de la energía térmica del vapor generado en las calderas en energía eléctrica mediante el uso de turbogeneradores.

El 15 de julio de 2009, la Comercializadora de Energía San Diego, S. A. puso en funcionamiento la planta de cogeneración de energía a partir del bagazo de caña, un proyecto de mecanismo de desarrollo limpio a partir del

empleo racional y eficiente de la energía, optimizando el uso de los recursos energéticos que provee la caña de azúcar, una fuente importante de biomasa.

La planta de cogeneración de energía tiene la capacidad de generar 38 megavatios por hora (MWh); para conseguirlo, fue necesario instalar una caldera de alta presión con capacidad de 400 libras de vapor por hora, dos turbogeneradores con capacidad de 20 y 18 MW cada uno y una subestación eléctrica de 25 MVA que eleva el voltaje de 13,2 voltios a 115 voltios.

Con la puesta en marcha de la planta de cogeneración, se alcanzó un mejor aprovechamiento de la capacidad energética de los combustibles; se logró una mayor eficiencia de los equipos instalados e incluyen nuevos equipos de última tecnología para la producción eficiente de vapor y generación de electricidad, requeridas en el funcionamiento de las plantas de azúcar, alcohol carburante y compost.

Mediante la instalación de una nueva caldera de alta presión y temperatura y dos turbogeneradores, se logran satisfacer las necesidades de consumo del ingenio y cogenerar energía hacia la red pública. Esta energía limpia, por ser generada con biomasa, sigue las directrices del Protocolo de Kyoto, que favorece la preservación del medio ambiente, por la disminución de emisión de toneladas de CO₂ a la atmósfera. Por esta razón, la Comercializadora de Energía San Diego, S. A. afirma que ilumina a Guatemala con energía renovable.

1.6. Energía eléctrica

El vapor generado en las calderas es conducido a través de tuberías y llega hacia las turbinas, que consisten en tres etapas: alta, media y baja.

El objetivo de esta composición es aprovechar la energía que contiene el vapor, ya que este va perdiendo presión al expandirse isotrópicamente y progresivamente dentro de la turbina.

El vapor de agua con alta presión y temperatura pasa por las toberas, en donde la energía cinética se transforma en energía mecánica, que lo conducen hacia los álabes; cualquier cambio de magnitud y de dirección de la velocidad del vapor es debido al efecto de una fuerza que es la acción de los álabes de la corona sobre el vapor.

La energía de rotación que lleva el eje de la turbina es transformada a su vez en energía eléctrica, gracias al acople con un generador síncrono.

La energía eléctrica generada es suministrada en corriente eléctrica trifásica desde el generador síncrono a transformadores elevadores de voltaje en la subestación eléctrica para posteriormente distribuirla a la línea de transmisión principal.

La red de transmisión del sistema eléctrico interconectado está constituida por las líneas de transmisión de alta tensión 69Kv, transformadores de potencial y de corriente, interruptores, aisladores, pararrayos y otros elementos eléctricos necesarios para recibir la energía eléctrica producida por las plantas generadoras.

La energía producida es suministrada a la red nacional a través de un ente regulador, la del Mercado Eléctrico Mayorista, responsable de organizar, distribuir y hacer llegar la energía eléctrica a donde se requiera; esta función se realiza las 24 horas, los 365 días del año. La misión a cumplir es la de

proporcionar el servicio de energía eléctrica en condiciones de cantidad, calidad, continuidad y seguridad a todos los clientes.

1.7. Seguridad industrial

Se denomina calderas a todos los recipientes cerrados con quemadores de gas o electricidad que tienen entre sus funciones calentar agua u otros líquidos a fin de generar vapor, el cual está a presión y sobrecalentado; se usa generalmente para generar electricidad, como calefacción o para otros propósitos industriales. Normalmente, estas calderas cuentan con una válvula de alivio de presión; las cuales son útiles en caso la caldera no pueda resistir la presión, la energía que contiene el vapor se liberará instantáneamente a fin de evitar alguna posible explosión por la acumulación de vapor a alta presión.

Por tanto, las instalaciones industriales que empleen aparatos sometidos a presión interna, deberán necesariamente colocar, en los lugares afectados, instrucciones escritas sobre procedimientos de maniobra y esquemas gráficos sobre la instalación detallada de cada uno de estos equipos.

De este modo los operadores o gente involucrada en el funcionamiento debe contar con la facilidad de acceso a las instrucciones de operación de todos los equipos que consten de un recipiente cerrado sometidos a presión interna, que pueda generar en su interior una presión mayor que la atmosférica o un equipo que permita comprimir y acumular en su interior, cualquier un fluido a una presión mayor que la atmosférica.

De acuerdo a ciertas prescripciones, los esquemas gráficos existentes sobre la instalación deberán indicar claramente en forma visible los dispositivos de seguridad; además, el detalle de maniobras especificará tres condiciones a

tenerse en cuenta: detallar de manera concreta las maniobras correctas de operación prohibiendo de manera específica todas aquellas maniobras que no deben efectuarse y haciendo énfasis que se debe realizar en caso de riesgo o de avería.

También, se debe considerar que cuando el combustible empleado sea carbón o leña, no se deberán usar líquidos inflamables o materias que puedan causar explosiones o retrocesos de llamas que provoquen una combustión irregular. Del mismo modo, se tendrán estas consideraciones, se seguirán en las calderas donde se empleen petróleo y sus derivados como el residual 6, ampliamente utilizado en calderas pirotubulares o gases combustibles.

En estos equipos los reguladores de tiro se abrirán de manera adecuada para producir una ligera corriente de aire que evite el retroceso de las llamas. Siempre y cuando el encendido no sea automático, se efectuará con un dispositivo apropiado, de manera que cuando entre vapor en las tuberías y en las conexiones frías, las válvulas se aperturarán de manera lenta hasta que los elementos alcancen la temperatura prevista. Del mismo modo, se considerará este procedimiento cuando se tenga que ingresar agua fría a tuberías y conexiones calientes.

También, considerar que cuando la presión de la caldera se aproxime a la presión de trabajo, la válvula de seguridad presente en el equipo se probará manualmente. Durante el funcionamiento de la caldera, se debe monitorear de manera periódica durante la jornada de trabajo el nivel de agua en el indicador, purgándose las columnas respectivas, con la finalidad de comprobar que todas las conexiones del equipo estén libres y operativas.

En el caso de las calderas de vapor, deberán contar, independientemente de su presión de trabajo, con válvulas de seguridad y presostatos, los mismos que permitan que al llegar a valores prefijados deberán interrumpir el suministro de combustible al quemador. Asimismo, las calderas cuya finalidad sea la producción de agua caliente, independientemente de la temperatura de trabajo, deberán contar con un acuastato que permita interrumpir el suministro de combustible al quemador cuando la temperatura del agua alcance el valor prefijado.

En caso las calderas usen como combustible gas natural o envasado, deberán contar antes del quemador con dos válvulas solenoides de corte de gas. Este tipo de válvulas deberán ser desarmadas y limpiadas como recomendación cada seis meses para lo cual se deberá desmagnetizar el vástago del solenoide.

En resumen, las válvulas solenoides, los presostatos, acuastatos y válvulas de seguridad presentes en estos equipos deberán integrar en serie el circuito de seguridad el cual deberá encontrarse aislado térmicamente de la caldera; además, este circuito deberá probarse todos los días para verificar su óptimo funcionamiento.

También, considerar que cuando la combustión en el quemador se inicie con un piloto, deberá contar con una termocupla que accione la válvula de paso de gas del propio piloto y las válvulas solenoides; de modo que al apagarse el piloto por orden de esta termocupla se interrumpa automáticamente todo el suministro de gas al quemador de la caldera. Este método es utilizado frecuentemente en los sistemas de encendido de las calderas pirotubulares, que producen vapor de agua.

1.7.1. Vías de acceso

Las vías de acceso a la planta están en la entrada peatonal, entrada de insumos y entrada de maquinaria, clasificada de esta forma para obtener mayor seguridad (para los peatones) y mayor eficiencia en la carga y descarga de insumos y materiales necesarios para el proceso de producción de alcohol. Se recomienda que presenten una superficie pavimentada, de fácil tránsito. Las pendientes estarán dirigidas hacia los caños, cajas de y/o rejillas o desagües.

Los pavimentos podrán ser de diversos materiales, concreto de cemento pórtland, concreto asfáltico, adoquín de concreto, empedrado de piedra cuarta, empedrado de piedra bota, toba cemento (lastre y cemento).

Debe evitarse a toda costa, que el acceso sea de tierra, dado que en invierno hay mucho lodo y en el verano se presenta mucho polvo. Estas materias si están presentes pasan al interior de la planta y al producto. Si alguno se contamina, se mancha y como consecuencia el alcohol que se produce es oscuro, además de presentarse sedimentos indeseables como arenas y lodos.

Figura 3. **Vías de ingreso al ingenio**



Continuacion de la figura 3.



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Vista aérea del ingenio**



Fuente: elaboración propia.

1.7.2. Prevención de riesgos laborales

Se recomienda realizar de manera periódica pruebas hidrostáticas a estos equipos que tiene por finalidad comprobar si la caldera está preparada para resistir satisfactoriamente la presión de trabajo, observándose y detectándose que no existan pérdidas, fisuras ni deformaciones permanentes en la estructura de estos equipos.

- En las puertas de la sala de calderas debe existir una señal de aviso de seguridad para calderas e indicación de prohibición de entrada a personal ajeno al servicio.
- Las puertas de la sala de calderas deben ser metálicas y con resistencia al fuego.
- En la sala debe existir al menos un extintor (CO₂).
- Estas salas deben disponer de un nivel de iluminación adecuado (200 lux, como mínimo). Si la caldera es de gas, esta iluminación debe ser antideflagrante.
- Deben existir alumbrado de emergencia y este debe ser antideflagrante en el caso de tratarse de una caldera de gas.
- Es importante mantener una buena limpieza y evitar la acumulación de polvo.
- Ventilación adecuada.

- Es obligatorio tener en la sala un manual donde se registre el mantenimiento y las revisiones de la caldera.
- Deben existir instrucciones escritas de cómo actuar en caso de emergencia.
- Se señalará la prohibición de encender llama y la prohibición de fumar.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Descripción general de los sistemas

La Comercializadora de Energía San Diego S. A., está encargada de la operación y el mantenimiento de una nueva central termoeléctrica La Comercializadora de Energía Trinidad ubicado en el municipio de Masagua, Guatemala, la cual quemará carbón como combustible principal durante enero a junio de 2017 y durante julio a diciembre de 2017 quemará el bagazo como combustible secundario, producto residual de la producción de azúcar. El proyecto incluye los siguientes componentes principales: el bloque de energía que contiene:

- Un turbogenerador que consiste en un generador eléctrico acoplado a una turbina de vapor.
- Una caldera de vapor cuyo combustible principal es el carbón mineral y el alterno, bagazo (durante la temporada de zafra) para la producción de vapor de alta presión (109 kg/cm²), para uso de la turbina de vapor.
- Una turbina de vapor de 2 presiones, de condensación, con 5 extracciones.
- Una torre de enfriamiento para suministrar una fuente de agua de enfriamiento al condensador de la turbina de vapor, al agua de circulación y agua de enfriamiento de equipos auxiliares de la central.

- Un condensador de superficie inferior para la operación de la turbina de vapor.
- Los equipos de balance de la planta (BOP, por su sigla en inglés) necesarios para dar soporte al resto de la central de energía.

Durante todo este trabajo de graduación, se identificará y debatirá la información de equipos y sistemas específicos. Esta información solo es de aplicación a esta central. Sin embargo, muchos de estos equipos son de diseño, operación y mantenimiento similares para otras centrales.

2.2. Caldera de vapor

Para la generación de vapor que moverá a la turbina para la generación de la potencia de 46 MW, la Comercializadora de Energía Trinidad cuenta con una caldera a carbón como combustible principal y bagazo como alterno durante la época de zafra, de 165 TPH de flujo de vapor a 109 kg/cm² de presión y 540 +/- 5 °C.

Esta caldera consta de: alimentadores de combustible (carbón o bagazo); un hogar donde se realiza la combustión; sistemas de aire primario para la combustión en el hogar, aire secundario para la difusión del combustible y para suministrar aire secundario en el hogar; para mejorar la eficiencia de la combustión; economizador; evaporador y sobrecalentadores que llevan el vapor a una temperatura de operación de 540 °C un precipitador electrostático para limitar la emisión de partículas desde la caldera hasta 50 mg/Nm³; ventilador de tiro inducido para la extracción de gases de escape y la chimenea.

Figura 5. **Caldera de vapor**



Fuente: elaboración propia.

2.2.1. Sistema de carbón combustible

La Comercializadora de Energía Trinidad ha instalado un sistema de manejo y almacenamiento de carbón mineral como combustible principal para alimentar a la caldera y llevar a cabo la producción de vapor el cual cuenta con una infraestructura de recepción de camiones con góndola los cuales vierten el carbón en el piso de una bodega de almacenamiento y luego un cargador frontal se encarga de alimentar una tolva dosificadora; este carbón será transportado por bandas techadas hacia un electroimán para retirar posibles metales para que siga su camino al triturador para dar el granulado adecuado y a su vez sea trasladado hasta la tolva de carbón en la estructura de la caldera listo para que sea dosificado a sus alimentadores, a través de las básculas de carbón marca Stock.

Figura 6. **Almacenamiento de carbón**



Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Sistema de bagazo combustible

Como combustible alternativo, la Comercializadora de Energía Trinidad ha instalado un sistema de bagazo para alimentar a la caldera durante la época de zafra del ingenio para que sea quemado y llevar a cabo la producción de vapor el cual cuenta con una infraestructura de bandas transportadoras desde el ingenio hasta la bodega techada de bagazo con capacidad suficiente para asegurar la operación continua durante la zafra, a su vez, se tienen bandas transportadoras del bagazo hasta la tolva dosificadora de bagazo en la estructura de la caldera listo para que sea dosificado a sus alimentadores.

2.2.3. Sistema de cenizas

El sistema de cenizas consiste en la infraestructura necesaria para su recolección; se divide en: ceniza húmeda y ceniza seca. La ceniza húmeda se recolecta de la combustión en el hogar de la caldera, son las más pesadas que se precipitan hacia el inferior del hogar y se trasladan por una parrilla móvil que las deposita en una fosa de agua; de ahí, por medio de una banda

transportadora, se lleva hasta la tolva colectora de ceniza húmeda que posteriormente será descargada en camiones para su disposición.

La ceniza seca es más liviana, se recolecta en tolvas a lo largo de su paso en sentido del flujo de los gases de escape de la caldera; se recolecta en depósitos a nivel del piso, luego, son trasladados por medio de tuberías con flujo de aire hasta la tolva recolectora de ceniza seca, de ahí se descarga en camiones para su traslado a su depósito final. También, hay un precipitador electrostático para la etapa final de las cenizas más livianas que no se precipitaron a lo largo del flujo de gases calientes que atrapa las partículas por medio de ionización que, después, por medio de vibraciones, son precipitadas para luego ser recolectadas en contenedores para su envío a la tolva recolectora de ceniza seca para su disposición.

Figura 7. **Sistema de cenizas**



Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Vista aérea del área de la planta**



Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Caldera de vapor

El agua del domo de la caldera que fue suministrada por las bombas de agua de alimentación fluye hacia los colectores inferiores de los evaporadores y por las paredes del hogar de la caldera para que el calor producido por la combustión en el hogar evapore el agua; este vapor fluye de regreso al domo en donde inicia el proceso de producción de vapor.

El sistema de vapor se compone de varios colectores que proveen la distribución, monitorización y control del vapor principal (HP) el vapor del domo es encaminado a través de los sobrecalentadores primarios, seguidamente, hacia los sobrecalentadores secundarios de la caldera hasta la turbina de vapor para la generación eléctrica y determinadas funciones auxiliares.

Durante el trayecto del vapor sobrecalentado, hay derivaciones hacia los venteos los cuales funcionan durante los arranques para garantizar el flujo de

vapor y las condiciones adecuadas de presión y temperatura, la cual en caso de sobrepasar los valores establecidos (537°C a la entrada de la turbina de vapor), cuenta con atemperaciones a la salida del sobrecalentador primario antes del secundario para su regulación antes de llegar a la válvula gobernadora de la turbina de vapor.

El control de la presión de los colectores, durante el arranque y paro de la planta o durante una condición de disparo, es facilitado enviando el vapor al condensador de superficie o al condensador auxiliar.

Intrínsecamente relacionado con los sistemas de vapor, está el sistema de drenajes de vapor, que constituye una red de tuberías, colectores y derivaciones laterales de tuberías que recogen el condensado de numerosos drenajes de vapor. Este sistema sirve para tres finalidades importantes: en primer lugar, conservar las condiciones óptimas del condensado; en segundo lugar, prevenir daños al sistema de vapor y a la turbina de vapor como resultado del arrastre de humedad, sedimentos y agua; y, en tercer lugar, los drenajes de vapor promueven el precalentamiento de las tuberías de vapor antes del arranque en frío de la turbina de vapor, permitiendo el flujo de vapor a través de tuberías individuales a los drenajes. Algunos de los drenajes de condensado recolectados son encaminados al condensador alistado para servicio para volver a ser utilizados en el ciclo de agua / vapor.

2.2.5. Sistema de agua de alimentación

El sistema de agua de alimentación sirve para alimentar el agua desmineralizada al domo de la caldera para la producción de vapor; cuenta con 3 bombas del 50% (110M³/Hr) cada una, acoplados a un motor eléctrico de 700 KW \approx 925 HP, 3578 RPM y 4160 V, donde succionan de un cabezal común y descargan a un cabezal común donde el agua se deriva hacia los

precalentadores de agua/vapor proveniente de las extracciones de la turbina, siguiendo su trayectoria hacia el economizador de la caldera para finalmente llegar al domo de la caldera.

Las bombas además de la descarga principal, la cual cuenta también con una derivación de flujo mínimo que es utilizado durante los arranques, cuenta con dos descargas adicionales: una que se le conoce como línea de balance que descarga al deareador y la otra para agua de atemperamiento del vapor en el sistema de vapor principal.

Figura 9. **Sistema de agua**



Fuente: elaboración propia.

2.3. Turbogeneradores

A continuación, se describe el equipo de la planta de producción.

2.3.1. Turbina de vapor

En la Comercializadora de Energía Trinidad hay una turbina de vapor instalada de 46 MW de potencia, modelo C10-R16-EN tipo horizontal, de impulso multietapa, de flujo axial, con 5 extracciones; su escape descarga a un condensador en la parte inferior.

La turbina de vapor está equipada con varios subsistemas auxiliares independientes para garantizar la operación y el control adecuados de la turbina. La turbina de vapor está equipada con los siguientes sistemas auxiliares:

- Sistema de aceite lubricante de la turbina de vapor (también abastece de aceite de lubricación al generador eléctrico donde también se deriva una toma para la bomba de levante conocida como Jacking).
- Sistema de tornaflecha o giro lento de la turbina de vapor el cual previene deformaciones al rotor (que pudieran atorarlo con las partes fijas internas) de la turbina cuando sale de servicio y está caliente.
- Sistema de aceite hidráulico de control para la turbina de vapor.
- Sistema de vapor de sellos de la turbina de vapor

El escape de la turbina de vapor tiene un arreglo en el cual, dependiendo de los requerimientos de vapor para servicios del ingenio azucarero, el vapor de la cuarta extracción es desviado por medio de válvulas de control para que el vapor sea enviado al proceso del ingenio.

Figura 10. **Turbina de vapor**



Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Generador eléctrico

Este generador eléctrico es sin escobillas, tipo BDAX 7-290ERH, enfriado por aire que a su vez es enfriado por agua, con potencia de 46 MW a 13,8 Kv de salida, 0,9 de FP, 60 HZ de 3600 RPM compatible y acoplado con la turbina de vapor descrita anteriormente. Su sistema de lubricación es el mismo que el de la turbina de vapor.

Figura 11. **Generador eléctrico**



Fuente: elaboración propia.

2.3.3. Drenes de vapor

En el trayecto del vapor principal, después del medidor de flujo y antes del venteo de arranque, el sistema de vapor cuenta con drenajes controlados por las válvulas instaladas en serie FF51 y FF52 los cuales son para que el condensado de arrastre del vapor durante los arranques o precalentamientos sean eliminados para evitar posibles daños a la turbina. Estos drenajes se dirigen a un tanque de drenajes diseñado para ello y se separan en vaporizado (*flashed steam*) y condensado. El vaporizado se ventea desde el extremo superior del tanque a la atmósfera. El condensado se acumula en el fondo del tanque y drena al condensador a través de una válvula de control de nivel (BD022).

2.3.4. Sistema de extracción de vapor

La turbina de vapor cuenta con 5 extracciones de vapor en sus distintas etapas en el sentido de flujo del vapor, siendo la número 1 la de mayor presión (19,4 kg/cm²) y la 5 la de menor presión (0,93 kg/cm²).

Las primeras 3 van a los calentadores 1, 2 y 3 de Hp los cuales sirven para el precalentamiento del sistema de agua de alimentación; una vez cumplido su objetivo se dirige al deareador.

La 4 fluye directamente al deareador hacia el proceso de la fábrica de azúcar; la 5 al calentador de LP que precalienta el agua de condensado que fluye al deareador.

2.3.5. Sistema de vacío del condensador

El sistema de condensado sirve para la extracción de aire e incondensables del condensador para que la operación de la turbina sea más eficiente al tener presión de vacío a la descarga de la misma para aprovechar al máximo el vapor.

Hay dos bombas de vacío, cada una de 100 %. La bomba de vacío se utiliza para extraer el aire dentro del condensador de superficie. Hay dos bombas de vacío que funcionan una en modo en servicio y otra en *Stand-bay*. La bomba en servicio (principal) se mantiene siempre en funcionamiento durante la operación normal de la turbina y la bomba de vacío en *Stand-bay* arrancará automáticamente cuando la presión de escape de turbina aumenta (rotura de vacío) del valor del set de ajuste. Cada bomba de vacío tiene una válvula neumática *on/of* que se abre antes de la operación de la bomba.

Figura 12. **Bombas de vacío**



Fuente: elaboración propia.

