



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PRÁCTICA PROFESIONAL

ÁREA DE GENERACIÓN

AZUCARERA LA GRECIA S.A DE C.V

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO EN ENERGÍA

PRESENTADO POR:

11711059 NAYELI STEFANIA CALDERÓN CARRASCO

ASESOR METODOLÓGICO: ING. RAFAEL AGUILAR

CAMPUS TEGUCIGALPA; JUNIO, 2022

DEDICATORIA

A mis padres por el apoyo y confianza en mí.

A mis hermanas por su cariño y representar la unidad familiar.

A mis amigos por acompañarme en esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco enormemente a Azucarera La Grecia por permitirme realizar mi práctica profesional en la empresa y enriquecer mis conocimientos en distintas áreas.

A mis compañeros de trabajo por lograr que esta etapa fuera posible y agradable.

Sé firme en tus actitudes y perseverante en tu ideal.
Pero sé paciente, no pretendiendo que todo te llegue de inmediato.
Haz tiempo para todo, y todo lo que es tuyo, vendrá a tus manos en el momento
oportuno.

~Mahatma Gandhi

RESUMEN EJECUTIVO

En este documento se presentan las actividades y resultados de la realización de la práctica profesional en Azucarera La Grecia, en el área de generación. Fue necesario primeramente conocer el proceso de producción de azúcar en general, para comprender la importancia del área en la que se estará trabajando. Junto con esto se dio apoyo a la supervisión del reemplazo de tuberías en banco de convección-estación reductora y en el proceso de producción de agua tratada para las calderas, además de la actualización de los SOP de la producción de energía.

Para el correcto desarrollo de este proyecto se inició con el aprendizaje del diagrama referente a las etapas para llevar a cabo el proceso. En este tipo de industria se destacan temas primordiales como: composición de la biomasa, el tratamiento de agua y producción de energía eléctrica para la venta.

Dentro de todas las asignaciones realizadas muchas comprendían el análisis de los componentes de la biomasa utilizada como combustible, desarrolladas en equipos específicos y precisos en cuanto a contenido de cenizas, poder calorífico, volatilidad y humedad de cada biocombustible por separado, pero para eso se necesitó actualizar y calcular métodos sencillos y cantidad de recursos gastados para una corrida/análisis. Estos experimentos facilitaron la información necesaria para saber de qué calidad se presenta la biomasa en el tiempo real de uso o consumo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	GENERALIDADES DE LA EMPRESA	2
	2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	2
	2.1.1 Historia	2
	2.1.2 Visión	3
	2.1.3 Misión	3
	2.1.4 Valores.....	3
	2.1.5 Política Integral de Gestión	4
	2.1.6 Organigrama de la Empresa	4
	2.1.7 Certificaciones y reconocimientos de la empresa	5
	2.1.8 Proceso productivo del azúcar.....	6
	2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO	6
	2.3 OBJETIVOS DEL PUESTO.....	7
	2.3.1 Objetivo General.....	7
	2.3.2 Objetivos Específicos	7
III.	MARCO TEÓRICO	8
	3.1 ENERGÍA RENOVABLE EN HONDURAS	8
	3.2 ENERGÍA BIOMASA.....	9
	3.2.1 Tipos de Biomasa	9
	3.2.2 Impacto Ambiental de la Biomasa	11
	3.2.3 Transformación De La Biomasa En Energía Renovable.....	11
	3.3 INGENIOS AZUCAREROS Y BIOMASA	12
	3.4 COGENERACIÓN.....	13
	3.4.1 Tipos de cogeneración.....	15
	3.4.2 Índices De Eficiencia.....	15
	3.4.3 Sistemas de Energía de Biomasa.....	16

3.5 TRATAMIENTO DE AGUA PARA CALDERAS.....	20
3.6 ENERGÍA BIOMASA EN HONDURAS.....	21
IV. DESARROLLO.....	24
4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESARROLLO	24
4.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	25
V. CONCLUSIONES.....	26
VI. RECOMENDACIONES.....	27
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	28

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-Logo Azucarera La Grecia	2
Ilustración 2-Organigrama ALG	5
Ilustración 3-Proceso Productivo ALG.....	6
Ilustración 4-Potencia Instalada por tipo de fuente	8
Ilustración 5-Potencia Eléctrica Instalada 2021	9
Ilustración 6-Tipos de Biomasa.....	10
Ilustración 7-Proceso de producción de energía a partir de la cogeneración.....	14
Ilustración 8-Esquema de funcionamiento de los ciclos cabecera y cola.....	15
Ilustración 9-Horno de combustible húmedo.....	17
Ilustración 10-Cámara de combustión secundaria.....	18
Ilustración 11-Generador de Gases Calientes por Combustión de Biomasa.....	19
Ilustración 12-Plantas de Biomasa en Honduras	22
Ilustración 13-Representación Gráfica Capacidad Instalada (MW) Proyectos de Biomasa en Honduras.....	23
Ilustración 14-Localización de Proyectos de Biomasa en Honduras	23
Ilustración 15-Cronograma de Actividades.....	25

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-Poder Calorífico Inferior	13
Ecuación 2-Consumo de vapor.....	16
Ecuación 3-Generación Excedente	16
Ecuación 4-Generación de bagazo.....	16