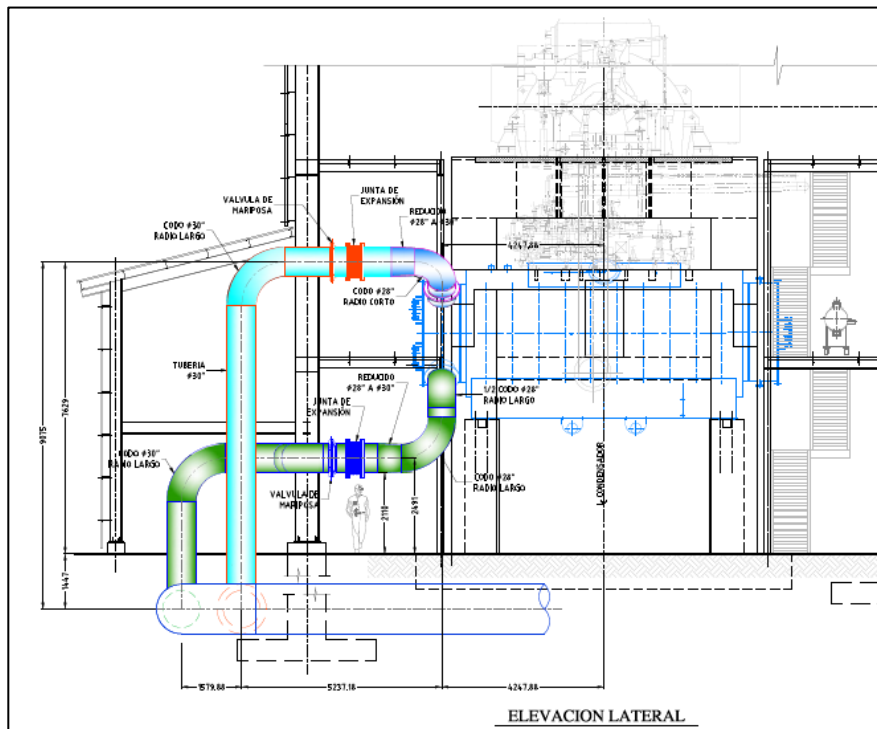
2.4. Sistema de condensado

El sistema de condensado utiliza un condensador de superficie inferior de dos etapas para condensar el vapor del escape de la turbina de vapor y suministrar condensado para uso en el ciclo agua/vapor a los efectos de lograr la operación eficiente de la central; es enfriado mediante agua de enfriamiento proveniente en tuberías de 30" del circuito del agua de circulación de la torre de enfriamiento. También, está equipado con un disco de ruptura en caso de sobrepresión en su interior.

El sistema de condensado usa el condensador principal para convertir el vapor del escape de la turbina de vapor en condensado, al operar en presión de vacío. El condensado cae en el pozo caliente del condensador (depósito o cisterna en la parte inferior del condensador) antes de su reutilización en el ciclo de agua/vapor y es enviado al deareador por medio de dos bombas de condensado.

El deareador también recibe agua de condensado de otros sistemas auxiliares como los drenajes de las purgas de vapor de HP, del drenaje de emergencia del cabezal de HP, drenajes de venteo de vapor de HP y del venteo del calentador de HP.

Figura 13. **Sistema de condensado**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.5. Sistema de muestreo y análisis

El sistema de muestreo proporciona un medio para recolectar y analizar muestras desde los 4 puntos clave del ciclo agua / vapor de la central: agua de alimentación (1), *blow down* (2), vapor saturado (3) y vapor de hp (4). A fin de minimizar la corrosión e incrustaciones en las superficies de transferencia de

calor de la caldera y el arrastre de sólidos al sistema de vapor, se debe realizar continuamente el análisis preciso y la monitorización de las muestras. Al realizar la monitorización de elementos constituyentes específicos del ciclo agua / vapor, el personal de la central puede determinar si se están inyectando dosificaciones suficientes de productos químicos en los domos de vapor de la caldera y en el sistema de agua de alimentación.

El sistema de muestreo recibe muestras de vapor y de agua para análisis desde los puntos de muestreo a lo largo del ciclo agua / vapor y desde un (1) punto en el sistema de agua de circulación.

Cada muestra es tomada en contenedores de plástico esterilizados y posterior del muestreo se cierran herméticamente y son llevados al laboratorio para su análisis.

Es necesario el acondicionamiento adecuado para garantizar que las muestras por lo que los fluidos a muestrear pasan primero por un enfriador para garantizar que el condensado y la temperatura de la muestra es la adecuada de manera de realizar análisis precisos y confiables.

2.6. Sistema de dosificación de productos químicos del ciclo

El sistema de dosificación de productos químicos del ciclo se compone de tres subsistemas: el sistema de dosificación de fosfato (Di-Tri) para reducir al mínimo el potencial de corrosión cáustica libre; el sistema de dosificación del eliminador de oxígeno que lo elimina químicamente del agua de alimentación, agua de la caldera y el condensado también, apacigua superficies de hierro y de cobre; y el sistema de dosificación de di-amina ciclohexilamina metiletilamina

(Mea) inhibidor de corrosión, es una mezcla de aminas neutralizantes para utilizar en sistemas de vapor condensado.

El sistema de dosificación del ciclo de productos químicos tiene la finalidad de bombear una cantidad dosificada de dichos productos químicos al agua de la caldera para que mantenga la calidad y química adecuadas. Ello se realiza agregando productos químicos a los sistemas de agua de alimentación y condensado, lo cual reduce la corrosión e incrustaciones de las superficies de transferencia de calor y el arrastre de sólidos a los sistemas de vapor.

2.7. Sistema de distribución eléctrica

El sistema de distribución eléctrica es uno de los más importantes de la central. Prácticamente, cada sistema de la planta que se utiliza para apoyar la generación de energía depende del sistema de distribución eléctrica, que sirve a muchas funciones:

- Conexión del generador eléctrico a las líneas de transmisión de la subestación.
- Suministro de energía eléctrica a las cargas auxiliares de la planta (motores, calentadores, iluminación, etc.).
- Suministro de corriente directa para control e instrumentación.

Los componentes asociados al sistema de distribución eléctrica están localizados dentro y fuera de los cuartos de equipo eléctrico. El sistema de distribución eléctrica puede dividirse en seis subsistemas. Cada uno se indica y detalla brevemente a continuación:

- Sistema 13 800 V de salida del generador hacia el transformador principal de la subestación.
- Sistema de 4160 V.
- Sistema de 480 V (incluidos 220/120 V).
- Sistema de energía de 120 VCA.
- Sistema de 125 VCD para los sistemas de control.
- Sistema de 24 VCD para cajas remotas de instrumentación.

2.8. Sistema de agua desmineralizada

El sistema de agua desmineralizada consta de dos plantas de marca FICIT que convierten el agua de servicio cruda en agua desmineralizada de alta pureza y la suministra a los condensadores como agua de reposición para el ciclo agua / vapor.

La totalidad del sistema de tratamiento de agua se compone de dos pozos de agua cruda que envían el agua al tanque de agua cruda; seguidamente, pasa por unos filtros de Pyrolusite para eliminar el hierro y manganeso para que sea enviada a la primera etapa de la osmosis inversa pasando antes por los filtros de cartucho; sigue su trayectoria hacia el tanque de agua de filtrado (permeato) para luego seguir a la segunda etapa de la osmosis inversa donde se dirige al Ionpure (electrodesionizador) donde se eliminan las sales restantes para tener finalmente el agua desmineralizada de la calidad deseada que es almacenada en el tanque de agua desmineralizada. Cada etapa de la

producción se puede considerar un subsistema que opera independientemente, aunque soporta la operación de todo el sistema.

2.9. Sistema de agua de circulación

El sistema de agua de circulación suministra agua de enfriamiento al condensador de superficie para condensación del vapor de escape de la turbina de vapor.

Además, se suministra agua de circulación a los diversos enfriadores del equipamiento localizados en toda la central. El sistema de agua de circulación se considera un sistema de circuito cerrado. El agua de circulación es bombeada desde la fosa de la torre de enfriamiento, donde es utilizada como una fuente de agua de enfriamiento antes de regresarla a los tubos elevadores de la torre de enfriamiento. Estos dirigen el agua caliente desde el colector de retorno hasta la parte superior de las celdas de la torre.

El agua caliente fluye en dirección descendente a través de las celdas de la torre y, durante el proceso, es separada en pequeñas gotas. A medida que el agua fluye en dirección descendente por la torre de enfriamiento, transfiere calor a la atmósfera a medida que el aire es forzado a atravesar el agua que cae por los ventiladores de la torre de enfriamiento. El agua enfriada cae en la fosa de la torre de enfriamiento para recirculación por las bombas de agua de circulación.

Tres bombas de agua de circulación con 50% de capacidad cada una, succionan el agua de la fosa de la torre de enfriamiento y descargan a un colector común de agua de circulación principal.

2.9.1. Sistema de dosificación de productos químicos de la torre de enfriamiento

El sistema de dosificación de productos químicos de la torre de enfriamiento suministra productos químicos para el control del crecimiento de limo bacteriano y la formación de algas en la torre de enfriamiento, que pueden afectar la velocidad de transferencia de calor, obstaculizar la distribución del caudal y causar el deterioro de los materiales de la torre.

Los productos químicos inyectados también impiden la formación de sarro, corrosión e incrustaciones en los componentes del sistema de agua de circulación:

- Antiescalante: controla sílice y evita silicatos y otras formaciones minerales.
- Dispersante tensioactivo no iónico: es altamente eficaz en la dispersión de sólidos en suspensión: barro, limo, aceite y residuos microbiológicos.
- Biocida especialmente para algas: 6 meses (no zafra), no oxidante.
- Biocida oxidante bromo – cloro.

2.9.2. Sistema de circuito de agua de enfriamiento

El sistema de agua de enfriamiento proporciona a los equipos auxiliares toda el agua de enfriamiento necesaria para la operación eficiente de la central. El sistema de agua de enfriamiento se divide en dos sistemas distintos e independientes:

- Sistema de agua de circulación: durante la operación normal, el sistema de agua de circulación suministra agua de enfriamiento al condensador y al sistema de agua de enfriamiento. El calor transferido al agua proveniente de estas fuentes se elimina en la torre de enfriamiento.
- Sistema de circuito de agua de enfriamiento: el sistema de agua de enfriamiento consta de dos bombas del 50 % que succiona del circuito de agua de circulación y proporciona agua de enfriamiento a los equipos auxiliares de toda la central. También, es utilizado como sistema de purga para la torre de enfriamiento.

2.10. Sistema de aire comprimido

Se cuentan con dos sistemas de aire comprimido: uno para el manejo de cenizas y otro para el control y servicios de la central.

El de manejo de cenizas consta de dos compresores con capacidad de 16 m³/min a 4,5 kg/cm² cada uno y un tanque vertical de almacenamiento de 12 m³ que suministra aire a las tolvas recolectoras para desplazar las cenizas al contenedor principal.

El sistema de aire comprimido de control produce y distribuye aire comprimido limpio y seco a todas las áreas de la central eléctrica. El aire se utiliza principalmente para accionar válvulas de control y demás dispositivos neumáticos asociados a cada sistema de la planta.

Se suministra aire comprimido al sistema a partir de un par de compresores de aire de tornillo rotativo montados cada uno en su módulo. El paquete montado en bastidor del compresor ha sido diseñado para soportar

todos los requisitos de aire comprimido de la central eléctrica. Los equipos del módulo incluyen los siguientes componentes:

- Dos compresores de aire KAESER BSD 50 / 125 psi de tornillo rotativo.
- Un tanque vertical de almacenamiento de 1 m³ de capacidad.
- Dos secadores KAESER de aire por refrigeración.
- Dos filtros removedores de aceite.
- Un tanque vertical de aire seco de 1 m³ a una presión de operación de 110 psi.

El aire comprimido descarga desde los compresores de aire de servicio y se suministra al tanque vertical de aire de servicio. Desde allí, el sistema de aire comprimido se separa en dos circulaciones para alimentar a los dos secadores de aire. El aire ya seco pasa a los filtros de separación de aceite y de ahí al tanque vertical de aire seco de servicio que resulta vital para la operación general de la central eléctrica. En cada equipo se provee una línea de conexión de drenaje que va hacia un filtro separador de agua/aceite para el debido control de los residuos.

2.11. Sistema de agua cruda

Se bombea agua cruda desde los pozos locales que rodean a la central. Cada uno de los pozos profundos extrae agua de la capa freática natural que se forma subterráneamente. Los pozos son de autollenado. Cada uno utiliza una bomba de pozo para bombear el agua hasta el tanque de agua de servicios.

2.12. Sistema de agua de servicios

El sistema de agua de servicios proporciona agua al complejo de la central de energía para diversos usos:

- Agua de reposición para la torre de enfriamiento.
- Fuente de agua para el sistema de agua desmineralizada.
- Fuente de agua para el circuito de agua contra incendio (consulte el sistema de protección contra incendios).
- Fuente de agua para los puestos de servicios de la planta (localizados en todo el complejo de la central).

3. PROPUESTA PARA DETERMINAR LA EFICIENCIA ECONÓMICA Y DE IMPACTO AMBIENTAL

El proceso de cogeneración, como cualquier ciclo de potencia, requiere combustible para transformar esta fuente primaria de energía, en vapor y electricidad. Por lo tanto, la disponibilidad de la biomasa es un factor primordial cuando se estudia este tipo de ciclos. Se presenta los conceptos generales seguidamente se realiza el estudio del diseño térmico de los esquemas de cogeneración.

3.1. Combustibles

Los combustibles pueden ser sólidos, líquidos y gases, ya sea en estado natural o preparado. Dentro de los combustibles sólidos se encuentran: carbón, lignitos, coques, madera y residuos de combustible subproductos de algún proceso de fabricación. Los combustibles líquidos contienen al petróleo y sus destilados y a los no derivados del petróleo. Dentro de los gases, está el gas natural producido por la tierra y los fabricados que son producidos del carbón.

Los elementos básicos de un combustible son carbón e hidrógeno; el azufre también es un elemento constituido pero no se considera combustible sino como cuerpo indeseable.

3.2. Carbón

El carbón se originó a partir de los restos en descomposición interrumpida de árboles, arbustos, helechos, musgos, lianas y otras formas de vida vegetal,

que florecieron en lodazales y pantanos, hace muchos millones de años, durante periodos prolongados de clima húmedo y tropical y precipitaciones pluviales abundantes. El carbón es una mezcla de carbono, hidrógeno, oxígeno, hidrocarburos volátiles, nitrógeno, azufre, agua y diferentes minerales que quedan como cenizas al quemarlo. Si bien no hay una demarcación nítida entre las diversas etapas de esa evolución, generalmente, se admiten las siguientes categorías: turba, lignitos, hullas y antracitas. También están los coques que se obtienen por desgasificación de estos carbones naturales.

La comparación de los carbones se hace mejor basándose en su materia combustible, toda vez que su contenido de cenizas y humedad varíe considerablemente; véase la siguiente clasificación:

- Antracita: es el carbón con mayor contenido de carbono y el máximo poder calorífico, es un carbón muy duro, posee un color negro lustroso (brillante) y menos del 8% de materias volátiles. Arde sin llama o con llamas muy cortas y azuladas.
- Lignito: es considerado el carbón de peor calidad por sus poderes caloríficos y elevado contenido de humedad y cenizas. Tiene aspecto de madera y frecuentemente de arcilla. Están sujetos al riesgo de la combustión espontánea, solo son de interés para instalaciones que se encuentran en la boca de la mina.
- Turba: es el precursor del carbón y se formó mediante la acción bacteriana y química sobre los desechos de plantas. Tiene un alto contenido de carbono fijo y un alto índice de humedad y cenizas. Se utiliza desde hace siglos como combustible para fuegos abiertos.

Recientemente con la ayuda de la tecnología se han fabricado briquetas de turba y lignito para quemarlas en hornos.

3.2.1. Poder calorífico

El poder calorífico es la cantidad de energía por unidad de masa o unidad de volumen de materia que se puede desprender al producirse una reacción química de oxidación.

El poder calorífico expresa la energía que puede liberar la unión química entre un combustible y el comburente y es igual a la energía que mantenía unidos los átomos en las moléculas de combustible (energía de enlace), menos la energía utilizada en la formación de nuevas moléculas en las materias (generalmente gases) formadas en la combustión.

Tabla III. **Poder calorífico del carbón y otros combustibles sólidos**

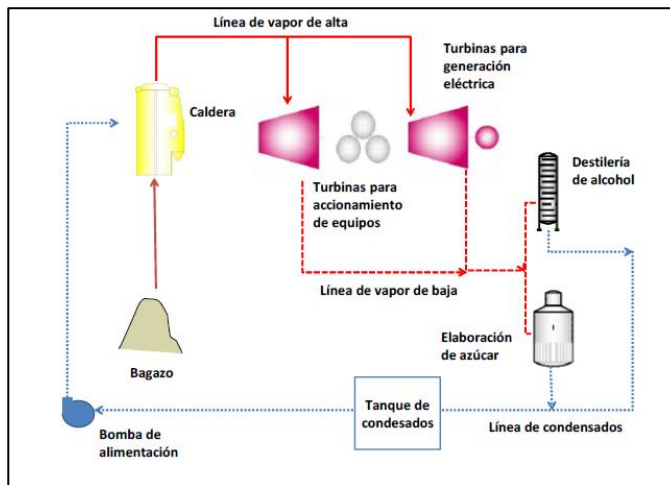
Combustible	Densidad media kg/m ³	PCI kJ/kg	PCS kJ/kg
Turba	360	21 300	22 500
Lignito	1 050	28 400	29 600
Hulla	1 350	30 600	31 400
Antracita	875	34 300	34 700
Combustible	PCI kJ/kg	PCS kJ/kg	
Aglomerados de carbón	31 300	35 600	
Carbón de madera	31 400	33 700	
Coque	29 300	33 700	
Coque de petróleo	34 100	36 500	

Fuente: elaboración propia.

Para el modelamiento termodinámico se tuvieron en cuenta, los equipos de generación de vapor, energía eléctrica y los procesos globales que demandan vapor como elaboración, destilería y molinos.

El diseño de los sistemas comienza con la disponibilidad de combustible para implementar los parámetros de operación de la caldera y posteriormente las turbinas de vapor y el agua de recirculación. La generación eléctrica dentro del modelo está ligada a la demanda de vapor en los procesos y como resultado resuelve el sistema calculando el combustible, los flujos de vapor en cada componente del sistema, la potencia en las bombas de alimentación y equipos de procesos accionados por turbinas de vapor. En la siguiente figura puede verse con más claridad, la disposición general de un esquema de cogeneración típico de la industria azucarera.

Figura 14. **Diagrama de flujo, esquema de cogeneración típico de la industria azucarera**



Fuente: elaboración propia.

Uno de los objetivos del estudio es conocer las eficiencias de los equipos tanto energética como exergéticamente e implementar esquemas de operación que combinen los equipos y los flujos de operación. Por consiguiente, actualmente, la mayoría de los ingenios operan sistemas de generación de vapor con calderas que queman bagazo como combustible principal. Las presión de operación del vapor

oscila entre 20,68-44,81 bar (g) [300–650 psi (g)] a temperaturas entre 300–400 °C [572–750 °F], respectivamente.

A continuación, se presentan los datos del sistema actual proporcionados por el área de producción.

Tabla IV. **Datos significativos del sistema de cogeneración actual**

Parámetro	Esquema actual
Rata de molienda (TCH)	230
Fibra% caña (%)	13,5
Bagazo% caña (%)	24,9
Humedad bagazo (%)	50
Bagazo producido (t/h)	57,3
Bagazo aprontado (t/h)	2,1
Presión caldera (bar) (g)	20,7
Temperatura caldera [1] (°C)	400
Flujo másico vapor (kg/s)	24,7
Presión caldera (bar) (g)	20,7
Temperatura caldera (°C)	343
Flujo másico de vapor caldera (kg/s)	10,7
Demanda vapor elaboración (kg/s)	31,7
Demanda vapor destilería (kg/s)	3,6
Generación eléctrica (MWh)	13
Consumo eléctrico (MWh)	11
Excedente energía (MWh)	2
Eficiencia energética (%)	77,6

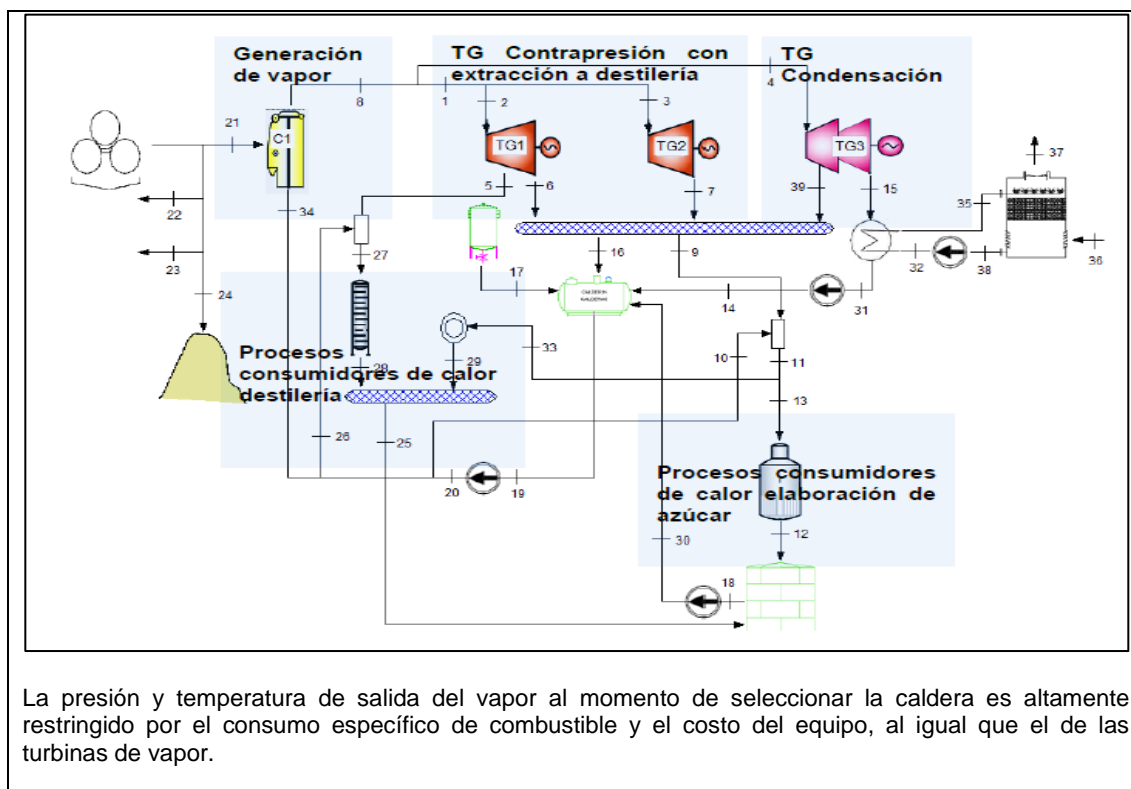
Fuente: elaboración propia.

Para modelar este esquema se tuvo en cuenta dos factores que juegan un papel clave, ya que representan las restricciones principales de los sistemas de cogeneración:

- Disponibilidad tecnológica
- Disponibilidad del combustible y demanda de vapor al proceso

Este esquema, tal cual lo ilustra la figura 15 , es un ciclo Rankine cerrado; los componentes del sistema generador de vapor se especifican para presiones de operación entre 62-65,5 bar (g) [900 - 950 psi (g)] y temperaturas de 510 °C [950 °F], se utiliza como combustible principal bagazo de caña y puede operar con un mezcla 50 % bagazo + 50% carbón.(Sin embargo, este estudio no tiene el carbón como combustible alterno, por ello no está dentro del alcance del mismo).