LISTA DE SIGLAS Y GLOSARIO

ALG	Azucarera La Grecia
BTU	British Thermal Unit
CAHSA	Compañía Azucarera Hondureña S.A
CELSUR	Compañía Eléctrica del Sur
DIPRESEIN	Dirección Nacional Sectorial de Prevención, Seguridad, e investigación
PCI	Poder Calorífico Inferior
PTA	Planta de Tratamiento de Agua
RAC	Residuo Agrícola de Cosecha
SOP	Standart Operating Procedures
TGC	Turbo Generador Condensing
TGE	Turbo Generador Electric
Bonsucro	Entidad Internacional sin fines de lucro reconocida por ser punto de referencia en cuanto a desarrollo y sostenibilidad del sector azucarero

I. INTRODUCCIÓN

La demanda energética es creciente globalmente y se conoce que la utilización de combustibles fósiles y nucleares producen deterioro al medio ambiente, debido a esto las Energías Renovables han trascendido actualmente. El aprovechamiento de la Biomasa ha tenido un gran auge en esta década debido a la crisis energética que sufre el país, las distintas empresas han optado por aprovechar sus desechos con el fin de producir energía para consumo propio e inyectar excesos a la red.

El presente informe contiene resultados recopilados sobre las actividades a realizar en el transcurso de la práctica profesional realizada en Azucarera La Grecia en el departamento de Generación. A lo largo de la práctica profesional se analizarán primeramente los procesos para la producción de azúcar con el fin de comprender todas las actividades que conlleva la generación de energía biomasa en el Ingenio Azucarero. Del mismo modo se apoyará en la supervisión de reemplazo de tuberías en banco de convección- estación reductora y se brindará apoyo en la planta de tratamiento de aguas para calderas. Adicionalmente se ejecutarán balances para generación de vapor, control de calidad de biomasa, actualizaciones de diversos informes y visitas a la fábrica.

La estructuración de este proyecto comprende las distintas etapas en las que se desarrolló la práctica profesional, descritas a continuación: descripción del perfil general de la empresa, filosofía empresarial, política integral de gestión entre otros aspectos para la comprensión del funcionamiento interno, departamento donde se desempeñara el cargo, objetivos del puesto, marco teórico en el que se muestran conceptos relacionados a la temática principal. Posteriormente en la sección de desarrollo se detallan las actividades realizadas junto con el cronograma de actividades. Finalmente se encuentran las conclusiones elaboradas a partir de los objetivos, así como recomendaciones de progreso y mejora hacia la empresa.

II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Azucarera La Grecia, S.A. se especializa en el cultivo de caña de azúcar, con la que se produce diferentes tipos de azúcar, mieles, alcoholes y cogeneración de energía eléctrica a partir de materias renovables sobre estándares que contribuyen a satisfacer las necesidades de los clientes de manera responsable y sostenible generando valor económico, social y ambiental en el entorno. Los ingenios han sido auditados por diversos clientes que buscan productos que se adhieran a los más altos estándares de calidad, lo cual ha permitido a la organización acreditarse como proveedor Premium Mundial y por ende competir en el mercado global.

Rubro Económico al que pertenece: Agroindustrial

Dirección: Kilómetro 21, Carretera a Cedeño, Marcovia, Choluteca, Honduras, C.A.

Teléfono: +504 2705-3900.



Ilustración 1-Logo Azucarera La Grecia

Fuente: La Grecia

2.1.1 HISTORIA

Desde hace más de 40 años Azucarera La Grecia S.A genera prosperidad y crecimiento a más de 19,200 familias del equipo de trabajo y vecinos en el sur de Honduras fundada desde el año de 1976 La Grecia S. A. (ACENSA) siendo propiedad del Estado de Honduras; como parte del programa de privatización de propiedades del estado en el año de 1993 decidieron la

venta de ACENSA al sector privado; años más tarde se convierte en Azucarera La Grecia; es así como en el año 2008 el Grupo Pantaleón asume la administración de la misma (ALG).

En el año 2019 Grupo Pantaleón decidió vender, pero siempre continua bajo la firma de Azucarera La Grecia S.A que actualmente es considerado el más grande de los siete ingenios centrándose en proveer caña de azúcar con una capacidad instalada para procesar 8,000 toneladas de caña por día de acuerdo a los estándares de calidad requeridos para la producción de azúcar natural y en apego al cumplimiento de metas de eficiencia y productividad así como tener un proceso responsable de transformar la caña de azúcar en materia orgánica disponible para generar energía eléctrica y producir el grano dulce que se dispone desde Honduras hasta la mesa de los hogares del mundo.

2.1.2 VISIÓN

Endulzar el mundo y ser preferido por nuestros clientes como un productor competitivo e innovador de azúcar y sus derivados.

2.1.3 MISIÓN

Producir azúcar y sus derivados de una forma responsable y sostenible, con trabajo en equipo, mejora continua e innovación buscando la competitividad global.

2.1.4 VALORES

1. Involucramiento

Valoramos cada idea

«Somos una familia y protegemos el bienestar de los que representamos»

2.Liderazgo

Asociados comprometidos y empoderados

«Empoderamos a nuestros equipos para la mejora continua»

3.Confianza

Trabajamos de forma honesta

«Comprometidos con la verdad, los hechos y nuestra palabra»

4.Promover el Cambio

Mejora continua

«Tenemos el coraje de escoger el futuro y no el pasado»

5.Pasion

Alcanzamos objetivos

«Alcanzamos la excelencia trabajando en equipo»

2.1.5 POLÍTICA INTEGRAL DE GESTIÓN

Transformar responsablemente los recursos, en azúcar, mieles, energía y otros derivados. Promover una cultura basada en ética, excelencia, eficiencia y mejora continua a todo nivel de la organización, comprometidos a:

1. Garantizar el cumplimiento con los requisitos legales aplicables y los requerimientos por parte de clientes y otras partes interesadas.
2. Satisfacer las necesidades de nuestros clientes al proveerles productos inocuos y de calidad.
3. Optimizar el uso de los recursos naturales y disminuir nuestra huella ambiental.
4. Promover un ambiente de trabajo seguro y saludable para prevenir incidentes y el deterioro de la salud.

2.1.6 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

La Empresa Azucarera La Grecia, cuenta con su respectiva gerencia que se divide en: Gerencia Agrícola, Gerencia de Finanzas, Gerencia de Ingeniería de Procesos, Gerencia de Logística, Gerencia Industrial, Gerencia Talento y Sostenibilidad, Las Cumbas y Unidades de Negocio.

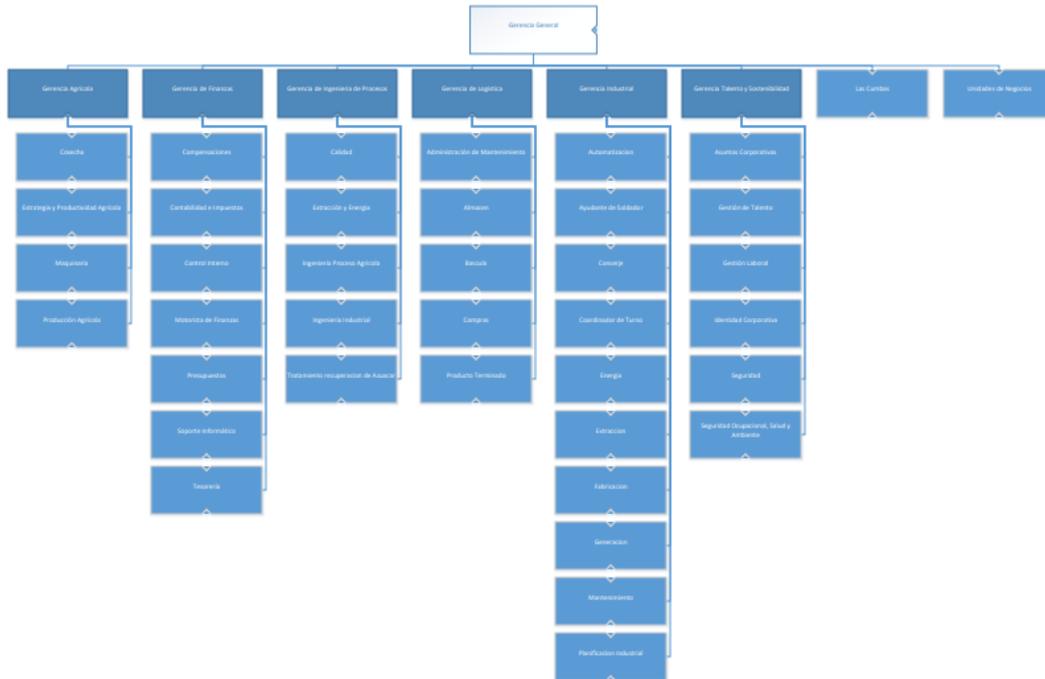


Ilustración 2-Organigrama ALG

Fuente: La Grecia

2.1.7 CERTIFICACIONES Y RECONOCIMIENTOS DE LA EMPRESA

1. Sello ESR, como Empresa Socialmente Responsable, año 2010-2021.
2. Certificación BONSUCRO 2021.
3. Certificación Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2000, año 2015.
4. Reconocimiento por DIPRESEIN que certifica que ALG cumple con las recomendaciones de prevención y seguridad contra incendios de conformidad a la ley del cuerpo de bomberos decreto No. 56-2019. Válido hasta el 10 de marzo del 2022.
5. Certificación del Plan de Contingencia. 2021
6. Certificación como EMPRESA SEGURA por parte de la secretaria del Trabajo y Seguridad Social de Honduras, año 2015

7. Reconocimiento de Primer Lugar en ingenios azucareros por su destacada gestión en prevención de riesgos en el proceso industrial, año 2007

8. Certificación de Mi Ambiente donde hace constar que ALG cumple con las actividades de reforestación, año 2021.

2.1.8 PROCESO PRODUCTIVO DEL AZÚCAR

Se presenta una figura que ilustra de manera dinámica el proceso mediante el cual se produce el azúcar.