Figura 15. Esquema de cogeneración proyectado a rata estándar

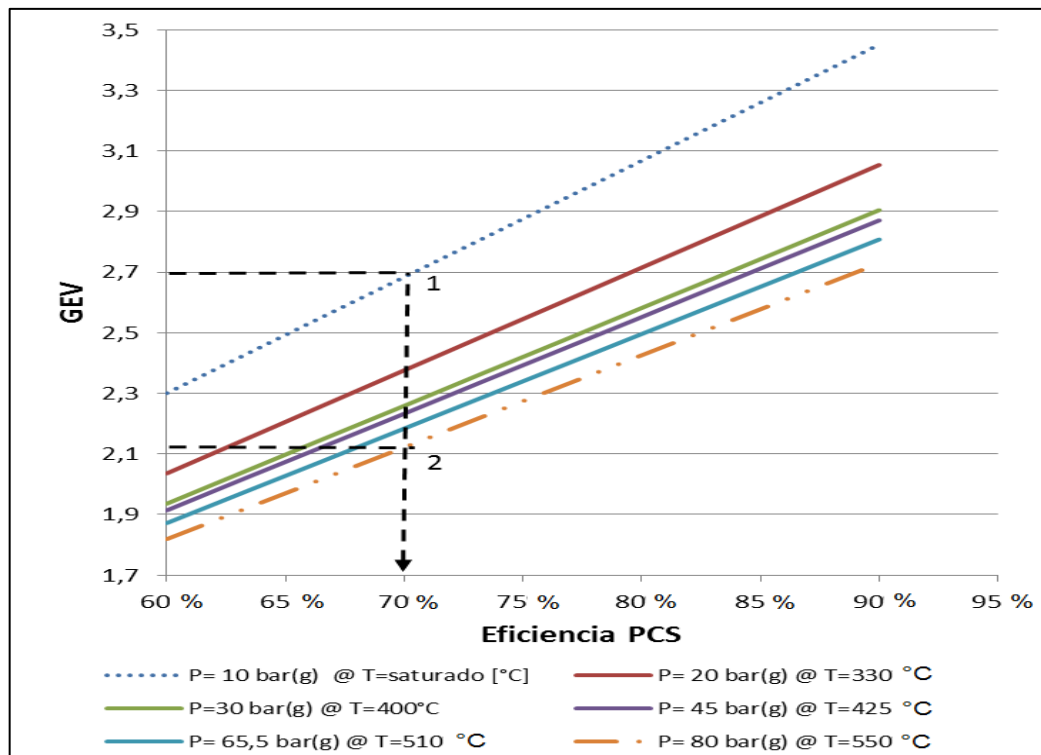


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

En la figura 16, se observa como al aumentar la presión y temperatura de operación, la generación específica de vapor de la caldera empieza a decrecer; por ejemplo, al dejar constante la eficiencia térmica de la caldera en 70 % desde el punto 1 a 2, la caldera disminuye su GEV de 2,7 a 2,1 kg vapor / kg bagazo.

Esto no quiere decir que la caldera sea más o menos eficiente térmicamente, al modificar el estado del vapor generado. Por el contrario, indica, que al incrementar este estado, la caldera genera menos vapor por unidad de combustible pero con más energía, la cual será convertida en trabajo al ser pasado por los turbogeneradores.

Figura 16. **Generación específica de vapor en función de la temperatura, presión y eficiencia de operación**



Fuente: elaboración propia.

Con la tabla V, se demuestra que la entalpía no varía mucho cuando se deja la temperatura constante en 510 °C y se modifica la presión.

Tabla V. **Variación de energía con el cambio de presión a temperatura constante**

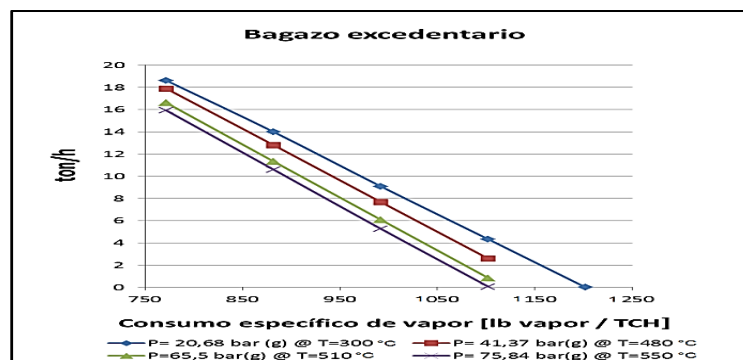
Presión (bar)	Temperatura (°C)	Entalpía (kJ/kg)
62,1	510	3 444
65,5	510	3 440
68,9	510	3 436

Fuente: elaboración propia.

Las principales especificaciones que intervienen en la proyección del esquema, son las siguientes:

- Se remplazan todos los accionamientos mecánicos impulsados por vapor, con motores eléctricos de alta eficiencia.
- Se implementan turbogeneradores de contrapresión y condensación cuyos SR ondean los 5,49 y 3,76 kg vapor/kWh [12,1 y 8,3 lb vapor/kWh], respectivamente.

Figura 17. **Influencia de la presión y temperatura de generación de vapor en la disponibilidad de combustible @ 230 TCH**



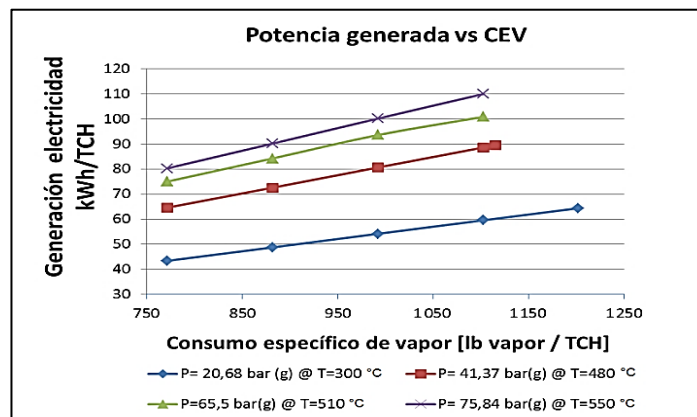
Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Datos significativos sistema de cogeneración proyectado sin excedente de bagazo a estándar**

Parámetro	Esquema proyectado
TCH	230
Fibra % caña (%)	13,5
Bagazo % caña (%)	24,94
Humedad de bagazo (%)	50
Bagazo producido (t/h)	57,3
Bagazo apto (t/h) *	0,39
Presión caldera [1] (bar (g))	65,5
Temperatura de caldera (°C)	510
Flujo másico vapor de caldera (kg/s)	35,9
Presión de caldera (bar (g))	0
Temperatura caldera [2] (°C)	0
Flujo másico del vapor de caldera (kg/s)	0
Demanda de vapor elaboración (kg/s)	31,7
Demanda de vapor destilería (kg/s)	3,6
Generación eléctrica (MWh)	23,5
Consumo eléctrico (MWh)	12
Excedente de energía (MWh)	11,5
Eficiencia energética (%)	79
*Bagazo que se reserva para abastecer al proceso en liquidaciones y paros de fábrica	

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Influencia del consumo de vapor de proceso en la generación de energía eléctrica en sistemas de generación de vapor para cogenerar con turbinas a contrapresión**



Fuente: elaboración propia.

De allí, se puede concluir:

- Al disminuir el CEV, la generación eléctrica disminuye y da un balance negativo en la generación de excedentes de energía entre 340-450 kg vapor/TCH [750-992 lb vapor / TCH], cuando el CEE se mantiene en 47 kWh/TCH.
- El aumentar la demanda de vapor al proceso puede ocasionar déficit de bagazo esto no justificaría la generación eléctrica, ya que el combustible alternativo para solventar el aumento de consumo de vapor, debe ser comprado representando inmediatamente un costo adicional en el sistema de cogeneración.

Tabla VII. **Evaluación del consumo de vapor para el aumento de generación eléctrica en sistemas**

TCH	CEE [kWh/TCH]	Energía consumida [kWh]	CEV [lb v/tc]	Vapor consumido [lb vapor/h]	SR [lb vapor/ kWh]	Energía generada [kWh]	Energía excedente [kWh]
230	47	10 810	750	172 500	22	7 718	-3 092
230	47	10 810	882	202 826	22	9 075	-1 735
230	47	10 810	992	228 160	22	10 209	-601
230	47	10 810	1 102	253 460	22	11 340	530

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Composición química

El carbono, de símbolo C, es un elemento crucial para la existencia de los organismos vivos con muchas aplicaciones industriales importantes. Su número atómico es 6; pertenece al grupo 14 (o IV A) del sistema periódico.

3.2.3. Composición física

Entre las propiedades físicas del carbono, están las siguientes:

- En general son cuerpos sólidos
- Es insoluble en el agua
- Son inodoros e insípidos
- Son más densos que el agua
- A excepción del diamante, son de color negro, frágil y untuoso al tacto

3.2.4. Caracterización del carbón

El carbón es una roca sedimentaria orgánica que contiene cantidades variables de carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y azufre, así como pequeñas cantidades de otros elementos, incluso la materia mineral; además, es fuente principal de energía en el presente y en un futuro cercano. Como roca sedimentaria, el carbón varía notablemente en sus propiedades fisicoquímicas en función de su rango y entorno geológico.

3.3. Biomasa

La biomasa es la fuente de energía más antigua utilizada por los humanos. Se encuentra en abundancia en casi todo el planeta y actualmente

más de 2 000 millones de personas, sobre todo en los países del sur global, dependen de ella para cocinar y obtener calor e iluminación. La energía resultante de la combustión de biomasa se llama bioenergía.

Una de las formas tradicionales de generar bioenergía es a partir de biomasa en forma sólida, como la leña. Pero el desarrollo de las tecnologías ha permitido obtener energía también a partir de astillas (*chips*) y pastillas (*pellets*) de madera; así como de la biomasa en forma líquida, como el etanol (a partir de cultivos como caña de azúcar, maíz, trigo) y el biodiesel (a partir de oleaginosas como palma aceitera, girasol, soja) y en forma gaseosa, como el biogás.

3.3.1. Poder calorífico

La biomasa vegetal está compuesta principalmente por carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H). El carbono es el componente del biocombustible sólido a través del cual se libera el contenido energético del combustible. Además, el hidrógeno suministra energía adicional al proceso de oxidación que, sumado a la energía producida por el carbono, determina el poder calorífico inferior del combustible. El oxígeno, por el contrario, solo mantiene el desarrollo del proceso de oxidación.

3.3.2. Composición química

La celulosa con la que está compuesta la biomasa tiene partes de hidrógeno que permiten una estructura fibrilar de alta cristalinidad.

Para esta etapa del análisis se siguieron los mismos parámetros de operación descritos en los esquemas anteriores; además, se tuvo en cuenta una composición de bagazo tal cual lo muestra la tabla VIII.

Tabla VIII. **Composición química del bagazo**

Componente	Fracción másica
Humedad (w)	50 %
Carbono (c)	20 %
Hidrógeno(H)	3 %
Oxígeno (O)	20 %
Nitrógeno (N)	0 %
Sacarosa (s)	1 %
Ceniza (z)	6 %

Fuente: elaboración propia.

Con lo anterior se puede calcular la energía específica del combustible, el cual es expresado por la siguiente ecuación.

$$b_{\text{Bagazo}} = 199,5 \cdot (100 - 0,17 \cdot s - w - z + 0,01 \cdot z \cdot w) \text{ [kJ/kg] [Ecuación 1]}$$

3.3.3. **Composición física**

La biomasa está compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina (compuestos estructurales) y como constituyentes minoritarios, la humedad.

3.3.4. **Caracterización de la biomasa**

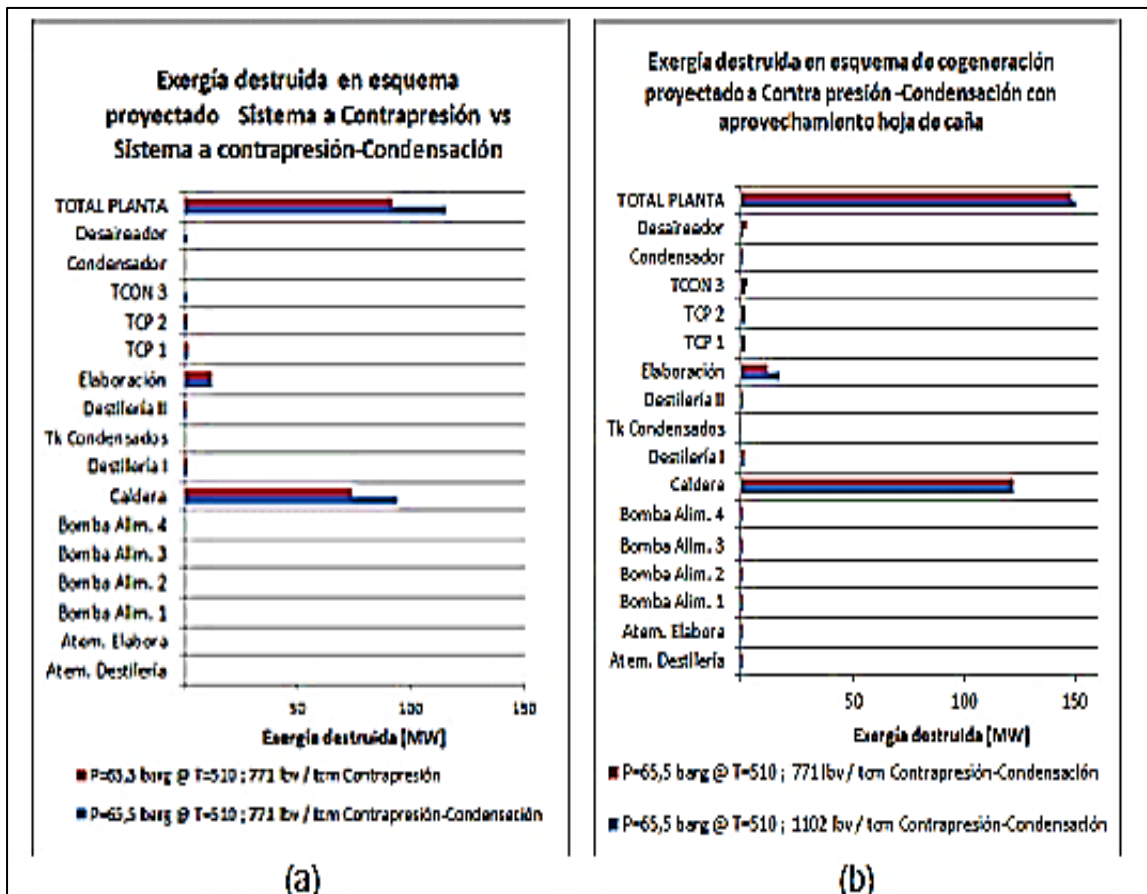
La caracterización de la biomasa se da con base en que se genera de compuestos estructurales y humedad.

3.3.5. **Procedencia**

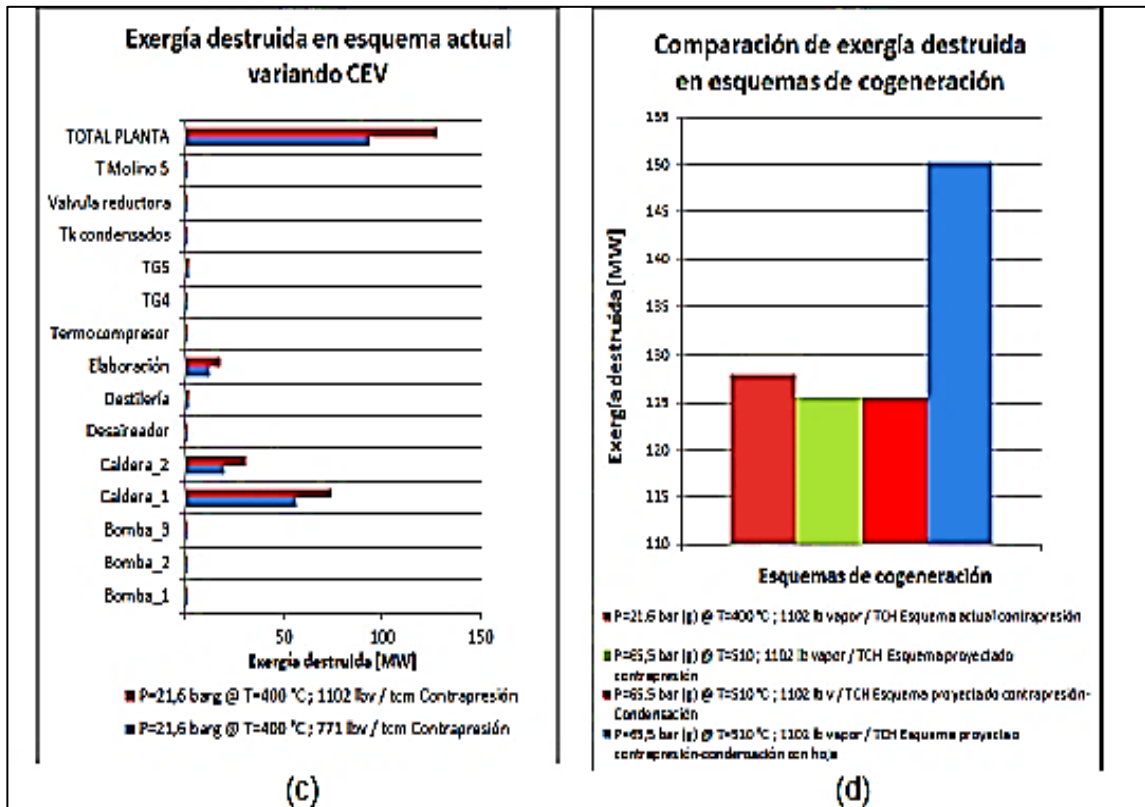
La procedencia se da de todos los residuos generados en la industria alimenticia en plantas de procesamiento de frutas, vegetales, hortalizas.

Con base en la ecuación 1, se encuentra la energía disponible en el combustible y a partir de esta, se puede mostrar la distribución de irreversibilidades en las fábricas actuales basados en un Sistemas de generación de vapor para cogenerar con turbinas a contrapresión (SGVTCP), utilizando el balance de energía en cada uno de los procesos. Es importante citar que la caldera es la principal responsable de la destrucción de energía en el sistema de cogeneración. La eficiencia energética de este equipo es definido como la variación de energía del vapor generado por la caldera y la energía disponible del bagazo.

Figura 19. **Energía destruida en los equipos de cogeneración para los esquemas actual y proyectado**



Continuación de la figura 19.



Fuente: elaboración propia.

3.4. Manejo de cenizas

La cenizas se generan como producto de la combustión del carbón para la producción de energía; estos residuos pueden ser de dos tipos diferentes en función de su tamaño. En este sentido, las cenizas de mayor tamaño provienen del fondo de la caldera, mientras que las cenizas de tamaño fino, son aquellas arrastradas por la corriente de humos de los sistemas de eliminación de partículas. Las cenizas volantes corresponden a material particulado retirado del separador de sólidos y el retenido en los filtros manga del generador.

Considerando el funcionamiento del generador al 100 % de su capacidad y en régimen permanente, en la parte inferior del horno (caldera) se generará el 40 % del total de las cenizas (30 Tn/h), un 5 % corresponde a partículas retiradas del separador de sólidos (3,75 Tn/h), mientras que de los filtros manga serán extraídos el 55% de los residuos (41,25 Tn/h).

3.4.1. Disposición de ceniza y manejo de lixiviados

El principal residuo generado por la central son las cenizas cuyos principales constituyentes son el calcio, el azufre, el silicio, el hierro, el aluminio, el magnesio y el potasio. La gran mayoría de estos constituyentes se encuentran presentes en forma de óxidos.

3.4.2. Diagrama de almacenamiento

El procedimiento tiene como objetivo detallar las actividades de almacenamiento.

- Alcance: el procedimiento es aplicable para todo el personal, de acuerdo a su competencia, desde girar instrucciones en la elaboración del procedimiento hasta su aprobación, autorización y archivo.
- Glosario
 - Procedimiento: consiste en una serie de pasos realizados cronológicamente, para efectuar un trámite administrativo. Describe en forma clara y precisa quién, qué, cómo, cuándo, dónde y con qué se realiza cada uno de los pasos.

- Norma: son las disposiciones administrativas que regulan lo establecido en un procedimiento, a fin evitar o reducir la aplicación de diversos criterios que provoquen confusión en las personas que intervienen en el mismo.
- Referencias: propietario del proceso: departamento de bodega.
- Políticas: es el jefe de bodega es el responsable de la entrada de productos.

Los procedimientos deben ser accesibles para todo el personal y deben tenerse control de sus lugares de localización y el control de las copias de dichos procedimiento.

El incumplimiento, por parte de cualquier persona involucrada, será sancionado con las medidas disciplinarias que rigen al personal de la organización.

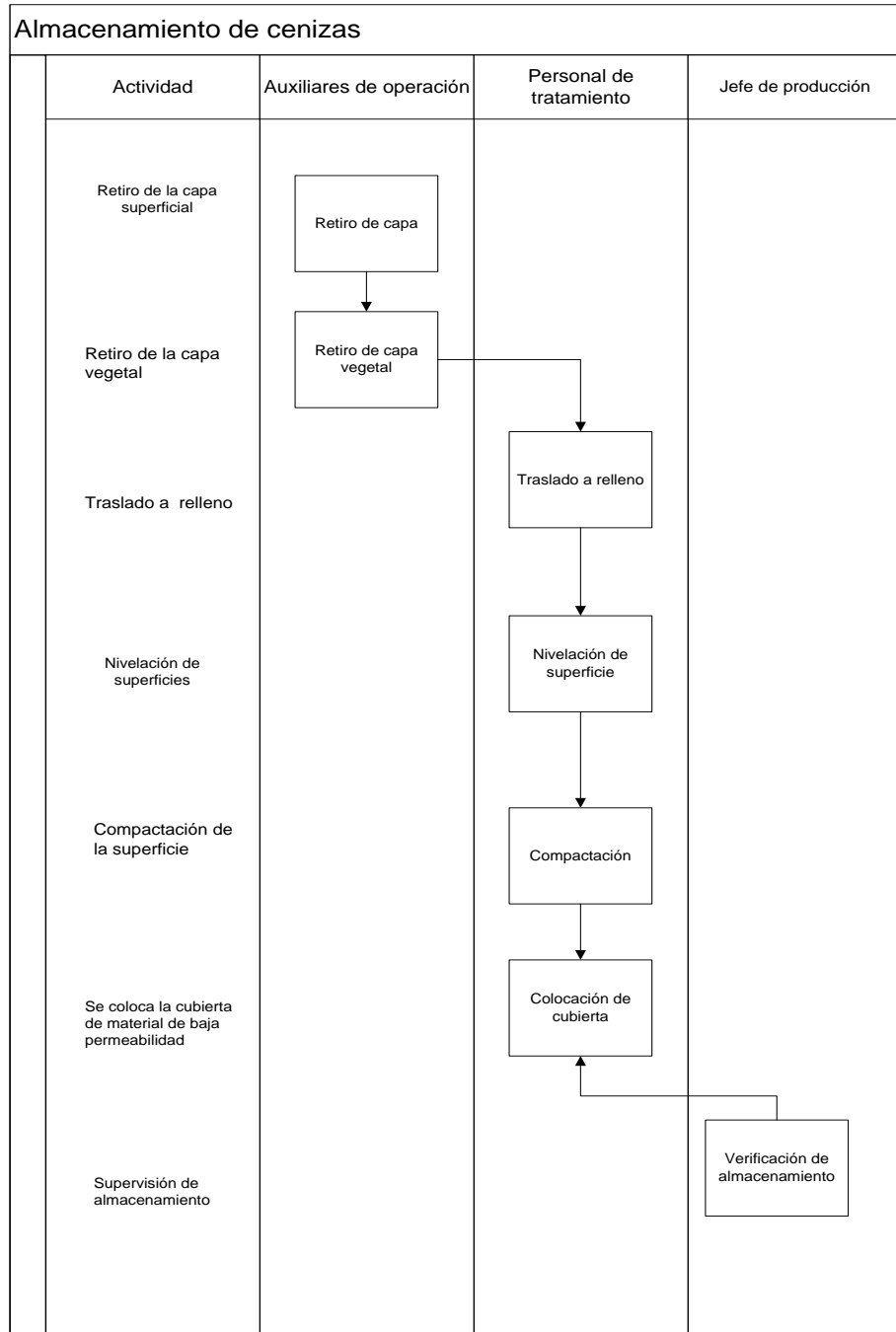
Tabla IX. Aprobación del proceso de almacenamiento

Ingenio San Diego			
Título del Procedimiento: proceso de almacenamiento		Departamento: bodega	Procedimiento No. BE.1.0
Aprobaciones		Autorizaciones	
Función y/o cargo	Firma	Función y/o cargo	Firma
Gerente de producción		Gerente general	
Jefe de bodega			
Copia No.	Asignada a:		
1	Gerente general		
2	Gerente de producción		
3	Jefe de bodega		

Fuente: elaboración propia.