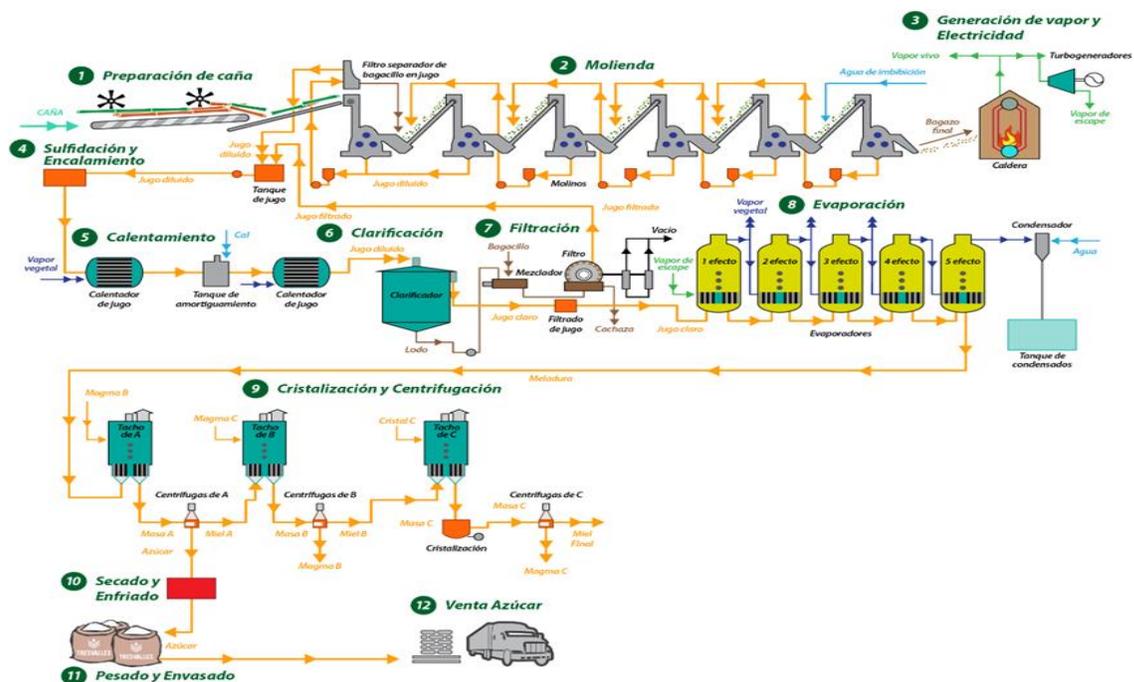


Ilustración 3-Proceso Productivo ALG

Fuente: La Grecia

2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO

El departamento de Generación derivado de Gerencia Industrial en Azucarera La Grecia S.A es el responsable de procesar el bagazo mediante calderas, turbinas, generadores y domos produciendo así vapor y electricidad, de igual manera junto con el departamento de Energía se encarga de la documentación necesaria como ser: Control de calidad de biomasa, Eficiencia en combustión y Actualización de SOP.

2.3 OBJETIVOS DEL PUESTO

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

Gestionar actividades de planificación y operación en el Departamento de Generación y Energía.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Supervisión en proyecto de cogeneración (reemplazo de tuberías en banco de convección de caldera número 4, estación reductora de presión- interconexión entre caldera de 900 psig y caldera de 600 psig)
2. Desarrollo de balance de uso de combustible para la generación de vapor, control de calidad de biomasa y eficiencia en combustión.
3. Apoyar en el proceso orientado a la operación de tratamiento de aguas para calderas.
4. Realizar actualización de SOP en el proceso de energía.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 ENERGÍA RENOVABLE EN HONDURAS

Según (Flores Castro, 2016) "Ante un constante crecimiento en el consumo de energía eléctrica en Honduras y un deterioro progresivo del medio ambiente, se vuelve necesario impulsar proyectos de energía que utilizan tecnologías amigables con el ambiente, tales como los proyectos que utilizan recursos renovables".

En Honduras la potencia eléctrica instalada en 2019 fue de 2,755.62 MW, distribuida en aproximadamente 104 centrales generadoras, donde 1,024.60 MW (37.18 %) instalados son de generadores a base de combustibles fósiles y 1,731.02 MW (62.82%) corresponden a generación renovable. Honduras cuenta con una matriz de generación de energía eléctrica diversificada con tecnologías que funcionan mediante el uso de fuentes renovables y fuentes no renovables que están ubicadas a lo largo y ancho de su extensión territorial (Dirección General de Electricidad y Mercados, 2019).



Ilustración 4-Potencia Instalada por tipo de fuente

Fuente: (ENEE Boletines Estadísticos, 2021)

RESUMEN PRODUCCIÓN BRUTA 2021		
TIPOS DE GENERACION	PRODUCCION (GWh)	PORCENTAJE %
GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA	3,775.56	33.97%
GENERACIÓN TÉRMICA	4,130.80	37.17%
GENERACIÓN EÓLICA	776.86	6.99%
GENERACIÓN BIOMASA	804.54	7.24%
GENERACIÓN SOLAR	1,060.76	9.54%
GENERACIÓN GEOTÉRMICA	365.25	3.29%
INTERCONEXIÓN	199.76	1.80%
TOTAL	11,113.53	100.00%

Ilustración 5-Potencia Eléctrica Instalada 2021

Fuente: ODS

En la ilustración 5 se muestra la producción bruta que corresponde al año 2021 por cada tipo de generación.

3.2 ENERGÍA BIOMASA

Se define biomasa como el tipo de energía que procede de la combustión de materia orgánica presente en residuos agrícolas (podas de los cultivos), forestales (limpiezas de montes), agroalimentarios (subproductos y residuos de procesos de la industria alimentaria y ganadera, dicha materia orgánica se puede procesar para ser transformada en bioenergía, electricidad, calor, biometano y biocarburantes. En el caso de generación de electricidad y calor este proceso se realiza mediante calderas ya sea en viviendas o edificios, así como en grandes industrias (Blanco, 2022).

La biomasa cuenta con distintas características como ser la humedad que afecta tanto a la cantidad y la calidad de la materia como al proceso, así como la eficiencia final de la energía resultante; densidad real y aparente la cual varía de acuerdo a la presentación de biomasa (Eficiencia R, 2022).

3.2.1 TIPOS DE BIOMASA

Existen distintos tipos de biomasa según su origen:

A. Biomasa natural

La biomasa natural es aquella que se genera en los ecosistemas naturales, sin ningún tipo de intervención por parte del ser humano por ejemplo desechos de bosque (Aragón, 2021).

B. Biomasa residual

La biomasa residual es aquella que se genera a partir de actividades que el hombre realiza, ya sea actividades agrícolas, ganaderas, industria maderera o agroalimentaria, este tipo de biomasa al utilizarse como combustible no genera contaminación por ende no daña el medio ambiente (Aragón, 2021).

C. Excedentes agrícolas

Los excedentes agrícolas que por distintos motivos no se utilizan para la alimentación humana, pueden usarse como combustible en plantas de generación eléctrica y también como biocombustibles (Aragón, 2021).

D. Cultivos energéticos

Se trata de cultivos exclusivamente dedicados a la producción de energía. Algunos cultivos tradicionales como los cereales o la caña de azúcar pueden formar parte de los cultivos de energía, así como otros menos comunes como la cynara, petaca o el sorgo dulce (Aragón, 2021).

Al clasificarse los tipos de biomasa se puede analizar cuál es la más recomendable para los distintos casos (ciudades, casas, industrias etc) para utilizar la biomasa como combustible renovable y ecológico para generar energía (Aragón, 2021).



Ilustración 6-Tipos de Biomasa

Fuente: (AEFECC, 2016)

3.2.2 IMPACTO AMBIENTAL DE LA BIOMASA

La combustión realizada supone la aparición de productos contaminantes en mayor o menor grado, dependiendo de la naturaleza de los reactivos y de las tecnologías utilizadas, con el alto riesgo de que dichos productos sean emitidos al medioambiente. De igual manera se debe tener en cuenta que en los diferentes procesos de transformación de la biomasa en otras sustancias combustibles, también se producen sustancias contaminantes que se vierten al medioambiente. Entre ellas, destacan las partículas, el dióxido y monóxido de carbono, los compuestos de azufre, los óxidos de nitrógeno y los residuos sólidos y líquidos. A diferencia de los combustibles fósiles, el dióxido de carbono originado en el proceso de combustión de la biomasa es devuelto a la atmósfera, desde donde fue tomado durante su generación. El uso de la biomasa como combustible no hace aumentar el contenido de dióxido de carbono de la atmósfera y, por lo tanto, no atribuye el efecto invernadero. En el caso del monóxido de carbono, las emisiones que se producen al quemar biomasa son superiores que cuando se quema carbón, aunque influye notablemente la tecnología utilizada (Ambientum, 2020).

3.2.3 TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA EN ENERGÍA RENOVABLE

Según (Tierradentro Cruz, 2020) "La biomasa consta de cuatro procesos importantes en los que logra transformarse en calor y electricidad, estos son: combustión, pirolisis, gasificación y digestión anaerobia".

1. **Combustión:** En este proceso se somete la biomasa a temperaturas altas con exceso de oxígeno. Este método tradicional suele utilizarse para la obtención de calor en entornos domésticos, o para la generación de energía eléctrica (Chong, 2018).
2. **Pirolisis:** La biomasa es sometida a altas temperaturas (500°C aprox) sin presencia de oxígeno. Es utilizada para producir carbón vegetal igualmente para obtener combustibles líquidos semejantes a los hidrocarburos (Pinedo, 2013).
3. **Gasificación:** Se somete a muy altas temperaturas en presencia de cantidades limitadas de oxígeno, para lograr una combustión completa. Según se utilice aire u oxígeno puro, se obtienen dos productos distintos, en el primer caso se obtiene

gasógeno o gas pobre (este gas puede utilizarse para obtener electricidad y vapor), en el segundo caso, se opera en un gasificado con oxígeno y vapor de agua y lo que se obtiene es gas de síntesis. La importancia del gas de síntesis radica en que puede ser transformado en combustible líquido (Romero, 2010).

4. Digestión anaerobia: Este proceso se utilizan distintos tipos de microorganismos encargados de degradar las moléculas a compuestos más simples con alta densidad energética. La digestión anaerobia de la biomasa por las bacterias *Acetobacter*, se encarga de descomponer los ácidos grasos y compuestos aromáticos, en cuanto a las *Eubakterium* son capaces de cumplir funciones específicas en la descomposición anaeróbica. Este método suele emplearse en explotaciones de ganadería intensiva, con la instalación de digestores o fermentadores, en donde la celulosa procedente de los excrementos animales se degrada en un gas que contiene cerca del 60% de metano (Gutiérrez M, 2014).

3.3 INGENIOS AZUCAREROS Y BIOMASA

Se estima que hay más de 1000 ingenios azucareros alrededor del mundo y teniendo en cuenta la cantidad de generadores de vapor instalados en cada uno de ellos, se puede decir que la industria azucarera es entre las industrias, la de mayor demanda de calderas industriales (Alderetes, 2016).

La industria azucarera hondureña es de gran importancia en la economía para el país ya que genera fuentes de empleo, el bagazo y RAC de la caña de azúcar producen biomasa aprovechable para la generación de energía.