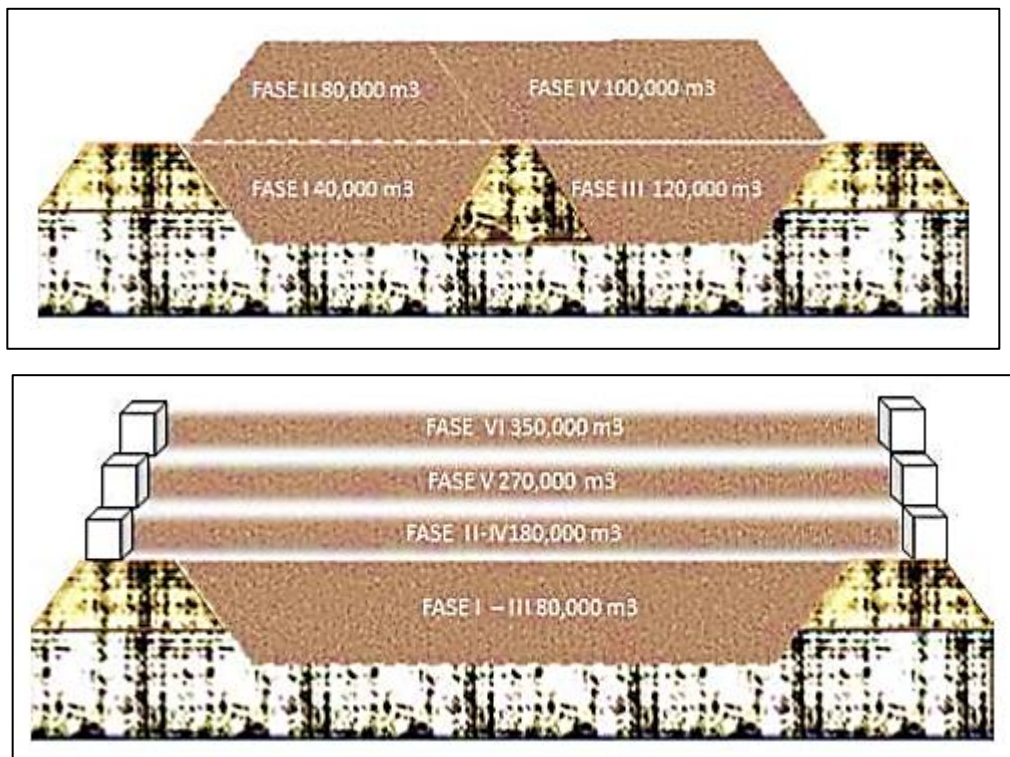
- Previo a la disposición de las cenizas, se retirará la capa superficial de suelo orgánico en una profundidad media de aproximadamente 30 cm, lo que se considera suficiente para eliminar la capa vegetal existente. En caso de que la capa vegetal tenga mayor profundidad, se retirará hasta eliminarla por completo. El escarpe se llevará a cabo en la medida que se requiera espacio para el relleno con cenizas. Este material se colocará en sectores aledaños para utilizarlos posteriormente como cobertura superficial, en la medida que se vayan teniendo las pilas de relleno completas.
- Se nivelarán en la superficie todos los puntos bajos y depresiones del terreno, para lograr una superficie pareja que permita efectuar los rellenos posteriores en forma sistemática y ordenada. De ser necesario, se procederá a ejecutar una compactación en toda la superficie basal de la zona previamente en donde se realizará la disposición de las cenizas. Sobre la superficie mejorada se colocará una cubierta de material de baja permeabilidad para impermeabilizar la superficie en donde se realizará el relleno.

Figura 20. Diagrama de almacenamiento



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

Figura 21. **Fases de almacenamiento**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

3.4.3. **Parámetros de diseño**

El transporte del material por medio de camiones, cintas transportadoras o una combinación de ambos, debe procurar ser cubierto para evitar la generación de emisiones de polvo.

Para evitar el ingreso de aguas de lluvias por escurrimiento hacia la zona de disposición durante el proceso de operación se considerará utilizar una doble protección. En este sentido es aconsejable la construcción de un terraplén perimetral y de contrafosos que interrumpan el flujo de agua y lo desvíen en

forma controlada hacia un foso decantador para posteriormente enviar los excedentes hacia cursos naturales vecinos.

Se deberán construir obras de manejo, colección y drenaje de los lixiviados generados dentro de los depósitos como resultado de las ocurrencias de lluvias. De este modo se colectará el agua lixiviada la cual junto con el resto del agua precipitada, podrá ser utilizada para riego superficial en el proceso de compactación.

En caso de no ser utilizada en la compactación el agua colectada deberá ser dirigida a una pileta de lixiviados, donde serán tratadas previo a su disposición final.

En caso de que dentro del sector destinado al depósito de residuos de combustión existan quebradas naturales, se intentará no realizar su relleno ya que se prevé que todas las escorrentías superficiales por aguas de lluvias se encauzarán hacia las mismas tal como se encauzan en forma natural.

El área del depósito quedará entonces dividida por las quebradas existentes en el lugar. A fin de llevar a cabo un trabajo ordenado y sistemático se recomienda dividir el terreno disponible en sectores conformando depósitos independientes según las condiciones topográficas, geológicas y el avance operativo.

Entre cada sector pueden ser construidos caminos utilizando cenizas compactadas sobre los cuales podrán circular diferentes tipos de vehículos. Resulta importante mencionar que a medida que se termina con un sector se debe comenzar con otro adyacente, obteniéndose finalmente un único relleno.

El material descargado será esparcido y posteriormente compactado con la maquinaria adecuada. El mismo deberá colocarse con una humedad óptima la que debe ser verificada posteriormente con ensayos de laboratorio. Para el caso de cenizas finas se aconseja agregar un porcentaje de 25 % a 30 %. La exigencia técnica que deberá observarse será que la humedad de compactación de los materiales esté comprendida entre ± 2 % de la humedad óptima, determinada de acuerdo al método ASTM D1557 o equivalente.

La disposición de los residuos de combustión se efectuará extendiendo capas con su humedad óptima ya incorporada, las que luego deberán ser compactadas con rodillo liso. La segunda capa se colocará una vez terminada completamente la primera y así sucesivamente hasta llegar a la altura máxima definida, procurando dejar un talud.

El espesor de las capas se podrá ajustar dependiendo de la topografía de la zona en particular, de modo de regularizar y emparejar los niveles de los diversos sectores. Inclusive, puede darse el caso que en algunos lugares en que se produzcan depresiones mayores, sea necesario colocar una mayor cantidad de capas. Sobre la última capa (incluyendo los taludes) de residuos de combustión, se colocará un manto compactado de suelo natural de aproximadamente 20 cm de espesor, de modo de evitar la erosión eólica de los residuos.

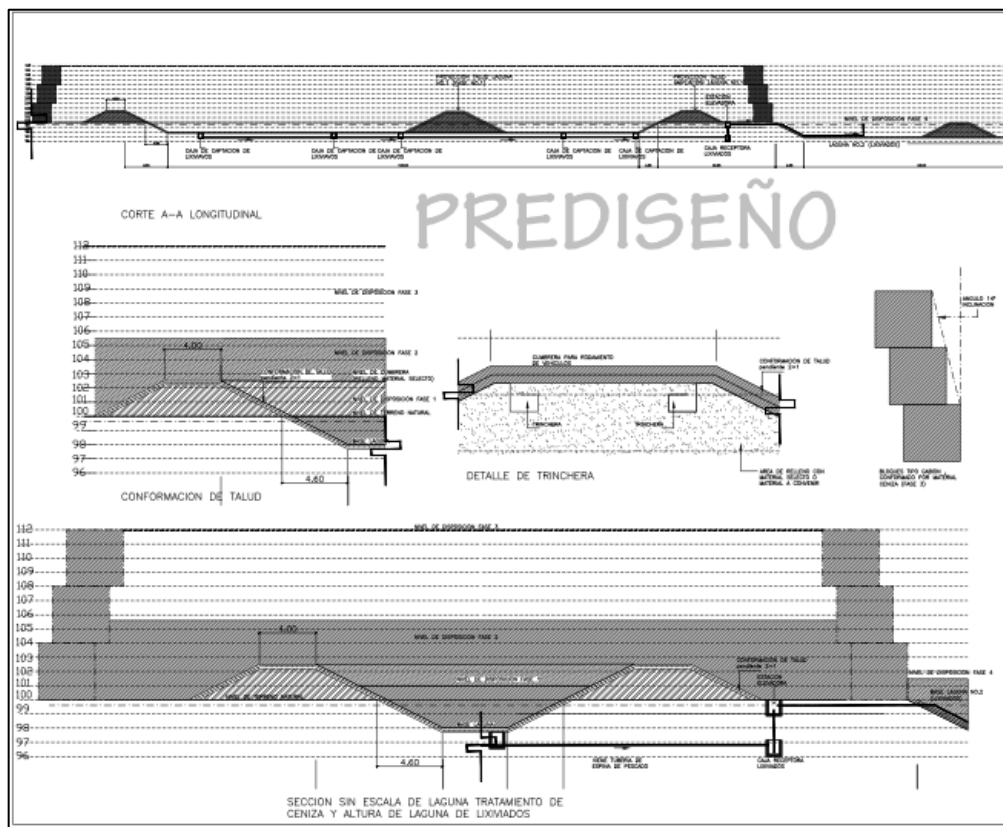
La superficie superior resultante quedará con una pendiente media relativamente pareja. Una vez completada la capacidad del depósito se obtendrá un relleno con una permeabilidad que corresponde a la permeabilidad de las cenizas. El material así dispuesto será resistente a la erosión, siendo capaz de mantener su resistencia, adaptándose a la topografía del lugar con suaves pendientes superficiales.

El terreno quedará superficialmente mucho más parejo que en el origen, exhibiendo suaves planos inclinados. Su superficie superior quedará compactada con rodillo, de manera que será transitable con vehículos de tracción simple, quedando apto para los usos que se le quiera dar.

3.4.4. Perfil hidráulico, secciones y detalles

A continuación, se presenta el perfil hidráulico y secciones de detalle de almacenamiento

Figura 22. Perfil hidráulico, secciones y detalles

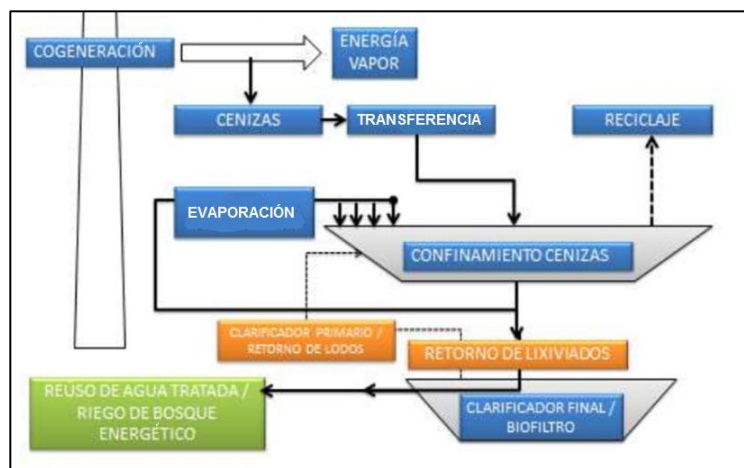


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

3.4.5. Flujo de ceniza y oferta

El diagrama de flujo de ceniza y oferta se basa en la cogeneración de residuos en la cual se produce energía de vapor; los desechos como cenizas llevan a una zona de transferencia donde una cámara de confinamiento hace el proceso de clasificación primaria a través del retorno de lodos y lixiviados, pasando a un clarificador final /biofiltro para el reuso de agua tratada.

Figura 23. Flujo de flujo de ceniza oferta



Fuente: elaboración propia.

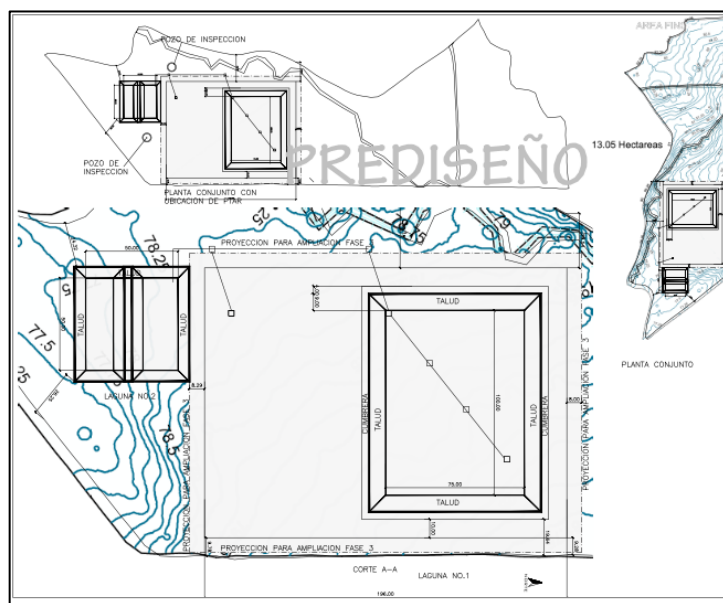
3.4.6. Plano de conjunto de fase

A continuación, se presenta el plano de la fase de manejo de cenizas, y los parámetros de diseño.

- 850 toneladas/día de cenizas: mezcla de bagazo, carbón y madera según disponibilidad y requerimientos del departamento de energía. (Bloque 4: 130 días y bloque 5: 330 días).

- Densidad: 1,20-1,70tonelada / m3.
- Humedad: (15 % - 30 %) variable según ajustes de operador antes de carga para mantener la menor cantidad de material volátil/suspensión.
- Aguas pluviales: 2 000 - 4 000 mm/año.
- Capacidad de almacenamiento: 1 año / temporada de invierno.
- Disposición final de aguas tratadas: evaporación por riego de cenizas confinadas y/o reúso agrícola como fertiriego, en bosque energético.
- Factor de compactación en confinamiento a un ≤ 90 %.

Figura 24. Fase uno



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2014.

3.5. Oferta

Para la oferta de la construcción se deben tomar en cuenta la planificación, el diseño y la supervisión del proyecto.

De igual forma los trabajos de obra civil, los suministros de materiales y la construcción

También la construcción de la laguna de cenizas y lexiviados.

Tabla X. **Oferta de servicio**

Descripción del bien/servicio/obra	Cantidad	Grupo Verde Caribe S. A.		OMALI S. A.		MOVITIERRAS S. A.	
		Precio unitario (Q)	Total(Q)	Precio unitario(Q)	Total (Q)	Precio unitario (Q)	Total (Q)
Planificación, diseño y supervisión	1	290 758,93	290 758,93				
Trabajos de obra civil, suministro de materiales y construcción	1	471 339,29	471 339,29				
Suministro e instalación de geomembrana para el revestimiento de la planta de tratamiento de cenizas	1			697 816,40	697 816,40		
Construcción de lagunas de ceniza y lexiviados, obra civil	1					741 083,71	741 083,71
		Subtotal	762 098,21	Subtotal	697 816,40	Subtotal	741 083,71
		Iva	91 451,79	Iva	83 737,97	Iva	88 930,05
		Total	853 550,00	Total	781 554,37	Total	830 013,76

Fuente: elaboración propia.

3.5.1. Requerimientos adicionales para el ingenio

Los requerimientos adicionales para el ingenio se basan en:

- Ingeniero como contacto directo y apoyo en la supervisión
- Pago directo a los proveedores

- Apoyo con seguridad perimetral
- Acometida de agua potable (cisterna estacionaria)

3.5.2. Condiciones de la oferta

- Ingeniería, construcción y arranque
- 20 % anticipo
- Estimaciones semanales / trámite de cheque 8 días

3.5.3. Trabajos / reglones a tomar en cuenta

- Mantenimiento del camino hacia la laguna de cenizas.
- Ingreso al recinto (paso por quebrada/quinel pluvial).
- Cerramiento perimetral y/o guardia de seguridad (malla y puertas de ingreso).
- Iluminación en área para descarga nocturna.
- Laboratorio externo para análisis de muestras de efluentes.

4. IMPLANTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Plan de acción

Las cenizas generadas durante la actividad productiva y que no tienen interés directo con relación a la actividad principal deben ser dispuestas de alguna manera ya que no es posible generar la cantidad de residuos previstos sin afectar el medio ambiente. Frente a esta situación existen dos caminos posibles y simultáneos: la disposición en una forma ambientalmente segura y la reutilización de estos subproductos como insumos para otras actividades.

Para lo cual se hace necesario un plan de manejo ambiental para la disposición final de cenizas.

4.2. Planta de tratamiento de ceniza

Las cenizas que se obtienen de la combustión de elementos vegetales poseen altas concentraciones de fósforo, potasio, hierro y calcio, principalmente; los cuales son elementos químicos que aportan nutrientes a las plantas. Estas propiedades de la ceniza lo convierten en un abono o fertilizante orgánico utilizado en la agricultura.

4.2.1. Diseño de la planta

Se debe tener un área mínima de 70 m² que llene todos los requisitos para que las respectivas autoridades autoricen la construcción: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y la municipalidad del lugar.

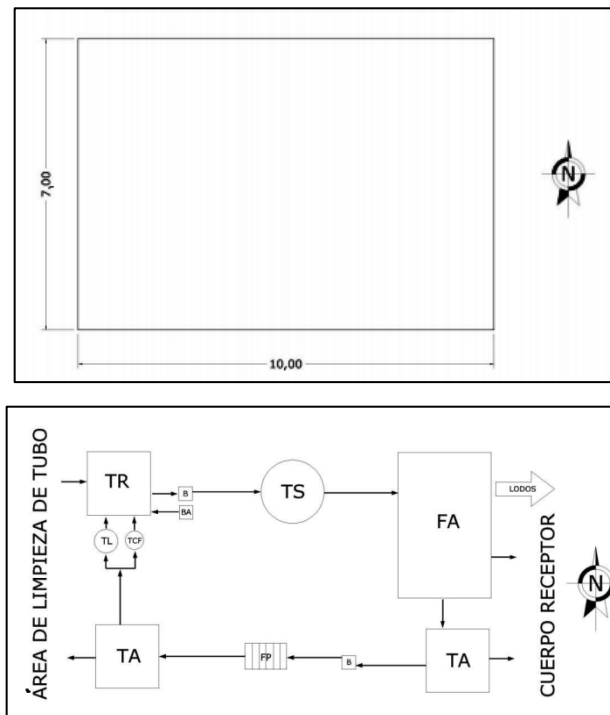
- Diseño del reactor neutralizador (TR): el reactor neutralizador tiene una capacidad de $17,376 \text{ m}^3$, para un lote de 10 m^3 del ácido residual más 5 m^3 de la lechada de cal y $0,5 \text{ m}^3$ de coagulante floculante, más un 12 % de seguridad del volumen de su capacidad, para hacer un total en volumen requerido de $17,36 \text{ m}^3$. De concreto armado tipo cisterna enterrado, abierto a la atmosfera; ejecutada por un ingeniero civil con la supervisión del ingeniero químico quien es el diseñador.
- Diseño tanque coagulante-floculante (TCF): el tanque con una capacidad de $0,90 \text{ m}^3$, con una base cónica, de lámina negra $1/8$ de pulgada, abierta a la atmosfera, a $0,75 \text{ m}$ sobre el nivel del suelo; obra ejecutada por un ingeniero mecánico con la supervisión del ingeniero químico diseñador.
- Diseño tanque de lechada (TL): su capacidad es de $2,50 \text{ m}^3$, de lámina negra de $1/8$ de pulgada, abierta a la atmosfera, a $0,75 \text{ m}$ sobre el nivel del suelo, con una base cónica; obra del ingeniero mecánico, supervisada por ingeniero químico diseñador.
- Diseño tanque de sedimentación (TS): una capacidad de $12,0 \text{ m}^3$, el sedimentador completamente cerrado, de lámina negra de $1/4$ de pulgada, a $1,50 \text{ m}$ sobre el nivel del suelo, arriba del reactor neutralizador (TR); obra de ingeniería mecánica, supervisada por el ingeniero químico diseñador.
- Diseño filtro de arena (FA): el filtro de arena con una capacidad de mínima de $10,0 \text{ m}^3$, más un 10 % de su capacidad, para un total de 11 m^3 , como filtro utiliza una capa de grava o piedrín de $1/2$ o una pulgada de diámetro y arena, se recolecta el líquido por medio de tubería de PVC

de 4 pulgadas de diámetro perforados manualmente; obra ejecutada por un ingeniero civil y por un ingeniero mecánico, y supervisado por el ingeniero químico diseñador.

- Diseño tanque de agua (TA): con un volumen de $12,0 \text{ m}^3$, de concreto armado tipo cisterna, completamente cerrado enterrado del nivel del suelo hacia abajo, obra civil, supervisado por ingeniero químico diseñador.

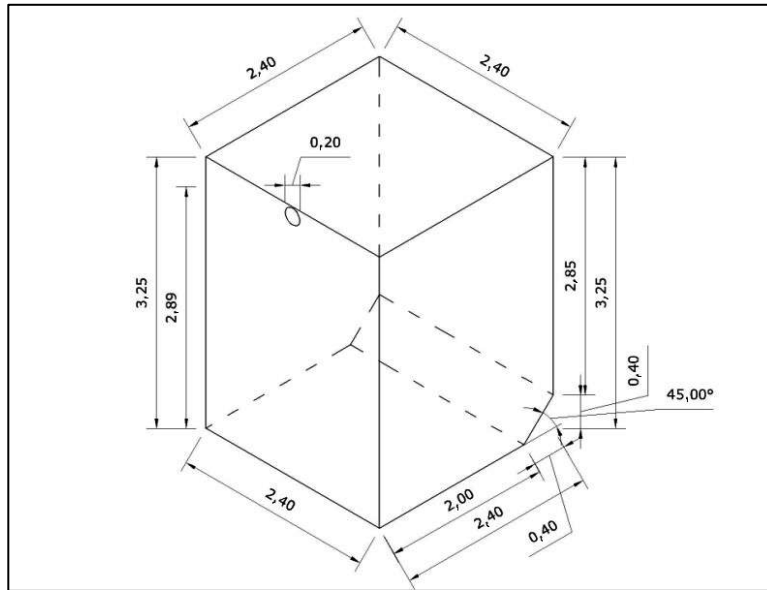
A continuación, se presenta el área de diseño de la obra física para el tratamiento de aguas residuales y sólidos.