Cada ingenio produce diferente volumen de energía, ya que cada uno procesa diversos montos en tonelada de caña y por tanto de bagazo. En la actualidad la producción de energía por medio del bagazo de caña de azúcar presenta un crecimiento de cerca de un

7.5%, siendo esta su presencia dentro de la matriz energética, según cifras de la Unidad de Transacciones (SICA, 2018).

Según (Cantarella, 2019) "Un estudio realizado confirma el gran potencial para producir electricidad a partir del bagazo de caña, de forma más sostenible de lo que se consigue con las termoeléctricas movidas con derivados de petróleo, y con sustancial reducción de las emisiones de CO₂".

Para obtener la cantidad de calor desprendido PCI en la combustión completa de una unidad de combustible este valor es de interés industrial: hornos, calderas, turbinas, debido a que los gases de escape producto de la combustión tienen normalmente temperaturas elevadas, y por lo tanto el agua en fase vapor no se condensa (Debenardi, 2013).

Para la determinación del PCI se utiliza la siguiente ecuación:

$$H = \frac{M_S C_{vS} \Delta T - e_1 - e_2}{M_C}$$

$$e_2 = m \cdot h$$

Ecuación 1-Poder Calorífico Inferior

Fuente: (Debenardi, 2013)

Donde MS es la masa de la bomba calorimétrica (masa del sistema); CvS es el calor específico promedio de la bomba calorimétrica (calor específico del sistema); ΔT es el cambio de temperatura registrado durante las pruebas; H es el poder calorífico del combustible; e1 es la corrección por el calor que libera la formación de ácidos de nitrógeno y azufre; e2 es la corrección por el calor generado por la combustión del filamento de ignición; m es la masa o longitud del filamento de ignición; h es el poder calorífico del filamento por unidad de masa o longitud; MC es la masa de combustible (Debenardi, 2013).

3.4 COGENERACIÓN

Se define como cogeneración a la técnica empleada para la producción secuencial de energía, por lo general eléctrica y térmica, a partir de una sola fuente de energía. Sin embargo, la cogeneración puede verse integralmente como un proceso y no como una

técnica: es un proceso mediante el cual la descarga de calor de un proceso se convierte en una fuente de energía para otro proceso de conversión posterior (Muñoz, 2011).

El uso de bagazo como combustible no solo para el proceso azucarero sino para vender excedente de energía eléctrica a la red nacional de los países se ha vuelto una práctica común en muchos países con tecnología de azúcar de caña (Ramírez, 2017).

En una central eléctrica tradicional los humos salen directamente por la chimenea mientras que, en una planta de cogeneración, los gases de escape se enfrían transmitiendo su energía a un circuito de agua caliente/vapor, una vez enfriados los gases de escape pasan a la chimenea, con el aprovechamiento del calor residual, los sistemas de cogeneración presentan rendimientos globales del orden del 85%, lo que implica que el aprovechamiento simultáneo de electricidad y calor favorezca la obtención de elevados índices de ahorro energético, así como una disminución importante de la factura energética, sin alterar el proceso productivo. Ahorro energético que se incrementa notablemente si se utilizan energías residuales (Armengod, 2019).

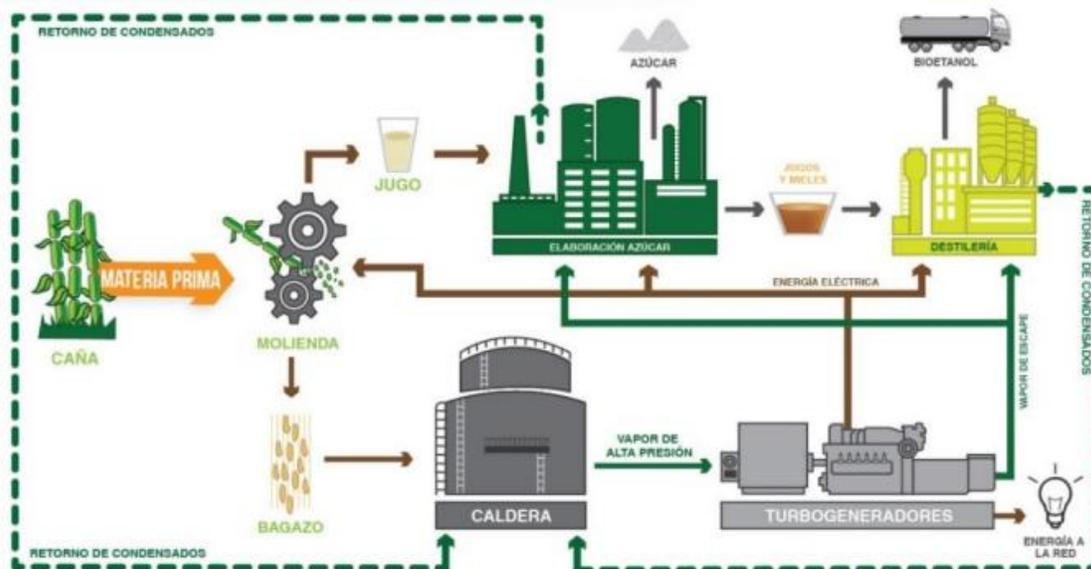


Ilustración 7-Proceso de producción de energía a partir de la cogeneración

Fuente: (BioEnergía, 2017)