Figura 25. **Plano del terreno**



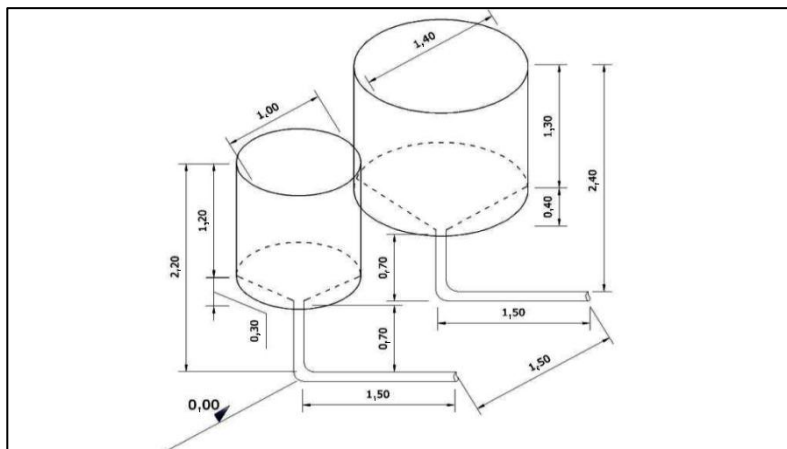
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 26. **Diseño del tanque reactor**



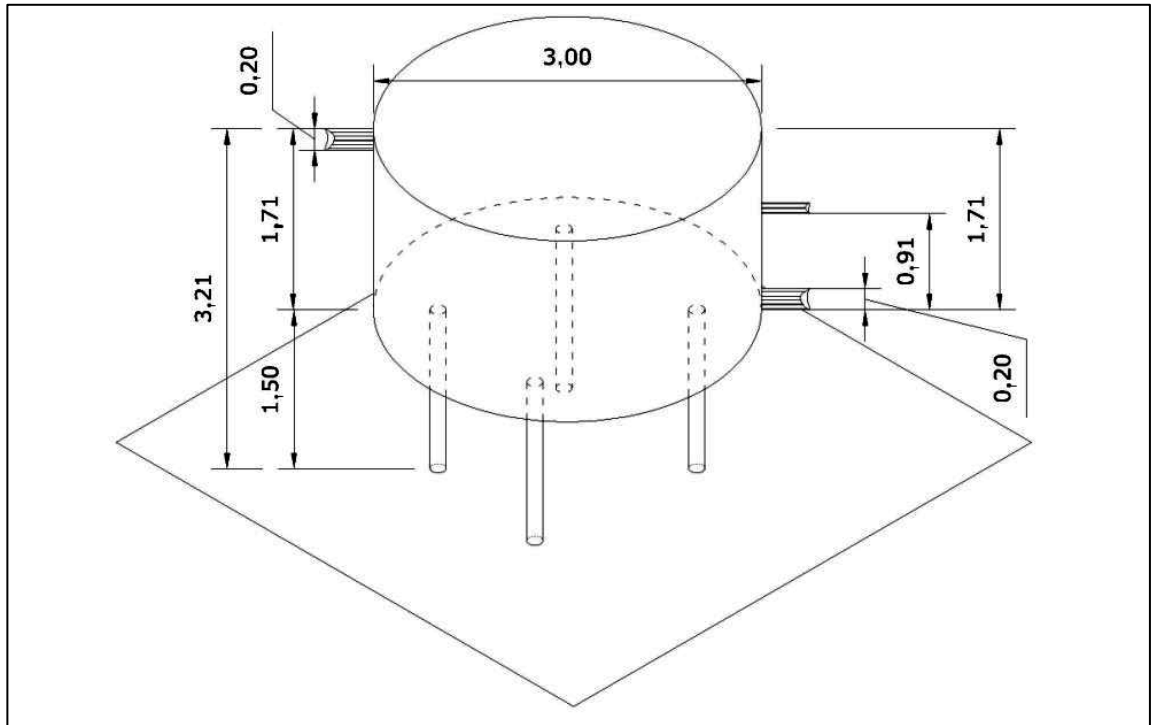
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 27. **Diseño del tanque coagulante-floculante y lechada (TCF Y TL)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 28. **Tanque de sedimentación**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

4.2.2. **Cotización de construcción**

Para la cotización de la construcción, la empresa en estudio ha realizado varias solicitudes a empresas constructoras, en las cuales los aspectos a considerar para la laguna de disposición de cenizas son los siguientes:

- Laguna de corte de capa vegetal con un área de 14 000 m²
- Excavación en la base de la laguna
- Relleno de taludes con material de excavación
- Tallado de base de la laguna y de taludes
- lixiviados

- Corte de capa vegetal de un área de 400 m²
- Excavación de base de la laguna
- Relleno de taludes con material de excavación
- Tallado de base de la laguna y de taludes

Tabla XI. **Cotización**

Descripción	Cantidad	Precio unitario (Q)	Precio total
Laguna para disposición de cenizas			
Corte de capa vegetal área de 14 000 m ²	2 800 000 m ³	21	58 800,00
Excavación en la base de la laguna	11 900 00 m ³	21	240 975,00
Relleno de taludes con material de excavación	11 900 00 m ³	20,25	240 975,00
Tallado de base de la laguna y de taludes	11 700 00 m ²	10	117 000,00
Laguna para disposición lixivados			
Corte de capa vegetal, área de 4 500 m ²	980 00 m ³	21	20 580
Excavación en la base de la laguna	2 375 m ³	21	49 875
Relleno de taludes con material de excavación	2 375 m ³	20,25	49 875
Tallado de base de la laguna y de taludes	4 479 m ³	10	44 790
Total			830 013,75

Fuente: elaboración propia.

4.2.2.1. **Laguna de ceniza**

La laguna de ceniza se construirá en un área base de 100 m por 80 m más área de bordas, con una altura de 4 m.

4.2.2.2. Laguna de lixiviados

El área a utilizar es de 50 por 50 metros de base más área de bordas, con una altura promedio de 2,5 m incluyendo altura de bordas.

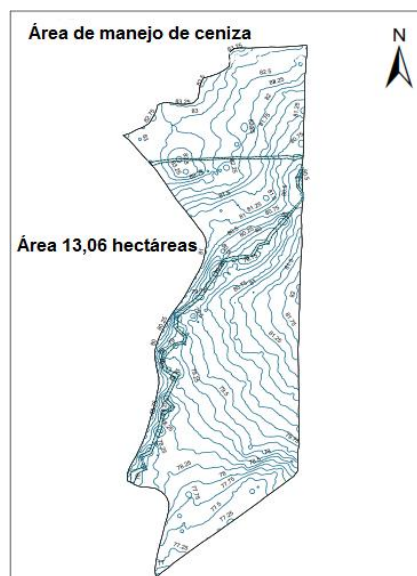
4.3. Diagrama de almacenamiento

El proceso de almacenamiento requiere diferentes parámetros para su utilización los cuales se describen a continuación.

4.3.1. Parámetros

El área para el almacenamiento según los datos de la empresa en estudio se representa en la vista en planta.

Figura 29. Área de manejo de ceniza



Fuente: elaboración propia.

4.3.2. Capacidad diseñada

El diseño de un plan para la disposición final de cenizas y el manejo de los lixiviados que pueda ser completado por fases y bajo el cumplimiento de la legislación vigente.

Los parámetros para el tratamiento de los lixiviados se resumen como la humedad con la que ingresa la ceniza al recinto y se adiciona la precipitación del periodo de lluvias/invierno:

- Área de influencia pluvial de la laguna de ceniza: fase I: $124 \times 104 = 12,896 \text{ m}^2$.
- Volumen de Agua pluvial a almacenar y tratar: $49,005 \text{ m}^3$ por un periodo anual.

4.3.3. Márgenes de capacidad utilizables

- Volumen para diseño por humedad de ceniza: entre 15 % y 25 % de humedad.
- Volumen por precipitación (área del recinto $12\,000 \text{ m}^2$) $42\,000 \text{ m}^3$ por zafra. * mm estación pluvial.

4.4. Logística en el proceso

La logística para el proceso requiere la capacitación del personal operativo y técnico para el proyecto. Ante lo cual se realiza un plan de capacitación.

4.4.1. Capacitación del personal

La ampliación de los conocimientos de los trabajadores por medio de una capacitación brinda beneficios a ellos y a la empresa. Esto ayuda a mejorar sus competencias y a la empresa le permite obtener calidad e innovación en el desarrollo de sus procesos.

Tabla XII. Plan de capacitación

Capacitaciones de mejoramiento	Objetivos	Medidas para mejorar la situación	Resultados estimados
Conceptualización de residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> • Dar a conocer conceptos. - Informar al personal sobre el proyecto. - Concientizar sobre las consecuencias o daños ocasionados por los residuos 	Talleres	<ul style="list-style-type: none"> • Conceptualizar al personal. - Contextualizar al personal. - Concientizar al persona
Reducción de residuos	<ul style="list-style-type: none"> • Trasladar conocimiento en el uso racional de recursos. -Minimizar residuos. Proponer alternativas para reducir la generación 	Taller	<ul style="list-style-type: none"> • Transmitir conciencia al personal para el uso responsable de recursos. - Disminuir la generación de residuos.
Clasificar residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los residuos recuperables. - Identificar los residuos inertes. - Valorizar los residuos aprovechables 	Taller	<ul style="list-style-type: none"> • Lograr diferenciar los tipos de residuos. - Clasificar adecuadamente los residuos. - Estimar los beneficios que se pueden obtener
Tratamiento de residuos orgánico	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar abono orgánico. - Realizar análisis físicos - Realizar análisis químicos. - Realizar análisis organolépticos 	Taller	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de olores desagradables. - Aprovechamiento de residuos orgánicos.

Fuente: elaboración propia.

4.5. Condiciones de trabajo

Dentro de la planta de producción, se deben tener instalaciones con medidas de seguridad para resguardar la vida de los trabajadores y el cuidado de las máquinas.

4.5.1. Ergonomía

Dentro de una estación de trabajo, el operador debe estar aislado del ruido en el caso de trabajar con máquinas por medio de tapones de oído y orejeras para cuidar cualquier daño a su sistema auditivo. De igual forma debe utilizar guantes, casco, lentes de protección, calzado industrial para prevenir accidentes laborales.

4.6. Análisis financiero

El análisis financiero de la propuesta se basa en los costos de operación cotizaciones para la instalación y operación de la planta y el presupuesto de la empresa.

4.6.1. Costos

El costo de realizar la inversión comercial, según datos proporcionados por la empresa, es de Q 789 469,00. La empresa cuenta con el capital para realizar el proyecto.

4.6.2. Cotizaciones

Como se expuso anteriormente, se presenta la cotización de la empresa en la tabla XIII.

Tabla XIII. Cotización

Descripción del bien/servicio/obra	Cantidad	Grupo Verde Caribe S. A.		OMALI S. A.		MOVITIERRAS S. A.	
		Precio unitario (Q)	Total(Q)	Precio unitario(Q)	Total (Q)	Precio unitario (Q)	Total (Q)
Planificación, diseño y supervisión	1	290 758,93	290 758,93				
Trabajos de obra civil, suministro de materiales y construcción	1	471 339,29	471 339,29				
Suministro e instalación de geomembrana para el revestimiento de la planta de tratamiento de cenizas	1			697 816,40	697 816,40		
Construcción de lagunas de ceniza y lexicviados, obra civil	1					741 083,71	741 083,71
		Subtotal	762 098,21	Subtotal	697 816,40	Subtotal	741 083,71
		Iva	91 451,79	Iva	83 737,97	Iva	88 930,05
		Total	853 550,00	Total	781 554,37	Total	830 013,76

Fuente: elaboración propia.

La empresa por confiabilidad no da el nombre de la empresa que realizará el proyecto, solo el monto que desea pagar.

4.6.3. Presupuestos

Para realizar un análisis del presupuesto y de los índices financieros, la empresa proporcionó la siguiente información.

Tabla XIV. Balance general

Activo	Balance general Compañía Bartlett (Expresado en US \$) Al 31 - 12 - 2015	Balance general Compañía Bartlett (Expresado en US \$) AL 31 - 12 - 2016	Variación	%
Activos circulantes				
Efectivo	363 000	288 000	75 000	26 %
Valores bursátiles	68 000	51 000	17 000	33 %
Cuentas por cobrar	503 000	365 000	138 000	38 %
Inventarios	289 000	300 000	-11 000	-4 %
Total de activos circulantes	1 223 000	1 004 000	219 000	22 %
Activos fijos brutos				
Terrenos y edificios	207 2000	1 903 000	169 000	9 %
Maquinaria y equipo	186 6000	1 693 000	173 000	10 %
Mobiliario e instalaciones	358 000	316 000	42 000	13 %
Equipo de transporte	275 000	314 000	-39 000	-12 %
Otros (incluye arrendamientos financieros)	98 000	96 000	2 000	2 %
Total de activos fijos brutos	4 669 000	4 322 000	347 000	8 %
Depreciación acumulada	2 295 000	2 056 000	239 000	12 %
Activos fijos netos	2 374 000	2 266 000	108 000	5 %
Total de activos	3 597 000	3 270 000	327 000	10 %
Pasivos y capital contable				
Pasivos circulantes				
Cuentas por pagar	382 000	270 000	112 000	41 %
Documentos por pagar	79 000	99 000	-20 000	-20 %
Cargos por pagar	159 000	114 000	45 000	39 %
Total de pasivos circulantes	620 000	483 000	137 000	28 %
Deuda a LP	1 023 000	967 000	56 000	6 %
Total de pasivos	1 643 000	1 450 000	193 000	13 %
Acciones preferentes- acumulables al 5 %, \$ 100 Valor nominal 2000 acciones autorizadas y emitidas	200 000	200 000	0	0 %
Acciones Ordinarias \$ 2,50 nominal 100 000 acciones autorizadas, emitidas y en circulación en 2006; 76,262 en 2005; 76,244	191 000	190 000	1 000	1 %
Capital pagado arriba del valor nominal en acciones ordinarias	428 000	418 000	10 000	2 %
Utilidades retenidas	1 135 000	1 012 000	123 000	12 %
Total de capital contable	1 954 000	1 820 000	134 000	7 %
Total de pasivos y capital contable	3 597 000	3 270 000	327 000	10 %
Acciones ordinarias	76 262	76 244		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Estado de pérdidas y ganancias

	Estado de pérdidas y ganancias			Estado de pérdidas y ganancias		
	Compañía Bartlett			Compañía Bartlett		
	(Expresado en US \$)			(Expresado en US \$)		
	Del 01 de Ene al 31 de Di			Del 01 de Ene al 31 de Di		%
	2 015		2 016			
Ventas totales	3 074 000	1	2 567 000		1,00	
(- Costo de ventas	2 088 000	1	1 711 000		67 %	
Utilidades brutas	986 000	0	856 000		33 %	
(- Gastos operativos						
Gastos de ventas	100 000	0	108 000		4 %	
Gastos generales y administrativos	194 000	0	187 000		7 %	
Gastos por arrendamiento	35 000	0	35 000		1 %	
Gastos por depreciación	239 000	0	223 000		9 %	
Total de gastos operativos	568 000	0	553 000		22 %	
Utilidad operativa	418 000	0	303 000		12 %	
(- Gastos financieros	93 000	0	91 000		4 %	
Utilidad neta antes de impuestos	325 000	0	212 000		8 %	
(- Impuestos (tasa 31%)	100 750	0	65 720		3 %	
Utilidad neta después de impuestos	224 250	0	146 280		6 %	
(- Dividendos de acciones preferentes	10 000	0	10 000		0 %	
Utilidades disponibles para Accs, comunes	214 250	0	136 280		5 %	

Fuente: elaboración propia.

4.6.4. Índices financieros

Con base en balance general y estado de pérdidas y ganancias, se presentan los índices financieros.

Tabla XVI. Razón de deuda

RAZONES DE DEUDA				
RAZÓN DE DEUDA				
Razón =	PASIVOS TOTALES	1 643 000	=	0,45676953 45,68 %
de deuda	ACTIVOS TOTALES	3 597 000		
La empresa tiene un endeudamiento del 45,68 % del total de activos, son dueños del 54,32 % de los activos.				
RAZÓN DE LA CAPACIDAD DE PAGO DE INTERESES				
Razón de la capacidad de pago de intereses =	UTILIDADES ANTES DE INTERESES E IMPUESTOS	418 000	=	4,494623656 4,49
	INTERESES	93 000		
Esta razón de 4,49 se considera aceptable ya que por experiencia se acepta el rango de 3,00 a 5,00 como mínimo, con el cual la empresa tendría la capacidad de pagar los intereses adeudados				
RAZÓN DE COBERTURA DE PAGOS FIJOS				
Razón de cobertura de =	UTILIDAD ANTES DE INTERESES E IMPUESTOS + PAGOS DE ARRENDAMIENTO	453 000	=	1,871247382 1,87
Pagos fijos	INTERESES + PAGOS DE ARRENDAMIENTO + [(PAGOS DE PRINCIPAL + DIVIDENDOS DE ACCIONES PREFERENTES) X { 1 / (1 - T)}]	242 085		
Puesto que las utilidades disponibles son casi el doble que sus obligaciones de pagos fijos, la empresa parece capaz de cumplir con seguridad con estas ultimas. Cuanto más baja es la razón, más alto es el riesgo para prestamistas y propietarios, cuanto más alta es la razón, menor es el riesgo. Indica cuando una empresa esta en peligro de ir a la quiebra				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Razón de actividad

RAZONES DE ACTIVIDAD				
Rotación de inventario				
Rotación =	$\frac{\text{Costo de ventas}}{\text{Inventarios}}$	$= \frac{2\,088\,000}{289\,000}$	=	7,22491349 50 Días
La rotación es de 7,22 veces en el 12, el inventario rota cada 50 días si se toma el resultado y se divide en 360 días.				
Periodo promedio de cobranza				
Periodo promedio de cobranza =	$\frac{\text{Cuentas por cobrar}}{\text{Ventas anuales} / 360}$	$= \frac{503\,000}{8\,539}$	=	58,9 Días
Este índice da el promedio de días, que le toma a la empresa recuperar o cobrar una cuenta pendiente				
Periodo promedio de pago				
Periodo promedio de pago =	$\frac{\text{Cuentas por pagar}}{\text{Compras anuales} / 360}$	$= \frac{382\,000}{4\,060}$	=	94,1 Días
Este índice es importante sólo en relación con los términos del crédito promedio extendido a la empresa, si los proveedores han extendido en promedio 30 días de crédito este índice se considera con una calificación de crédito baja.				
Rotación de activos totales				
Rotación de Activos totales =	$\frac{\text{Ventas}}{\text{Activos totales}}$	$= \frac{3\,074\,000}{3\,597\,000}$	=	0,85
Esto indica que la empresa rota sus activos 0,85 de 1,00 veces al año				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. Razón de liquidez

RAZONES DE LIQUIDEZ			
RAZÓN DEL CIRCULANTE			
Razón del circulante =	$\frac{\text{Activos circulantes}}{\text{Pasivos circulantes}}$	= $\frac{1,223,000}{620,000}$	= 1.97258065
Cuanto más alta es la razón del circulante, se considera que la empresa es más líquida			
RAZÓN RÁPIDA (PRUEBA DEL ÁCIDO)			
Razón rápida =	$\frac{\text{activos circulantes - inventario}}{\text{Pasivos circulantes}}$	= $\frac{934,000}{620,000}$	= 1.50645161
Se recomienda una razón rápida de 1,0 o mayor, tomando en cuenta que depende de la Industria que se trabaje, esta es recomendable tan sólo cuando el inventario de una empresa no se puede convertir fácilmente en líquido. Si el inventario se puede convertir en líquido es preferible la razón del circulante como medida de liquidez total.			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. Sistema DuPont

RENDIMIENTO SOBRE ACTIVOS					
ROA =	$\frac{\text{UTILIDADES DISPONIBLES PARA LOS ACCIONISTAS COMUNES}}{\text{VENTAS}}$	X	$\frac{\text{VENTAS}}{\text{ACTIVOS TOTALES}}$	X	
ROA =	$\frac{214,250}{3,074,000}$	X	$\frac{3,074,000}{3,597,000}$	X	
ROA =	0.069697463	X	0.854601056	=	0.059563525 6.0%
RENDIMIENTO SOBRE CAPITAL					
ROE =	$\frac{\text{UTILIDADES DISPONIBLES PARA LOS ACCIONISTAS COMUNES}}{\text{ACTIVOS TOTALES}}$	X	$\frac{\text{ACTIVOS TOTALES}}{\text{CAPITAL EN ACCIONES ORDINARIAS}}$	X	
ROE =	$\frac{214,250}{3,597,000}$	X	$\frac{3,597,000}{1,754,000}$	X	
ROE =	0.059563525	X	2.050741163	=	
ROE =	0.122149373	=		=	12.2%

Fuente: elaboración propia.

5. IMPACTO AMBIENTAL

5.1. Planificación en el manejo de ceniza

Para el manejo de cenizas se deben seguir varios lineamientos técnicos y de ley en conformidad al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

5.1.1. Diseños

El diseño de la planta de tratamiento y manejo de cenizas contempla el relleno de la base de la laguna y la parte superior con capacidad para 3 años de operación

5.1.2. Licencias

Todas las licencias de operación deben tramitarse en el MARN: Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales Ventanilla Ambiental – Delegación Departamental – MARN.

5.1.3. Ampliaciones a estudios de impacto ambiental

El estudio de impacto ambiental es un instrumento técnico-legal de carácter predictivo que sirve para identificar, comprender, conocer y gestionar los impactos ambientales del proyecto a realizar.

La normativa legal ambiental vigente en Guatemala (general) establece que para cada proyecto que se desee implementar se deberá elaborar un

estudio de impacto ambiental, Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente (decreto 68 de 1986).

El MARN es la entidad del sector público especializada en materia ambiental y de bienes y servicios naturales del sector público, al cual le corresponde proteger los sistemas naturales que desarrollen y dan sustento a la vida en todas sus manifestaciones y expresiones, fomentando una cultura de respeto y armonía con la naturaleza y protegiendo, preservando y utilizando racionalmente los recursos naturales, con el fin de lograr un desarrollo transgeneracional, articulando el quehacer institucional, económico, social y ambiental, con el propósito de forjar una Guatemala competitiva, solidaria, equitativa, inclusiva y participativa.

- Información sobre la presentación de instrumentos ambientales

Para presentar un estudio de evaluación de impacto ambiental el MARN requiere los siguientes pasos.