3.4.1 TIPOS DE COGENERACIÓN

Existen tipos de cogeneración los cuales son:

- a. Cogeneración de ciclo de cabecera: En este ciclo se genera primero la energía eléctrica; para producir la electricidad se utilizan turbinas de vapor, turbinas a gas o motores de diésel y luego el calor descargado se emplea en algún proceso industrial posterior, por ejemplo, en sistemas de evaporación y cocimiento u otros requerimientos de carácter térmico. Es el sistema más aplicado en la industria azucarera. Si se trata de turbinas a vapor, tanto los gases de escape de las calderas como la descarga de vapor en las turbinas se convierten en fuentes de calor para otros procesos (Muñoz, 2011).
- b. Cogeneración de ciclo de cola: Este ciclo es térmico, pretende recuperar calor de un proceso industrial para luego producir energía eléctrica. En este caso se requiere vapor de temperatura y presión adecuadas para la operación de turbogeneradores que generen la energía eléctrica (Muñoz, 2011).

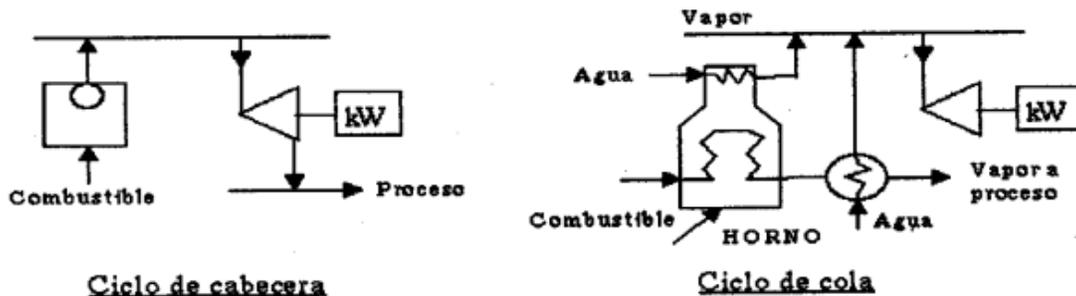


Ilustración 8-Esquema de funcionamiento de los ciclos cabecera y cola

Fuente: (Carrion, 2017)

3.4.2 ÍNDICES DE EFICIENCIA

La eficiencia energética de una central cogeneradora de un ingenio azucarero se mide básicamente a través de los índices de consumo de vapor, generación excedente y generación de vapor (Muñoz, 2011).

Estos índices se expresan como:

- Consumo específico de vapor en el proceso (Kgv) por cada tonelada de caña molida (Tc)

$$\text{Consumo de vapor} = \text{Kgv} / \text{Tc}$$

Ecuación 2-Consumo de vapor

Fuente: (Muñoz, 2011)

- Índice específico de generación de electricidad excedente, expresado en KWh de electricidad excedente (no es considerado el consumo interno) por tonelada de caña molida (Tc)

$$\text{Generación excedente} = \text{Kwh} / \text{Tc}$$

Ecuación 3-Generación Excedente

Fuente: (Muñoz, 2011)

- Índice de generación de vapor, representa los kg de vapor generados en la caldera por cada kg de bagazo utilizado como combustible.

$$\text{Generación de bagazo} = \text{Kgv} / \text{Kgb}$$

Ecuación 4-Generación de bagazo

Fuente: (Muñoz, 2011)

3.4.3 SISTEMAS DE ENERGÍA DE BIOMASA

Existen diversos sistemas de generación de energía a partir de la biomasa algunos de estos son:

Sistema de Combustión de Biomasa

- Horno de Combustible Húmedo: Ampliamente usado en la industria forestal, donde se encuentran disponibles combustibles con un alto contenido de humedad como ser los chips de cortezas o de madera verde. La rejilla

reciprocante permite la gasificación durante la combustión por etapas del combustible húmedo (Thermal, 2020).



Ilustración 9-Horno de combustible húmedo

Fuente: (Thermal, 2020)

Horno de Combustible Seco

- Quemador de Combustible seco – Horno de Alimentación Regulada: Para procesos donde el combustible tiene un bajo contenido de humedad (seco), se encuentra disponible un diseño de horno especial. Un tornillo controla el flujo de alimentación a la estiba de quemado, completamente rodeada por filas de boquillas (centrifugas) de aire para asegurar la correcta combustión de la totalidad del combustible (Thermal, 2020).
- Cámara de Combustión Secundaria: El tiempo de retención es un factor extremadamente importante en la combustión que a menudo es pasado por alto en sistemas de combustión de alta calidad. La verdadera combustión completa requiere que este factor sea considerado este diseño presenta algunas ventajas como ser: bajas emisiones, maximización de la transferencia de energía, y la utilización total de la energía potencial disponible en el combustible (Thermal, 2020).