- Contratación de un consultor ambiental registrado en el MARN.
- Todos los documentos legales de la empresa y/o representante legal.
- Original del informe técnico según la guía de términos de referencia proporcionados por el MARN.
- Constancia de publicación en un diario de mayor circulación (no Diario de Centroamérica) en el tamaño de 2 x 4 pulgadas.
- Modelo de aviso público sobre instrumentos de evaluación ambiental

Para el modelo de aviso público el MARN requiere lo siguiente:

- Tamaño del aviso 2 x 4 pulgadas.
- Todos los proyectos que se ubiquen en un lugar donde la mayoría de la población habla un idioma diferente al español, el aviso deberá también publicarse en dicho idioma de acuerdo al formato arriba establecido).
- La vista al público dentro del edicto debe contar a partir del día siguiente de haberse publicado

Figura 30. **Modelo de aviso público**

EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES Y LA EMPRESA			
Escribir el nombre de la empresa proponente del proyecto, si fuera el caso de persona individual el nombre del propietario			
AVISO PÚBLICO			
ESTUDIO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL			
Descripción y categoría taxativa del proyecto:	Ejemplo: minería, construcción, lotificación, etc.		
Nombre del proyecto:	xxx		
Ubicación:	xxx		
Municipio:	xxx		
Departamento:	xxx		
Nombre del consultor ambiental que lo elaboró:	La profesión y el nombre completo del consultor o empresa consultora que elaboro el estudio así como el número de su licencia consultora		
Número de registro MARN del consultor ambiental:	No. xxx		
Este estudio estará a disposición del público para consulta, observaciones y/o comentarios por 20 días hábiles.			
De:	día	mes	Año
A:	día	mes	Año
Horario de consulta:	8:00 A 16:30		
Lugar donde se localiza el estudio para consulta:	20 CALLE 28-58 ZONA 10		
Teléfonos:	24230500		

Fuente: *Modelo de aviso público*. <http://www.marn.gob.gt/paginas/trmitesyservicios>. Consulta:

20 de junio de 2017.

- Requisitos básicos de presentación para estudios de evaluación de impacto ambiental.

El 12 de julio 2016 en curso fue publicado en el Diario Oficial, el nuevo reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental, *Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental acuerdo gubernativo número 137-2016*, el cual regula todo lo relacionado a los lineamientos, estructura y procedimientos necesarios para colaborar con el desarrollo sostenible del país, en cuanto al tema ambiental se refiere, creando así las reglas para el uso de instrumentos y guías que ayuden a controlar y a dar seguimiento a los proyectos, obras, industrias o actividades que se lleven a cabo en el país.

Dentro de este acuerdo se regula lo relacionado a la emisión de licencias ambientales, el cual en su artículo 60 establece que las mismas serán extendidas por la Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales (DIGARN) o las delegaciones departamentales del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), cuando se cuente con la resolución de aprobación del proyecto, obra, industria o actividad, la cual certifica el cumplimiento del procedimiento administrativo ante el MARN, con carácter obligatorio.

Se establece también que la licencia deberá estar vigente durante todas las fases del proyecto, obra, industria o actividad que incluyen su clausura o cierre definitivo

La renovación de esta licencia deberá realizarse dentro de los 30 días antes de su vencimiento. Previo al vencimiento de la licencia, es requisito indispensable para la renovación de la misma tener el seguro correspondiente vigente y contar con un informe reciente de las acciones de seguimiento y

vigilancia ambiental realizada durante los últimos 3 meses, de oficio o voluntaria avaladas por un consultor ambiental, debidamente registrado ante el MARN.

Cuando el proponente no cuente con seguro ambiental vigente, el MARN tendrá la facultad de suspender la licencia ambiental o iniciar acciones ante la Dirección de Cumplimiento Legal (DCL) por dicho incumplimiento.

El capítulo III, artículo 64 del mismo acuerdo establece lo relacionado a las licencias para proveedores de servicios ambientales, las cuales las clasifican en licencias para: empresa consultora, consultor ambiental individual, y laboratorios especializados en mediciones y análisis ambientales.

De igual forma, el capítulo IV regula lo relacionado a otras licencias que deberán ser emitidas por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN): la licencia de disposición final controlada, la licencia ambiental de importación o exportación de sustancias y productos controlados por el MARN, licencia de importación o exportación de productos, sustancias y materias primas para la reutilización o reciclaje, licencias de importación de equipos de refrigeración y aire acondicionado.

El presente acuerdo entró en vigencia el 13 de julio del año 2016. A continuación se presentan los requisitos básicos para la presentación de estudios de evaluación de impacto ambiental para actividades nuevas.

5.1.4. Estudio de suelos

El estudio de suelo permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo, es decir, la humedad, la profundidad, el tipo de cimentación más adecuado para la obra a construir y los asentamientos de la estructura en la relación al peso que soportará.

De acuerdo al análisis para las unidades de mapeo, con base en geología, serie de suelos Simmons, fisiografía y uso actual del suelo, se obtuvieron áreas de muestreo con características distintas.

- Método de cabeza constante AASHTO T215-70: Standard Method of Test for Permeability of Granular Soils ASTM D2434-00: Standard Test Method for Permeability of Granular Soils.
 - Descripción del ensayo: este tipo de permeámetro es aplicable para suelos friccionantes; ya que en suelos poco permeables, el tiempo de prueba se hace tan largo que deja de ser práctico, usando gradientes hidráulicos razonables. El objetivo del ensayo es proporcionar a la muestra de ensayo un gradiente hidráulico constante, es decir:

$$i = \frac{\Delta h}{L} = \frac{h}{L} = \text{constante}$$

El cual permite obtener una cantidad de agua a la salida (V salida) en un tiempo constante (t), con una cabeza hidráulica (h) a través de la muestra también como constante.

- Equipo
 - Permeámetro de compactación.
 - Martillo de compactación de 5,5 lb y 14 plg de caída.
 - Termómetro.
 - Cronómetro.
 - Tamiz No. 100 • Balanza de 2 kg de capacidad y 0,1 g de sensibilidad.
 - Cilindro graduado.
 - Un depósito o tanque de almacenamiento y suministro de agua, que se comunica a la cámara mediante alguna conexión o válvula. El nivel del tanque puede mantenerse constante o variable según sea el tipo de ensayo.

Se realizó el ensayo para determinar el coeficiente de permeabilidad por medio del método de cabeza constante a una muestra de suelo con descripción: arena limosa color café.

- Dimensiones de la muestra. las dimensiones de la muestra se toman con base en las del permeámetro de compactación, que son las mismas que la del molde de compactación Proctor de 4 pl de diámetro por 4,58 pl de altura.

Diametro = 4 pulgadas = 10,16cm

$$\text{Area} = \frac{\pi}{4} (4 \text{ pl})^2 = 12,57 \text{ pl}^2 = 81,10 \text{ cm}^2$$

$$L(\text{altura}) = 4,58 \text{ pl} = 11,63 \text{ cm}$$

Volumen = area x altura

$$\text{Volumen} = (12,57 \text{ pl}^2) (4,58 \text{ pl}) = 57,57 \text{ pl}^3$$

$$\text{Volumen} = (81,10 \text{ cm}^2) (11,63 \text{ cm}) = 944 \text{ cm}^3$$

Tabla XX. **Datos del ensayo para determinar el coeficiente de permeabilidad con el método de cabeza constante**

Experimento	Tiempo segundos	Volumen de salida cm ³	Temperatura T, o C	h cm
1	180	775	23	87
2	180	772	22	87
3	180	761	22	87
Promedio	180	769,3	22	87

Fuente elaboración propia

- Determinar el coeficiente de permeabilidad kT

$$K_t = \frac{VL}{Aht} = \frac{(769 \text{ cm}^3)(11,63 \text{ cm})}{(81,10 \text{ cm}^2)(87 \text{ cm})(180 \text{ s})} = 0,007045 \text{ m/s} \quad [\text{Ecuación 2}]$$

Determinar la velocidad de Darcy v , en cm/s

$$v = ki = 6,714^{-3} \text{ cm / s } \times 7,5 = 0,0536 \text{ cm / s [Ecuación 3]}$$

Como se puede observar, los valores expuestos por las ecuaciones uno y dos son apreciablemente cercanos en los primeros tres decimales. Esto obedece a que estas expresiones son de carácter aproximado; pero brindan un valor razonable para la permeabilidad del suelo en el momento de la compactación. Es obvio que el método de cabeza constante resulta un ensayo bastante eficaz en la determinación del coeficiente de permeabilidad; como resultado, el suelo es apto para el tratamiento de cenizas generadas por la cogeneración de energía.

5.2. Agua desmineralizada

El agua desmineralizada es el agua a la cual se le quitan los minerales y las sales. Se utiliza cuando se requiere agua con bajo contenido en sal o baja conductividad. Algunos ejemplos de su uso son:

- Agua de alimentación de las calderas
- Usos farmacéuticos
- Industria de la electrónica
- Usos alimenticios
- Usos industriales

Para cada uso se utiliza una conductividad específica. Sin embargo, siempre seguirá habiendo una cierta conductividad, debido al equilibrio ácido/básico del agua. El agua desmineralizada de mejor calidad tiene una

resistencia de aproximadamente 18,2 megaohmios por centímetro o una conductividad de 0,055 microSiemens por centímetro.

El agua desionizada se puede producir vía intercambio iónico con resinas catiónicas y aniónicas. Las resinas necesitan ser regeneradas con un ácido o una sustancia cáustica. Para reducir el coste de la regeneración de grandes sistemas de agua desmineralizada se pretrata el agua con una unidad de ósmosis inversa, que reduce el contenido de sales totales en más del 90% y reduce así el coste que produce la regeneración. A continuación, de los intercambiadores catiónicos y aniónicos se pueden utilizar los intercambiadores de cama mixta para reducir la conductividad aún más.

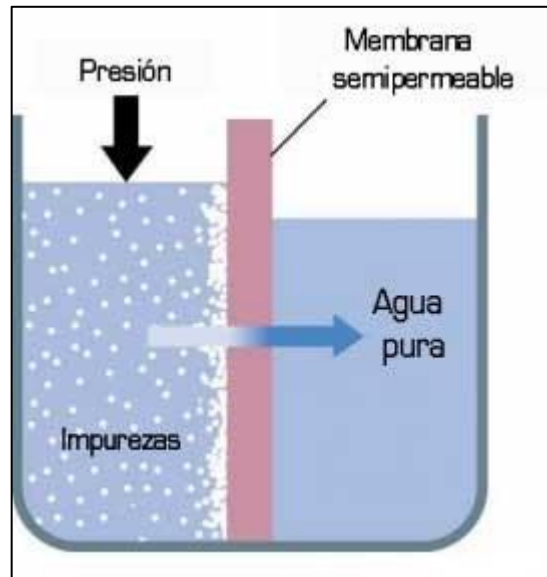
5.3. Sistema de osmosis inversa

La ósmosis inversa puede ser considerada como el grado más avanzado de filtración que se ha inventado para la purificación del agua y sin añadirle ninguna sustancia química. Es tal su ventaja, que es la tecnología que se utiliza en algunos países en la actualidad para convertir el agua de mar (salada) en agua desalinizada o apta para el consumo.

5.3.1. Función

La ósmosis es un proceso natural que ocurre en todas las células vivas. Esta permite la vida de todos los seres animales y vegetales, al inducir que el agua fluya por difusión desde zonas donde se encuentra relativamente pura, con baja concentración de sales, a zonas donde se encuentra con alta concentración a través de una membrana semipermeable. El resultado final es la extracción de agua pura del medio ambiente.

Figura 31. **Proceso de osmosis**



Fuente: elaboración propia.

5.3.2. Descripción

La ósmosis inversa es un proceso inventado por el hombre que invierte el fenómeno natural de ósmosis. El objetivo de la ósmosis inversa es obtener agua purificada partiendo de un caudal de agua que está relativamente impura o salada.

5.3.3. Controles y operación

Los filtros más eficientes se limitan a un filtrado del orden del micrón (un micrón es la milésima parte de un milímetro). Solo la ósmosis inversa permite filtrar muy por debajo de 0,0001 micrón.

5.4. Módulo *clean in place* de la RO

El sistema *clean in place* está conectado con el sistema RO con mangueras flexibles o tuberías fijas (acero inoxidable o FRP). Los sistemas grandes de RO típicamente tienen tubería fija ya que las cantidades de flujo de limpieza son tales que las mangueras flexibles no deben ser usadas debido a problemas de manejo (pesado) y / o razones de seguridad.

Los materiales utilizados para el sistema CIP deben soportar un rango de pH de 1-13 y temperaturas de hasta 122 °F (50 °C). No deben ser corrosivos.

5.4.1. Función

Los sistemas *clean-in-place* (CIP) están diseñados para la limpieza en sitio de la ósmosis inversa (RO) y otros equipos de tratamiento de agua a base de membrana. La limpieza periódica de los elementos de la membrana prolongará la vida útil y mejorará enormemente la economía de la propiedad. Los sistemas están diseñados para trabajar con todo tipo de procedimientos de limpieza de membranas que incluyen balanzas de minerales inorgánicos (pH bajo), ensuciamiento biológico / orgánico (pH alto) y ciclos de sanitización.

5.4.2. Descripción

Cada sistema incluye un tanque de solución de limpieza, una bomba de transferencia y un filtro de sedimento para atrapar los desechos de volver a entrar en las membranas durante la recirculación. Todas las etapas del proceso CIP deben ser realizadas manualmente por un operador de equipo.

5.4.3. Controles y operación

El sistema CIP está disponible en dos (2) tipos de configuraciones de diseño:

- Montado integral: la bomba de transferencia y la carcasa del filtro de sedimento están montadas, y precableadas directamente sobre el patín de RO. El tanque de la solución de limpieza está libre y se puede almacenar cuando no está en uso. Incluye un conjunto de mangueras y accesorios de conexión rápida para las líneas de alimentación y retorno hacia y desde el patín RO.
- Montado en patín: todos los equipos CIP, incluyendo el tanque de solución de limpieza, están montados en fábrica y precableados en un ensamblaje de deslizamiento dedicado. La configuración de Skid Mounted es una buena opción para instalaciones donde hay múltiples sistemas de RO o donde se desea un sistema CIP de tubería dura. Esta opción también se puede modificar para la portabilidad para facilitar el movimiento al almacenamiento U otros lugares dentro de la planta.

5.5. Sistema desmineralizador, electrodecionizador lompure

La electrodesionización en continuo (CEDI) es un proceso que emplea una combinación de membranas de intercambio iónico, resinas de intercambio iónico y un campo eléctrico de corriente continua para desionizar el agua. Los diseños estándar para obtener agua purificada, agua para inyectables y agua de alta pureza emplean una combinación de ósmosis inversa y electrodesionización en continuo. Con este diseño el proceso CEDI puede producir agua con concentraciones de iones específicos cercanas o inferiores a

los límites de detección. El proceso CEDI está en la actualidad ampliamente aceptado para la producción de agua de alta pureza en la industria energética, industria farmacéutica y microelectrónica.

5.5.1. Función

La combinación de RO + electrodesionización en continuo (CEDI) ha conseguido la eliminación total del uso de regenerantes químicos y ha traído consigo otros beneficios.

5.5.2. Descripción

Al igual que los procesos de ósmosis inversa sustituyen los procesos de intercambio iónico basados en las cadenas de desmineralización con columnas catión y anión, la electrodesionización sustituye el proceso de intercambio iónico.

5.5.3. Controles y operación

El tratamiento de agua para la operación de calderas de alta presión y generación de vapor para producción de energía eléctrica, implica el diseño de plantas con alta disponibilidad, fiabilidad y calidad química del agua producida. El diseño convencional se basa en la aplicación de cadenas de intercambio iónico con columnas catiónicas y aniónicas seguidas de lechos mixtos para alcanzar un valores de conductividad inferior a 0,10 mS/cm y concentración de sílice (SiO₂) inferior a 0,10 mg/l. La introducción de diseños basados en la combinación de la ósmosis inversa y electrodesionización en continuo ha permitido respecto al diseño convencional mejoras en la reducción de costes de operación, eliminación de la manipulación de productos corrosivos, reducción

del impacto ambiental al eliminar los vertidos procedentes de la regeneración de las resinas catiónicas y aniónicas y la consecución de una garantía de mayor estabilidad de la calidad del agua producida.

5.6. Control de gases

Los objetivos de un sistema de control de calderas son los siguientes:

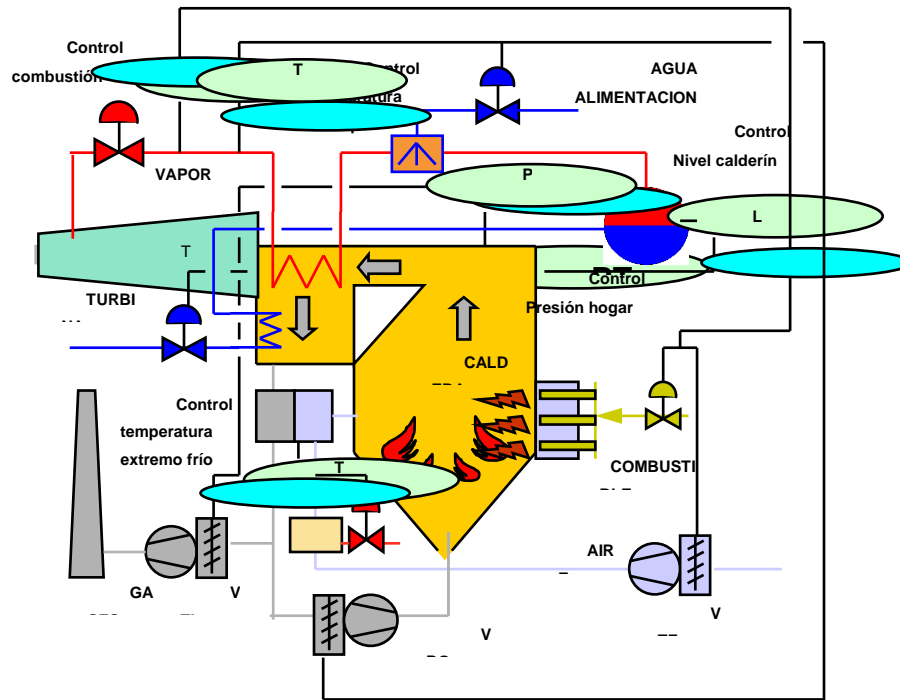
- Suministrar de modo continuo el vapor requerido por la turbina, de acuerdo con la carga de la planta y en las condiciones de presión y temperatura adecuadas.
- Operar la caldera en condiciones óptimas, minimizando el consumo de combustible, maximizando el rendimiento de caldera y permitiendo un modo de operación para cumplir con su vida proyectada.
- Vigilar las seguridades de caldera, permitiendo un funcionamiento seguro en arranques, paradas y funcionamiento normal de la caldera, y generando el disparo de caldera en caso necesario

En la siguiente figura se indican algunos de los principales lazos de control de una caldera de combustión:

- Control de combustión: el objetivo de este lazo de control es gestionar el balance de energía en la caldera, igualando la energía entrante en caldera a la energía saliente, manteniendo además una reserva de energía en la misma. Adicionalmente, el control de combustión es el encargado de proporcionar un proceso de combustión eficaz y seguro.

- Control de temperatura vapor sobrecalentado y recalentado. La función de este lazo de control es mantener la temperatura del vapor Sobrecalentado y Recalentado constante para cualquier nivel de carga de planta.
- Control de nivel calderín: el objetivo de este lazo de control es gestionar el balance de masas en el calderín, igualando el caudal de agua de alimentación entrante al caudal de vapor saliente, manteniendo además el nivel en el calderín en el valor de consigna.
- Control de presión hogar: la función de este lazo de control es mantener la presión en el hogar constante y ligeramente por debajo de la presión atmosférica, para evitar fugas de gases de combustión hacia el exterior.
- Control de temperatura extremo frío: el objetivo de este lazo de control es evitar corrosiones en caldera, manteniendo la temperatura de salida de gases de caldera por encima de la temperatura de rocío de dichos ácidos corrosivos.

Figura 32. Control de caldera



Fuente: elaboración propia.

5.7. Economizador de la caldera

El ajuste por oxígeno trata de maximizar la eficiencia de la operación, mejorando el control de la relación aire/combustible basado en el porcentaje de exceso de oxígeno en los gases de combustión.

6. MEJORA CONTINUA

6.1. Evaluación de resultados

Con base en datos proporcionados por la empresa se presenta el índice de medición.

6.1.1. Índices de medición

El índice de medición para la tasa de rendimiento se basa en los siguientes aspectos.

Tabla XXI. Tasa de rendimiento mínima aceptada por los inversionistas

DATOS GENERALES		
CALCULO DE TREMA		
(FACTORES CONSIDERADOS)		
	%	
Inflación		1,1 %
Tasa activa bancaria		13,2 %
Premio por riesgo		15,8 %
Tasa de rendimiento mínima aceptada por los inversionistas		30,0 %
¿Está exento de pago de ISR?		
NO		
Indique año de inicio	Régimen a utilizar	Tasa Impositiva
2015	Sobre ingresos	5 % y 7 %
2016	Sobre ingresos	5 % y 7 %
2017	Sobre ingresos	5 % y 7 %
2018	Sobre ingresos	5 % y 7 %
2019	Sobre ingresos	5 % y 7 %

Fuente: elaboración propia.

6.2. Estadísticas

Los accidentes se pueden dar por factor humano descuido del operador o por factores ambientales: deslave, lluvias imprevistas.

- **Factor humano**

Es producido cuando se establece, en forma involuntaria o accidentalmente, un contacto eléctrico con un componente de una instalación que se encuentra normalmente bajo tensión. Posibles causas: negligencia de técnicos o impericia de no técnicos.

Medidas de protección: distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, ausencia de tensión.

- **Factor ambiental**

El factor ambiental fue causante de 3 accidentes menores durante los meses de septiembre y octubre de 2016, dado que las condiciones climáticas no fueron favorables.

6.2.1. Mensuales

A continuación, se presentan los datos de accidentes mensuales.

Tabla XXII. **Accidentes por factor ambiental**

Mes	Causa del accidente
Septiembre	Se registraron dos accidentes leves que no ameritaron traslado a hospital, debido a aceite derramado en el área de calderas.
Octubre	Se registró un accidente leve que no ameritó traslado a hospital, debido a residuos de bagazo en el piso.

Fuente: elaboración propia.

6.2.2. Semestrales

Durante el semestre no se presentaron accidentes de consideración, que ameritaron traslado a hospital.

6.3. Auditorías

Se presenta la auditoría operacional realizada al estado de pérdidas y ganancias.

6.3.1. Estado de pérdidas y ganancias

Se presentan el análisis del estado de pérdidas y ganancias de la empresa.

Tabla XXIII. Estado de pérdidas y ganancias

	Estado de pérdidas y ganancias:		Estado de pérdidas y ganancias:	
	Compañía Bartlett		Compañía Bartlett	
	(Expresado en US \$)		(Expresado en US \$)	
	Del 01 de Ene al 31 de Dic.	%	Del 01 de Ene al 31 de Dic.	%
	2015		2016	
Ventas totales	307 4000	100 %	2 567 000	100 %
(-) Costo de ventas	208 8000	68 %	1 711 000	67 %
Utilidades brutas	986 000	32 %	856 000	33 %
(-) Gastos Operativos				
Gastos de ventas	100 000	3 %	108 000	4 %
Gastos generales y administrativos	194 000	6 %	187 000	7 %
Gastos por arrendamiento	350 00	1 %	35 000	1 %
Gastos por depreciación	239 000	8 %	223 000	9 %
Total de gastos operativos	568 000	18 %	553 000	22 %
Utilidad operativa	418 000	14 %	303 000	12 %
(-) Gastos financieros	93 000	3 %	91 000	4 %
Utilidad neta antes de impuestos	325 000	11 %	212 000	8 %
(-) Impuestos (tasa 31%)	100 750	3 %	65 720	3 %
Utilidad neta después de impuestos	224 250	7 %	146 280	6 %
(-) Dividendos de acciones preferentes	10 000	0 %	10 000	0 %
Utilidades disponibles para Accs. comunes	214 250	7 %	136 280	5 %

Fuente: elaboración propia.

6.4. Auditoría administrativa

Con el transcurso del tiempo la auditoría ha ido evolucionando en cuanto a su objetivo como consecuencia del desarrollo y tecnificación del control interno, que a la vez ha ido impactando la extensión del examen o de la verificación.

“Se define como el examen y evaluación profesional de todas o una parte de las operaciones a actividades de una entidad cualquiera, para determinar su

grado de eficacia, economía, eficiencia y formular recomendaciones gerenciales para mejorarlo”.⁴

Las características de la auditoría son:

- Ayuda a reformular los objetivos y políticas de la organización.
- Ayuda a la administración superior a evaluar y controlar las actividades de la organización.
- Ayuda a tener una visión de largo plazo a quienes toman las decisiones, así ellos pueden planificar mejor.
- De acuerdo a las circunstancias puede practicarse la auditoría operativa en forma parcial, considerando una o más áreas específicas periódica y rotativamente.
- La auditoría debe ser hecha por un grupo multidisciplinario, donde cada profesional se debe incorporar en la medida que se necesiten sus conocimientos.
- El auditor debe basar su preparación en administración general, teoría de la organización, auditoría, economía, costos, psicología general y social, comercialización, finanzas, administración de personal, producción política y estrategia de empresas entre otras más.

⁴ Instituto Mexicano de Contadores Públicos. <http://www.imcp.com.mx/>. Consulta: 5 de julio de 2017.

- No debe entorpecer las operaciones normales de la empresa.

Las características del medio externo y sus iteraciones con la empresa, caen dentro del ámbito de la auditoría operativa.

6.5. Costo/beneficio

Se presenta el costo beneficio del ejercicio de la inversión a realizar con base en proyecciones.

Tabla XXIV. **Análisis del costo beneficio**

ACTUAL	CAPACIDAD		
Total de activos	Por evento	Simultáneamente	Utilidad
112 650,00	300 personas	1 evento	297 %
PROPUESTO	CAPACIDAD		
Total de activos	Por evento	Simultáneamente	Utilidad
191 137,40	500 personas	2 eventos	487 %
BENEFICIOS	CAPACIDAD		
Total de activos	Por evento	Simultáneamente	Utilidad
78 487,40	200 personas	1 evento	190 %

6.5.1. Punto de equilibrio

El punto de equilibrio se define de la siguiente forma.

Tabla XXV. **Punto de equilibrio**

CF	Q 160 000,00		Punto de equilibrio	4 571
PV	Q 70,00			
CV	Q 35,00			

Fuente: elaboración propia.

6.5.2. Utilidades

Se presentan las utilidades con base en la proyección de ventas, datos en dólares.

Tabla XXVI. **Utilidades**

VENTAS	PAQUETE ESTANDAR		PAQUETE SENCILLO		TOTAL MENSUAL
	Unidades	Valores	Unidades	Valores	
Precio de venta unitario sin IVA		3000,00		2000,00	
Mes 1	4	12 000,00	3	6 000,00	18 000,00
Mes 2	3	9 000,00	4	8 000,00	17 000,00
Mes 3	4	12 000,00	6	12 000,00	24 000,00
Mes 4	4	12 000,00	3	6 000,00	18 000,00
Mes 5	5	15 000,00	5	10 000,00	25 000,00
Mes 6	4	12 000,00	6	12 000,00	24 000,00
Mes 7	4	12 000,00	6	12 000,00	24 000,00
Mes 8	7	21 000,00	6	12 000,00	33 000,00
Mes 9	6	18 000,00	3	6 000,00	24 000,00
Mes 10	7	21 000,00	5	10 000,00	31 000,00
Mes 11	5	15 000,00	6	12 000,00	27 000,00
Mes 12	6	18 000,00	7	14 000,00	32 000,00
TOTAL VENTAS	59	177 000,00	60	120 000,00	297 000,00

Fuente: elaboración propia.

6.6. Retorno de la inversión

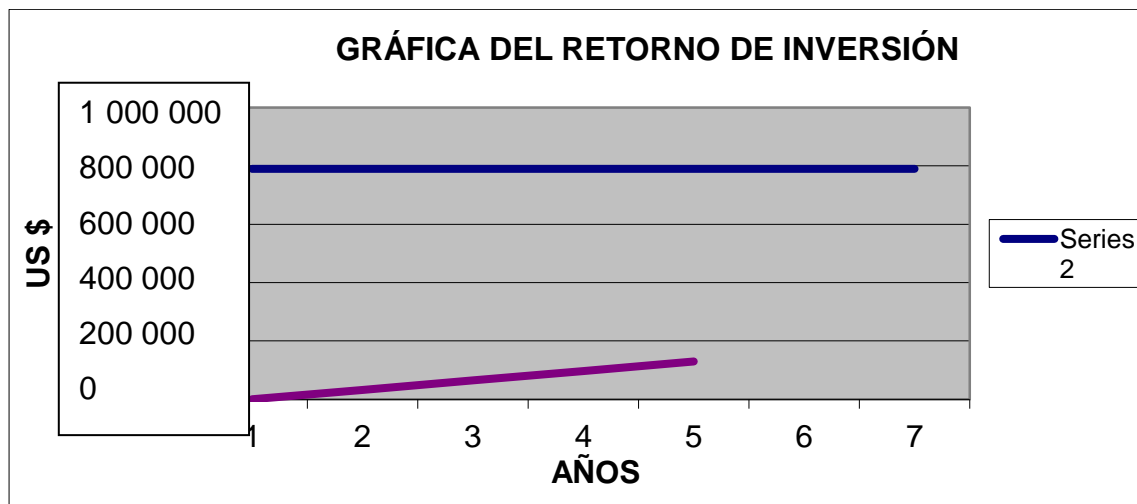
Se presentan el retorno de la inversión de la propuesta planteada.

Tabla XXVII. Retorno de la inversión

Tiempo Años	Inversión	Beneficio	Beneficio Acumulado
0	789 469,00		
1	1	32 320,42	32 320,42
2		32 320,42	64 640,83
3		32 320,42	96 961,25
4		32 320,42	129 281,67
5		32 320,42	161 602,08

Fuente: elaboración propia.

Figura 33. Retorno de la inversión



Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La disminución de emisiones tóxicas al medio ambiente será posible debido a que los lavadores de gases (*scrubbers*) trabajarán con una mayor presión, limpiando de una mejor manera los gases que salen por la chimenea de las calderas.
2. Se sabe que las cargas contaminantes generadas por los ingenios azucareros tienen un gran impacto hacia el medio ambiente; esta investigación da a conocer más acerca de la gran influencia que tiene esta actividad para la generación de propuestas y mejoras para la mitigación de las cargas contaminantes y tener un mejor funcionamiento de los ingenios en Guatemala.
3. Con el sistema de recolección se espera un óptimo funcionamiento en tiempo de operación del sistema de clarificación de ceniza, debido a que este sistema únicamente trabajará con el agua procedente de los lavadores de gases.
4. Actualmente, en los ingenios azucareros existe una gran cantidad de bagazo que es utilizado como combustible para la producción de vapor de alta presión en las calderas, para la producción de energía eléctrica, de lo que resulta otro residuo: las cenizas, que en muchos de los casos no se les da ningún uso o se usan como abono; la disposición de cenizas sin humedad se aproxima a los 44 719,66 toneladas, dato que en la actualidad sería mayor dado la demanda creciente de azúcar; estas

cenizas para su manejo requieren ocupar un área de 1,7 hectáreas, una cantidad de terreno que podría ser útil para otras actividades

5. La industria azucarera utiliza grandes cantidades de agua, sobre todo en el lavado de la caña y la condensación de vapor; también, incluye el lavado del carbón animal y carbón activo, suministro de agua a las calderas, soluciones del proceso, lavado de los filtros, para el intercambio de iones en el enfriamiento sin contacto, agua para compensar las pérdidas en la alimentación de la caldera, agua para la ceniza volante y agua para el lavado de los pisos. Estas grandes cantidades de agua utilizada son muy pocas veces tratadas para su descontaminación siendo vertidas en los ríos o arroyos cercanos a la industria que provocan un gran efecto de contaminación para las comunidades cercanas.

RECOMENDACIONES

1. Realizar las inspecciones respectivas de las calderas. Se recomienda al ingeniero del área de calderas y al supervisor, verificar junto con los operarios el sistema de recolección en seco antes de iniciar con el arranque de zafra azucarera.
2. A los operarios del departamento de calderas dar mantenimiento preventivo al motor eléctrico, reductor de velocidad, *sprockets*, chumaceras y cadenas de transmisión, por lo menos una vez por semana, para evitar paradas innecesarias durante el tiempo de zafra, prolongando la vida útil de los equipos.
3. A los operarios del área de calderas utilizar su equipo de protección: guantes para la manipulación de ceniza, mascarillas de protección nasal, botas industriales, protección auditiva, importante para cuando purgan la caldera y casco para protección de caídas.

BIBLIOGRAFÍA

1. CARMONA, P. *Evaluación mecánica de pastas de cemento modificadas con escoria de horno de arco eléctrico y ceniza de bagazo de caña de azúcar*. Tesis de grado. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Veracruzana, 2011. 150 p.
2. CONG, X.; KIRK PATRICK, R.J. *29 Si MAS NMR study of the structure of calcium silicate hydrate*. Colombia: Advn Cem Bas Mat. 1996. 156 p.
3. CORDEIRO, G.C.; TOLEDO Filho, R.D.; FAIRBAIRN, E.M.R. *Effect of calcination temperatura on the pozzolanic activity of sugar cane bagasse ash*. Constrution and building materials. Colombia: Advn Cem Bas Mat. 2009. 330 p.
4. CORDEIRO, C.G.; TOLEDO Filho; R.D.;TAVARES, L.M.;FAIRBAIRN, E.M.R. *Ultrafine grinding of sugar cane bagasse ash for application as pozzolanic admixture in concrete*. Cement and Concrete Research. Colombia: Advn Cem Bas Mat. 2009. 115 p.
5. ESCALANTE, GARCIA, J.I. *Materiales alternativos al cemento*. Maestría en Ciencias en Ingeniería Cerámica, México: Cinvestav, 2002. 145 p.
6. ESCALANTE-GARCÍA, J.I. *Curso de Cementos*. Maestría en Ciencias en Ingeniería Cerámica, México: Cinvestav, 2002. 205 p.

ANEXOS

Anexo 1. Requisitos básicos para la presentación de estudios de evaluación de impacto ambiental para actividades nuevas

No.	INFORMACION Y DOCUMENTOS REQUERIDOS	Sí	No	NO APLICA
1	CARTA DE PRESENTACIÓN			
1.1	Dirigida al Director de Gestión Ambiental y Recursos Naturales (debe ser firmada por el Representante Legal)			
1.2	Nombre o razón social de la entidad			
1.3	Nombre del Propietario o Representante Legal			
1.4	Dirección, lugar, teléfono, e-mail y fax para recibir notificaciones.			
1.5	Documento Foliado (de adelante hacia atrás)			
1.6	Dirección completa del proyecto			
2	COPIAS DE DOCUMENTOS DEBIDAMENTE AUTENTICADOS.			
2.1	Constancia del Número de Identificación Tributaria (NIT) de la Empresa Promotora o persona individual. (RTU)			
2.2	Fotocopia del nombramiento del Representante Legal, si el proponente es persona jurídica			
2.3	Fotocopia del Documento Personal de Identificación (DPI) del Representante Legal o propietario del proyecto			
2.4	Fotocopia de Patente de Comercio de la entidad			
2.5	Fotocopia de la Licencia de Registro (Consultor Individual o Empresa Consultora) autorizada por el MARN.			
2.6	Declaración Jurada del Consultor debidamente firmada			
2.7	Certificación del Registro de la Propiedad del predio en donde se va a desarrollar el proyecto o actividad económica.			
2.7.1	Si la empresa o el interesado no es propietario del terreno donde se desarrollará el proyecto, debe incluirse el contrato legal que aplique a su proyecto. <ul style="list-style-type: none"> • Contrato de arrendamiento • Contrato o Promesa de compra venta • Unificación de Bienes • Inmueble del Estado 			
2.8	Certificación de Colegiado Activo del consultor o consultores que participaron en la elaboración del Instrumento de Gestión Ambiental			
3	TRAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES-INDUSTRIALES O DOMÉSTICAS			
3.1	Sistema de tratamiento de aguas residuales, industriales o domésticas firmado por un Ingeniero Sanitarista.			

Continuación del anexo 1.

	3.2	Memoria Descriptiva del Sistema de aguas negras, firmado por un Ingeniero Sanitarista.				
	4	Copia digital del expediente				
	4.1	2 Copias electrónicas del documento completo (CD's) que incluya archivo PDF, Copia escaneada de planos y del(os) Edicto(s)				
	5	Documentos originales				
	5.1	Publicación original en Diario de mayor circulación EDICTO DE AVISO PÚBLICO 2 x 4 pulgadas). Págs. Completas				
	5.2	Publicación original en Diario de mayor circulación regional (cuando aplique), Así como Cuñas Radiales para todos los proyectos Categoría "A"				
	6	Presentación de planos obligatorios				
	6.1	Plano de Ubicación y de Localización (identificando colindancias, acceso al Sitio y coordenadas UTM)				
	6.2	Plano de sistemas de tratamiento de aguas residuales-industriales o domésticas				
	6.3	Planos de conjunto y de Planta (cuando se trate de urbanizaciones y edificaciones).				
	6.4	Tamaño Carta, Oficio, Doble Carta (únicas opciones)				
	6.5	Planos timbrados, sellados y firmados por el profesional que los elaboró				
		Planos específicos según tipo de proyectos				
	7	7.1	✓ Plano Topográfico para la construcción de carreteras, urbanizaciones, lotificaciones, hidroeléctricas y otros categoría A (cuando aplique)			
		7.2	✓ Plano de Curvas de nivel, de planta de nichos, número de nichos/ superficiales o subterráneos; elevaciones, cortes principales e identificación de áreas verdes cuando se trate de Cementerios (deberán localizarse como mínimo a 100 metros de la construcción más cercana)			
		7.3	✓ Plano de instalaciones y estructura, cuando se trate de torres eléctricas y de telefonía celular			

Fuente: *Requisitos para la presentación de estudios de evaluación de impacto ambiental para actividades nuevas.* https://www.google.com.gt/search?source=hp&ei=nv5gWs_bO8uK.

Consulta: 10 de agosto de 2017.

Anexo 2. Carátula de ingreso de instrumentos ambientales

Para el ingreso de instrumentos ambientales la Dirección de Gestión Ambiental y Recursos Naturales Ventanilla Ambiental – Delegación Departamental-MARN en base Acuerdo Gubernativo 137-2016, Reglamento De Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental, se debe presentar las siguiente caratula de ingreso.

No.	Aspectos requeridos	Detalle de la información
1	Número de expediente	
2	Nombre completo del proyecto (nombre que tenga relación con la actividad a desarrollar)	
3	Total de folios al momento del ingreso del expediente	
4	Tipo de proyecto	
5	Categoría taxativa del proyecto (según acuerdo gubernativo 199-2016 que crea el listado taxativo/código ciuu)	
6	Tipo de actividad que va a desarrollarse en el proyecto (nuevo o en operación)	
7	Dirección legal exacta del proyecto	
8	Nombre de la empresa o razón social	
9	Nombre del representante legal o persona individual	
10	Número del documento personal de identificación (dpi) del representante legal	
11	Dirección para recibir notificaciones	
12	Número telefónico	
13	Correo electrónico	
14	Número de identificación tributaria (nit) (rtu)	
15	Monto estimado de inversión del proyecto en q.	
16	Número de empleos a ser generados: A) en la fase de construcción B) en la fase de operación	
17	Fuente de abastecimiento de agua para el proyecto	
18	No. De folio(s) del expediente donde se localiza lo relativo a medidas de mitigación y costos de medidas de mitigación	
19	Nombre del consultor que realizo el estudio y no. De licencia ambiental de registro vigente ante el marn.	
20	Coordenadas utm (universal transverse de mercator datum wgs84) del área de ubicación del proyecto	
	Coordenadas geográficas (datum wgs84) del área de ubicación del proyecto	

Fuente: *Carátula de ingreso de instrumentos ambientales.*

https://us.search.yahoo.com/yhs/search?hsparm=wajam&hsimp=yhs-brwsrex&type=wjsearchpage_ya_4898_82_70734639&p=Caratula%20de%20ingreso%20de%20instrumentos%20ambientales. Consulta: 5 de julio de 2017.

Anexo 3. Guía de términos de referencia para la elaboración de un estudio de evaluación de impacto ambiental

Para la realización del estudio de impacto ambiental, se utilizan diferentes términos de referencia para citar en los informes; a continuación se presentan la guía de términos de referencia.

Los términos de referencia para la elaboración de estudios de evaluación de impacto ambiental se aplicarán tanto para los proyectos de alto impacto ambiental (categoría A) o bien los catalogados como de moderado a alto impacto ambiental (categoría B1) después de realizada la evaluación ambiental inicial.

Para lo que, en la primera columna de la tabla se indica las letras que corresponden a la categorías de proyectos, obras, industrias o actividades e indica las secciones que serán tomadas en cuenta para la elaboración de los correspondientes estudios.

Los términos de referencia generales, servirán de base para la elaboración a futuro de los términos de referencia específicos por sectores.

Cuando sea necesario y así lo determine el MARN, se aplicará el formato de determinación de términos de referencia, que sean específicos para el tipo de proyecto, obra, industria o actividad a realizar

Categ.	No.	Tema	Aspectos a considerar
A, b1	1.	Índice	Presentar contenido o índice completo indicando capítulos, cuadros, figuras, mapas, anexos, acrónimos y otros; señalando números de página
A, b1	2.	Resumen ejecutivo del estudio de evaluación de impacto ambiental	Resumen ejecutivo que incluya: introducción (objetivos, localización, entidad propietaria, justificación); descripción del proyecto, obra o actividad (fases, obras complementarias, etc.); características ambientales del área de influencia; impactos del proyecto, obra o actividad, al ambiente; y viceversa; acciones correctivas o de mitigación así como un resumen del plan de gestión ambiental del mismo y resumen de compromisos ambientales.
A, b1	3.	Introducción	Introducción al estudio de evaluación de impacto ambiental, por el profesional responsable del mismo. Sus partes principales incluyendo a) descripción del proyecto b) alcances, c) objetivos, d) metodología, e) duración en la elaboración del estudio, localización y justificación.
A, b1	4.	Información general	Requisitos de presentación incluidos en la hoja de requisitos
	4.1.	Documentación legal	Incluir documentos legales de acuerdo a hoja de requisitos
	4.2.	Información sobre el equipo profesional que elaboró el eia	Incluir listado de profesionales participantes en la elaboración del estudio de eia, e indicar la especialidad de cada uno, no. De colegiado activo, no. De registro ante el marn , así como la respectiva declaración jurada, sobre el tema en el que se participó.
A, b1	5	Descripción del proyecto	
A. B1	5.1.	Síntesis general del proyecto	Incluye una breve descripción del proyecto
A, b1	5.2.	Ubicación geográfica y Área de influencia del proyecto	Presentar plano de localización doble oficio y plano de ubicación del terreno donde se desarrollará el proyecto, identificando sus colindancias de manera de que se pueda acceder al proyecto cuando se realice la inspección. Incluir una parte de la hoja cartográfica del área de influencia directa (aid) del mismo, con sus respectivas coordenadas utm.
A, b1	5.3.	Ubicación político-administrativa	Presentar la ubicación político administrativa, indicando ciudad, departamento, municipio, aldea, caserío, e indicar las vías más convenientes para llegar al proyecto
A	5.4	Justificación técnica del proyecto. Obra, industria o actividad y sus alternativas	Derivación y descripción de la alternativa preferida y de otras alternativas que fueron contempladas como parte del proyecto, obra, industria o actividad o componentes del mismo. La alternativa debe plantearse a nivel de solución (estratégica) de proyecto (sitio) o de actividad (implementación). A nivel de proyecto debe realizarse en función de a) descripción del asunto o problema que será tratado, b) el análisis de las causas de ese problema, c) forma que el proyecto solucionará o reducirá el problema y d) los resultados de esos pasos, es decir, los objetivos específicos del mismo.

Continuación del anexo 3.

A, b1	5.5	(área estimada del proyecto	Definir físicamente el área del proyecto, obra, industria o actividad (ap) , especificando en m2 o km2
A, b1	5.6.	Actividades a realizar en cada fase de desarrollo del proyecto y tiempos de ejecución	Listar las principales actividades que se llevarán a cabo en la construcción, operación y abandono del proyecto, obra, industria o actividad. Indicar el tiempo de ejecución de las mismas
A	5.6.1	Flujograma de actividades	Elaborar un flujograma con todas las actividades a realizar en cada una de las fases de desarrollo del proyecto
A, b1	5.6.2.	Fase de construcción	
A, b1	5.6.2.1.	Infraestructura a desarrollar	Detallar toda la infraestructura a construir en esta fase y el área que ocupará la misma en el sistema métrico decimal.
A, b1	5.6.2.2	Equipo y maquinaria utilizada	Listado de la maquinaria y equipo a utilizar en la fase de construcción , en las actividades mencionadas anteriormente
A	5.6.2.3	Movilización de transporte y frecuencia de movilización.	Rutas de movilización de la maquinaria y el equipo a utilizar, así como las características de las vías por las que serán movilizadas, incluyendo un mapa con las rutas cuando sea necesario y las frecuencias de movilización.
A, b1	5.6.3	Fase de operación	Incluye un listado del equipo y maquinaria que se utilizará durante la operación en las actividades mencionadas en el numeral 4.4.1
A, b1	5.6.3.1.	Infraestructura a desarrollar	Detallar toda la infraestructura a construir en esta fase y el área que ocupará la misma en el sistema métrico decimal.
A, b1	5.6.3.2	Equipo y maquinaria utilizada	Listado de la maquinaria y equipo a utilizar en la fase de construcción , en las actividades mencionadas anteriormente
A	5.6.3.3	Flujo vehicular y frecuencia de movilización esperado	Indicar las rutas a utilizar y frecuencia de movilización de vehículos generadas por la operación del proyecto. Indicar si las rutas de emergencia pueden ser afectadas.
	5.7	Servicios básicos	
A, b1	5.7.1.	Abastecimiento de agua	Definir la forma de abastecimiento de agua (cantidad de agua a utilizar (m ³ /día o m ³ /mes), como caudal promedio, máximo diario y máximo hora, la fuente de abastecimiento y el uso que se le dará (industrial, riego, potable, otros usuarios etc.)
A, b1	5.7.2	Drenaje de aguas servidas y pluviales	Indicar el tipo de drenaje de aguas servidas y pluviales (metros lineales, volumen u otros) y las conexiones necesarias, así como la disposición final de las aguas residuales y pluviales.. Explicar brevemente cómo se solucionará el tema del tratamiento de las aguas residuales. Incluir la descripción del o los sistemas de tratamiento, así como los planos necesarios firmados por profesional competente.
A, b1	5.7.3.	Energía eléctrica	Definir la cantidad a utilizar (kw/hora o día o mes), fuente de abastecimiento y uso que se le dará.
A, b1	5.7.4.	Vías de acceso	Detallar las vías de acceso al proyecto, obra, industria o actividad, y el estado actual de las mismas.
A	5.7.5.	Transporte público	Identificar las necesidades de transporte público a ser generadas por el proyecto, obra, industria o actividad y describir las rutas de transporte existentes.
A, b1	5.7.6.	Otros	Mencione otros servicios necesarios para el proyecto, obra, industria o actividad.
A, b1	5.7.7.	Mano de obra	

Continuación del anexo 3.

A, b1	5.7.7.1.	Durante construcción	Presentar un estimado de la generación de empleo directo por especialidades, así como la procedencia, en caso de no contar con suficiente mano de obra local.
A, b1	5.7.7.2.	Durante la operación	Presentar un estimado de la generación de empleo directa por especialidades, así como la procedencia, en caso de no contar con suficiente mano de obra local.
A, b1	5.7.8.	Campamentos	Si el tipo de proyecto amerita contar con un campamento temporal, detallar aspectos sobre el mismo tales como: área a ocupar, número de personas, servicios a instalar, localización y otros.
A, b1	5.8.	Materia prima y materiales a utilizar	
A, b1	5.8.1.	Etapas de construcción y operación)	Presentar un listado completo de la materia prima y materiales de construcción a utilizar, indicando cantidades por día, mes, así como la forma de almacenamiento.
A, b1	5.8.2.	Inventario y manejo de sustancias químicas, tóxicas y peligrosas	Incluir un inventario de sustancias químicas, tóxicas o peligrosas, indicando grado de peligrosidad, elementos activos, sitio y forma de almacenarlo, aspectos de seguridad en el transporte y manejo y otra información relevante, según el proyecto.
a, b1	5.9.	Manejo y disposición final de desechos (sólidos, líquidos y gaseosos,)	
a. B1	5.9.1.	Fase de construcción	
a, b1	5.9.1.1	Desechos sólidos, líquidos (incluyendo drenajes) y gaseosos	Indicar un estimado de la cantidad, características y calidad esperada de los desechos sólidos, manejo y disposición final. Incluir cantidades estimadas de materiales reciclables y/o reusables, incluyendo métodos y lugar donde serán procesados.
a, b1	5.9.1.2	Desechos tóxicos peligrosos	Incluir un inventario, el manejo y disposición final de los desechos peligrosos generados, como resultado de la construcción del proyecto, obra, industria o actividad.
A, b1	5.9.2.	Fase de operación	
	5.9.2.1	Desechos sólidos, líquidos (incluyendo drenajes) y gaseosos	Indicar un estimado de la cantidad, características y calidad esperada de los desechos sólidos, manejo y disposición final. Incluir cantidades estimadas de materiales reciclables y/o reusables, incluyendo métodos y lugar donde serán procesados.
A, b1	5.9.2.2	Desechos tóxicos y peligrosos	Incluir un inventario, el manejo y disposición final de los desechos peligrosos generados, como resultado de la construcción del proyecto, obra, industria o actividad.
A, b1	5.10.	Concordancia con el plan de uso del suelo	El proyecto, obra, industria o actividad propuesto, se debe plantear conforme a la planificación de uso de suelo ya existente para el área de desarrollo, indicando si dicha planificación es local (municipio), regional (grupo de municipios o cuenca hidrográfica) o nacional. Indicar si existiese plan de desarrollo para el área.

Continuación del anexo 3.

A, b1	6.	Descripción del marco legal (jurídico)	Describir la normativa legal (regional, nacional y municipal) que fue considerada en el desarrollo del proyecto o que aplica según la actividad de que se trate y necesaria para el aprovechamiento de los recursos naturales.
A, b1	7.	Monto global de la inversión	Exponer el monto de las erogaciones por compra de terrenos, construcción de instalaciones, caminos de acceso, obras de electrificación, agua potable y con fines industriales, compra de maquinaria y equipo, personal calificado y no calificado. Se debe indicar la vida útil del proyecto.
A, b1	8.	Descripción del Ambiente físico	
A, b1	8.1.	Geología	
A	8.1.1.	Aspectos geológicos regionales	Describir aspectos de interés para la ubicación regional, (caracterización general del proyecto, incluyendo mapas geológicos.) Presentar los mapas geológicos: a) contexto geotectónico; b) contexto estratigráfico y estructural regional, (los mapas incluidos deben presentarse a escala 1:10 000).
A, b1	8.1.2.	Aspectos geológicos locales	Describir las unidades geológicas, incluyendo las rocosas como las de formaciones superficiales. Incluir descripción técnica básica y atributos geológicos fundamentales, así como niveles de alteración y sistemas de fracturas.
A, b1	8.1.3.	Análisis estructural y evaluación	Presentar un análisis de la estructura geológica de las unidades locales y una evaluación geotectónica básica del área del proyecto (geometría de las unidades, contactos, buzamientos, fallas, lineamientos, pliegues y otras). Presentar en un mapa a escala 1:10 000.
A,	8.1.4.	Caracterización geotécnica	Presentar una caracterización geotécnica de los suelos y formaciones superficiales, en función de la susceptibilidad a los procesos erosivos, características de estabilidad, capacidad soportante y permeabilidad.
A, b1	8.1.5.	Mapa geológico del área del proyecto (ap) y área de influencia directa (aid)	Presentar un mapa del área, con indicación de los factores indicados (ap y aid). Acompañar con perfiles y cortes geológicos explicativos, así como columnas estratigráficas que refuercen y clarifiquen el modelo geológico deducido para el terreno en estudio; asimismo, indicar los recursos del medio físico geológico que estén siendo utilizados en la zona (captación de manantiales, pozos, tajos, canteras y otros).
A, b1	8.2.	Geomorfología	
A, b1	8.2.1.	Descripción geomorfológico	Describir el relieve y su dinámica, para poder entender los procesos de erosión, sedimentación y de estabilidad de pendientes. Indicar si existen paisajes relevantes de alta sensibilidad a los impactos.
A, b1	8.3	Suelos	Caracterización de los suelos con vistas a la recuperación y/o rehabilitación de las áreas degradadas, que permitan evaluar el potencial de pérdida de suelos fértiles.
A, b1	8.4..	Clima	Descripción regional y local de las características climáticas (viento, temperatura, humedad relativa, nubosidad, pluviometría, etc.).

Continuación del anexo 3.

A, b1	8.5.	Hidrología	Presentar un estudio hidrológico regional o local, según el proyecto, ligado con el área de influencia directa del mismo (la información se presentará en un mapa hidrológico).
A, b1	8.5.1.	Aguas superficiales y subterránea	Presentar un mapa, ubicando los cuerpos de agua aledaños que puedan ser potencialmente afectados por el proyecto (toma de agua, efluentes, modificación de cauce o ribera, etc.). E identificación y caracterización de mantos acuíferos aledaños al proyecto(ap), indicando la profundidad del manto freático y las condiciones en que se realizará
A, b1	8.5.2	Calidad del agua	Presentar una caracterización bacteriológica y físico-química de las aguas superficiales y subterráneas, que podrían ser directamente afectadas por el proyecto, considerando los parámetros que potencialmente pueden llegar a ser alterados por la implementación del proyecto, obra, industria o actividad, tales como: <i>temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales, en suspensión y disueltos, dco, dbo, oxígeno disuelto, aceites y grasas, metales pesados, nitrógeno, sulfatos, cloro, flúor, coliformes totales, entre otros.</i>
A	8.5.3	Caudales (máximos, mínimos y promedio)	Presentar datos de los caudales de los cuerpos de agua, que puedan ser modificados por las actividades del proyecto.
A	8.5.4.	Cotas de inundación	Presentar la frecuencia histórica de inundaciones en el sitio del proyecto, con base en experiencia local e informes de las autoridades correspondientes. En el caso que hubiere zonas inundables, se presentan dichas áreas de una manera gráfica.
a	8.5.5	Corrientes, mareas y oleaje	cuando el proyecto se encuentra localizado en la zona costera, se deben presentar datos sobre la dinámica hídrica de dicha zona, incluyendo eventos máximos. La información debe ser presentada en forma gráfica y mapas.
A, b1	8.5.6.	Vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas	Analizar la susceptibilidad a la contaminación de las aguas subterráneas por las actividades del proyecto.
A, b1	8.6	Calidad del aire	Presentar una caracterización general de la calidad del aire. En el caso de áreas urbanas considerar los parámetros que potencialmente pueden llegar a ser alterados por la ejecución del proyecto, obra, industria o actividad.
A, b1	8.6.1	Ruido y vibraciones	Presentar una caracterización del nivel de ruidos y vibraciones en el área de estudio, respecto a áreas urbanas.
A, b1	8.6.2	Olores	Caracterización de los olores en el área de estudio, relacionados con características de viento y otros factores,
A. B1	8.6.3	Fuentes de radiación	Identificar las fuentes de radiación existentes y permisos para operación.
A, b1	8.7	Amenazas naturales	
A, b1	8.7.1	Amenaza sísmica	Indicar las generalidades de la sísmicas y tectónicas del entorno: fuentes sísmicas cercanas al área del proyecto, sismicidad histórica, magnitudes máximas esperadas, intensidades máximas esperadas, periodo de recurrencia sísmica, resultado de la amenaza con base en la aceleración pico para el sitio, periodos de vibración de sitio, micro zonificación en función del mapa geológico.

Continuación del anexo 3.

A, b1	8.7.2.	Amenaza volcánica	Indicar las generalidades de la sísmicas y tectónicas del entorno: fuentes sísmicas cercanas al área del proyecto, sismicidad histórica, magnitudes máximas esperadas, intensidades máximas esperadas, periodo de recurrencia sísmica, resultado de la amenaza con base en la aceleración pico para el sitio, periodos de vibración de sitio, micro zonificación en función del mapa geológico. Esta información deberá ser aportada por todos aquellos proyectos que se ubiquen dentro del radio de 30 km. De distancia de un centro activo de emisión volcánica.
A, b1	8.7.3.	Movimientos en masa	Señalar las probabilidades de los movimientos gravitacionales en masa (deslizamientos, desprendimientos, derrumbes, reptación, etc.). Esta información deberá ser presentada por todos aquellos proyectos, obras, industrias o actividades, que se desarrollen en terrenos con pendientes mayores al 15 %.
A, b1	8.7.4.	Erosión	Indicar la susceptibilidad del área a otros fenómenos de erosión (lineal, laminar).
A, b1	8.7.5.	Inundaciones	Hacer una definición de la vulnerabilidad de las zonas susceptibles a las inundaciones y en caso de zonas costeras a huracanes u otros..
A, b1	8.7.6	Otros	Señalar la susceptibilidad del terreno a fenómenos de licuefacción, subsidencias y hundimientos, inducidos naturalmente o potencializados por el proyecto. Señalar las áreas ambientalmente frágiles presentes en las colindancias del terreno.
A	8.7.7.	Susceptibilidad	Presentar un mapa que incluya las áreas de susceptibilidad amenazas naturales, o de riesgo, incluyendo todos los factores mencionados anteriormente.
A, b1	9.	Descripción del ambiente biótico	Presentar las características biológicas del área de estudio en función del tipo de zona de vida.
A, b1	9.1.	Flora	Indicar gráficamente el área de cobertura vegetal del sitio afectado por el proyecto, obra, industria o actividad, como por ej: potrero, potrero con árboles dispersos, bosque secundario, bosque primario, manglar, pantanos, cultivos y otros. Indicar el estado general de las asociaciones vegetales, adjuntando un inventario forestal. Puede utilizar la metodología de cambio de uso del suelo.
A, b1	9.1.1.	Especies amenazadas, endémicas o en peligro de extinción	Presentar una lista de las especies amenazadas, endémicas o en peligro de extinción que se encuentren en el área del proyecto y el área de influencia directa, de conformidad con las listas oficiales (listado cites).
A, b1	9.1.2.	Especies indicadoras	Proponer una serie de especies locales que puedan servir como indicadoras de la calidad ambiental, con fines de monitoreo durante la fase de operación y cierre.
A, b1	9.2.	Fauna	Indicar las especies más comunes del área de estudio y proporcionar datos sobre abundancia y distribución local.
A, b1	9.2.1.	Especies de fauna amenazadas, endémicas o en peligro de extinción	Presentar una lista de las especies de esta categoría que se encuentren en el área de proyecto y el área de influencia directa, de conformidad con las listas oficiales (listado cites).
A, b1	9.2.2.	Especies indicadoras	Proponer una serie de especies locales que puedan servir como indicadoras de la calidad ambiental, con fines de monitoreo.

Continuación del anexo 3.

A, b1	9.3.	Áreas protegidas y ecosistemas frágiles	Caracterizar los ecosistemas más importantes de la zona de estudio, especialmente aquellos que pudieran ser afectados por la ejecución del proyecto. Presentar en un mapa de áreas silvestres, protegidas existentes y otras áreas de protección o ambientalmente frágiles.
A, b1	10.	Descripción del ambiente socioeconómico y cultural	
A, b1	10.1.	Características de la población	Incluir datos sobre tamaño, estructura, nivel de educación, actividades económicas, tenencia de la tierra, empleo, indicadores de salud, censo poblacional, aspectos de género y otros de la población cercana al área de proyecto, así como sus tendencias, especialmente aquellas que pueden ser influidas por la ejecución del proyecto, obra, industria o actividad.
A, b1	10.2.	Seguridad vial y circulación vehicular	Establecer las características actuales de la red vial, los niveles de seguridad y los conflictos actuales de circulación, presentar un análisis en función de la ejecución y operación del proyecto, obra, industria o actividad.
A, b1	10.3.	Servicios de emergencia	Indicar la existencia y disponibilidad de servicios de emergencia, tales como: estación de bomberos, cruz roja, policía, hospitales, clínicas y otros.
A, b1	10.4.	Servicios básicos	Indicar la existencia y disponibilidad de servicios básicos tales como: agua potable, alcantarillado y drenajes, electricidad, transporte público, recolección de basura, centros educativos, otros y que se relacionen con el proyecto.
A, b1	10.5.	Percepción local sobre el proyecto	Plantear cuál es la percepción, actitudes y preocupaciones de los habitantes de la zona sobre la ejecución del proyecto, obra, industria o actividad, y las transformaciones que pueda generar. (según encuesta de opinión). Señalar los posibles conflictos que puedan derivar de la ejecución; así como el planteamiento del equipo consultor sobre la metodología utilizada para presentar y discutir el proyecto y sus alcances con respecto al medio social y en particular sobre las comunidades cercanas. Incluir el registro de dichas reuniones en el estudio de eia.
A, b1	10.6.	Infraestructura comunal	Identificar la infraestructura comunal existente (camino, puentes, centros educativos y de salud, parques, vivienda, sitios históricos, otros), que pueda ser afectada por el proyecto, obra, industria o actividad.
A	10.7.	Desplazamiento y/o movilización de comunidades	Contemplar de manera específica y detallada si el desarrollo del proyecto implica el desplazamiento de personas, familias o comunidades. Realizar un inventario poblacional y su opinión respecto a la situación que le plantea el proyecto.

Continuación del anexo 3.

A, b1	10.8	Descripción del ambiente cultural; valor histórico, arqueológico, antropológico, paleontológico y religioso	Identificar, señalar y caracterizar estos sitios en el área de influencia directa y analizar el efecto del proyecto, obra, industria o actividad, sobre los mismos, en coordinación con las autoridades correspondientes, presentando la autorización respectiva.
A, b1	10.9.	Paisaje	Hacer una descripción de los valores recreativos, estéticos y artísticos del área (se recomienda, apoyarse con fotografías que muestren las condiciones existentes del área, los cuales pueden verse afectados por el proyecto, obra, industria o actividad propuesta).
A	10.10.	Áreas socialmente sensibles y vulnerables	Presentar los datos sociológicos obtenidos, definiendo las áreas socialmente sensibles y vulnerables a los efectos del proyecto (esta información debe apoyarse en mapas utilizando escala apropiada).
A, b1	11.	Selección de alternativas	
A, B1	11.1.	Alternativas consideradas	Realizar una síntesis, que integre las alternativas consideradas como parte del diseño preliminar y su comparación, describiendo brevemente, los pasos y metodología que condujeron hasta la alternativa seleccionada.
A, b1	11.2.	Alternativa seleccionada	Incluir una descripción técnica de las alternativas seleccionadas.
A, b1	12.	Identificación de impactos ambientales y determinación de medidas de mitigación	Debe incluirse matriz o conjunto de matrices utilizadas para la identificación y cuantificación de los impactos. (lista de chequeo y causa efecto, entre otras)
A, b1	12.1.	Identificación y valoración de impactos ambientales	Aplicar una metodología convencional que confronte las actividades impactantes del proyecto, obra, industria o actividad, con respecto a los factores del medio ambiente que podrían ser afectados, y las valore, analizando las diferentes etapas del proyecto (construcción, operación y abandono).
A, b1	12.2.	Análisis de impactos	Analizar los impactos ambientales que podrían afectar a: a) Aire, b) suelo, c) subsuelo, d) aguas superficiales, e) aguas subterráneas, f) flora y fauna g) biotopos acuáticos y terrestres, h) medio socioeconómico, i) recursos culturales e históricos, j) paisaje, k) otros. Señalar la fuente generadora del impacto (descripción y análisis), y definir el conjunto de medidas preventivas, correctivas, de mitigación, de compensación, si se trata de un impacto negativo, o bien para optimizarlas si se trata de un impacto positivo.
A, b1	12.3.	Evaluación de impacto social	Efectuar una evaluación de impacto social que estime las consecuencias sociales que altere el normal ritmo de vida de las poblaciones y que afecte la calidad de vida de sus habitantes.

Continuación del anexo 3.

A, b1	12.4.	Síntesis de la evaluación de impactos ambientales	Elaborar un resumen, indicando todos los impactos ambientales que producirá el proyecto, en sus diferentes etapas y el resultado de la valoración de la importancia del impacto ambiental, incluyendo aquellos impactos que generan efectos acumulativos. Hacer una comparación de la calificación de los impactos ambientales, en particular el balance entre los impactos negativos y positivos; y resumir cuáles son los impactos más importantes que producirá el proyecto.
A, b1	13.	Plan de gestión ambiental (pga)	Presentar un pga, donde se expongan las prácticas a implementar para prevenir, controlar o disminuir impactos ambientales negativos y maximizar los impactos positivos significativos que se originen con el proyecto, obra o actividad. Presentar como síntesis en forma de cuadro resumen, el pga, que incluya: a) variables ambientales afectadas, b) fuente generadora del impacto, c) impacto ambiental propiamente dicho, d) cita de la regulación ambiental relacionada con el tema, e) medidas ambientales establecidas, f) tiempo de ejecución de esas medidas, g) costo de las medidas, h) responsable de aplicación de las medidas, i) indicador de desempeño establecido para controlar el cumplimiento, j) síntesis del compromiso ambiental
A. B1	13.1.	Organización del proyecto y ejecutor de las medidas de mitigación	Describir la organización que tendrá el proyecto, tanto en la fase de construcción, como en operación, señalando para cada fase, él o los responsables de la ejecución de las medidas de mitigación.
A, b1	13.2.	Seguimiento y vigilancia ambiental (monitoreo)	Cómo parte del pga, definir objetivos y acciones específicas del seguimiento y vigilancia ambiental, sobre el avance del plan conforme se ejecutan las acciones del proyecto, obra o actividad, definiendo claramente cuáles son las variables ambientales o factores a los que se les dará seguimiento (los métodos, tipos de análisis, y la localización de los sitios, puntos de muestreo y frecuencia de muestreo, institución responsable). El seguimiento y vigilancia ambiental debe incluir la etapa de construcción, operación y cierre o abandono, dependiendo de la complejidad y tipo del proyecto y de la fragilidad ambiental del área donde se plantea ubicar.
A, b1	13.3.	Plan de recuperación ambiental para la fase de abandono o cierre	Definir la etapa de abandono o cierre, una vez cumplidos sus objetivos presentar un plan que incluya las medidas que serán tomadas para recuperar el sitio del área del proyecto, estableciendo claramente el estado final del mismo una vez concluidas las operaciones, de tal forma que pueda ser corroborado.
A, b1	14	Análisis de riesgo y planes de contingencia	Elaborar un análisis de las probabilidades de exceder las consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular. Indicar vulnerabilidad de los elementos expuestos y el riesgo que puede ser provocado por el hombre, o la naturaleza.

Continuación del anexo 3.

A, b1	14.1.	Plan de contingencia	Presentar medidas a tomar como contingencia o contención en situaciones de emergencia derivadas del desarrollo del proyecto, obra, industria o actividad, y/o situaciones de desastres naturales, en el caso que dichos proyectos, obras, industrias o actividades se encuentren en áreas frágiles o que por su naturaleza representen peligro para el medio ambiente o poblados cercanos, así como los que sean susceptibles a las amenazas naturales. (planes contra riesgo por sismo, explosión, incendio, inundación o cualquier otra eventualidad.)
	15.	Escenario ambiental modificado por el desarrollo del proyecto, obra, industria o actividad	Presentar un análisis general de la situación ambiental del área de proyecto previo a la realización del proyecto, y el área de influencia como consecuencia del desarrollo del mismo.
A, b1	15.1.	Pronóstico de la calidad ambiental del área de influencia.	Con base en la situación ambiental actual del área de influencia del mismo, realizar un análisis de la calidad ambiental que tendrá el área de influencia a partir de la implementación del proyecto, tomando en cuenta las medidas a aplicar tanto dentro del ámbito del proyecto, como de sus efectos acumulativos.
A, b1	15.2.	Síntesis de compromisos ambientales, medidas de mitigación y de contingencia	Presentar en un cuadro, un resumen de los compromisos ambientales establecidos en el pga y del análisis de riesgo y de contingencia, estableciendo los lineamientos ambientales que regirán el desarrollo del proyecto en sus diferentes fases, en función de los factores ambientales.
A, b1	15.3.	Política ambiental del proyecto	Como síntesis de las medidas de mitigación propuestas, resumir la política ambiental que deberá regir al proyecto durante toda su ejecución, incluyendo como mínimo su objetivo, alcances, el compromiso con el mejoramiento continuo, control y seguimiento ambiental y la buena relación con las comunidades vecinas.
A, b1	16.	Referencias bibliográficas	Presentar un listado de toda la bibliografía (libros, artículos, informes técnicos y otras fuentes de información) citada en los diferentes capítulos del estudio de eia (referencias bibliográficas completas y siguiendo los procedimientos convencionales de citado bibliográfico: autor(es), año, título, fuente en que se encuentra, número de páginas, y ciudad de publicación o edición.
A, b1	17	Anexos	Los anexos deben estar numerados y debidamente referenciados en el texto.

Fuente: *Guía de términos de referencia para la elaboración de un estudio de evaluación de impacto ambiental*. https://us.search.yahoo.com/yhs/search?hspart=wajam&hsimp=yhs-brwsrex&type=wjsearchpage_ya_4898_82_70734639&p=Caratula%20de%20ingreso%20de%20instrumentos%20ambientales. Consulta: 5 de julio de 2017.