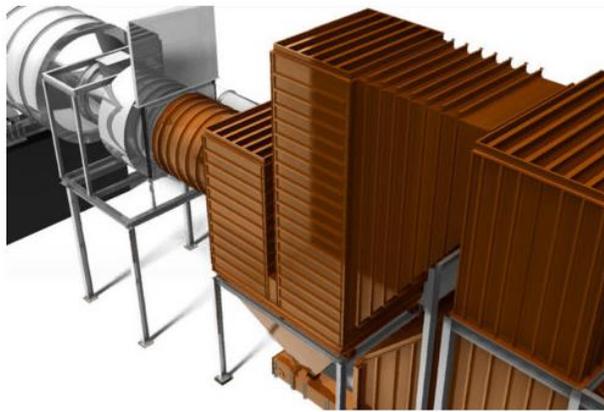


Ilustración 10-Cámara de combustión secundaria

Fuente: (Thermal, 2020)

- Quemador de Suspensiones: Los quemadores de suspensiones, pueden ser adicionados a nuestros diseños de hornos de combustible seco o húmedo o como una unidad independiente. Para el quemado de materiales más pequeños como ser polvo de lijado. El material es soplado a través de cañerías de alta presión hacia un quemador centrífugo. El quemador utiliza entradas de aire primario y secundario, permitiendo ajustes al consumo de combustible como así también al largo y ancho de la llama (Thermal, 2020).

Generadores de Gases Calientes por Combustión de Biomasa

La generación de gases calientes y limpios se encuentra disponible para sistemas que requieren calentamiento directo. Se deben utilizar secadores para la preparación del material en OSB, MDF, generación de pellets. Una maximización del control de combustión implica menores problemas con chispas y un gas caliente de combustión más limpio (Thermal, 2020).

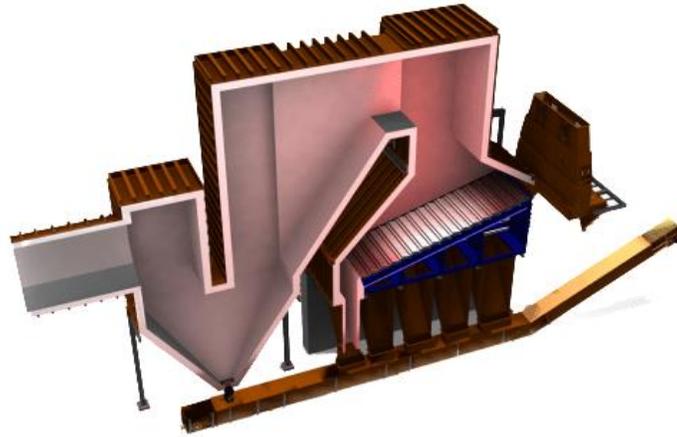


Ilustración 11-Generador de Gases Calientes por Combustión de Biomasa

Fuente: (Thermal, 2020)

Calentador de Fluidos por Combustión de Biomasa

El calentamiento de fluido térmico, a menudo denominado calentamiento de aceite térmico es un tipo de calentamiento indirecto en donde un medio de transferencia de calor en fase líquida es calentado y circulado a los usuarios de energía dentro de un circuito cerrado. Los fluidos térmicos permiten la operación a altas temperaturas (hasta 600F/315°C con aceites térmicos orgánicos y 800F/427°C con ciertos sintéticos) a muy baja presión (Thermal, 2020).

Calderas de Agua por Combustión de Biomasa

Se realiza generación de vapor de agua por calentamiento directo con gases calientes de combustión.

- Generación de vapor de Agua con Aceites Térmicos: Utilizando un intercambiador de calor para aceite térmico, se puede generar vapor de agua a baja presión (Thermal, 2020).

3.5 TRATAMIENTO DE AGUA PARA CALDERAS

Existen distintas tecnologías para el tratamiento de aguas dirigido para calderas, considerándose este paso importante por evitar corrosión e incrustaciones en el equipo, algunas tecnologías que se emplean son:

- Osmosis inversa: La ósmosis inversa para el sector industrial reduce los sólidos disueltos que conducen a la formación de incrustaciones en la caldera. Su eliminación mejora la eficiencia de las calderas y aumenta su capacidad para trabajar con total capacidad (Agorá, 2021).
- Tratamiento del agua mediante resinas de intercambio iónico: Un tratamiento de agua mediante resinas de intercambio iónico forma parte de los tratamientos de desmineralización. Permite eliminar especies iónicas disueltas como sales que pueden provocar precipitaciones en equipos industriales. Reduce transferencias en superficies metálicas evitando posibles fallos o roturas que podrían darse por stress térmico (Agorá, 2021).
- Electrodesionización (EDI): La electrodesionización permite obtener agua de alta pureza para la industria ya que combina dos técnicas de purificación de agua (electrodialisis, intercambio iónico) en esta tecnología intervienen una pequeña cantidad de resinas de intercambio iónico, membranas semipermeables aniónicas y catiónicas alteradas, además de una corriente eléctrica entre los electrodos cátodo y ánodo (Agorá, 2021).

3.6 ENERGÍA BIOMASA EN HONDURAS

El aprovechamiento de la Biomasa en Honduras ha tenido un desarrollo favorable especialmente en esta década, donde incluso se han implementado proyectos que se dedican exclusivamente a la generación de energía eléctrica para ser inyectada a la red energética del país. La población hondureña ha utilizado ya por muchos tiempos la biomasa como fuente energética y actualmente las plantas de Biomasa existentes son propiedad privada, actualmente Honduras cuenta con 15 plantas de Biomasa en todo el país. (Vásquez & Álvarez, 2019)

La primera planta de Biomasa que tuvo lugar en Honduras fue CAHSA. El 20 de octubre de 1938, un grupo de empresarios sampedranos decidieron fundar una empresa que se dedicara al cultivo de la caña y la fabricación de azúcar, de esta manera nació CAHSA, en las cercanías de San Pedro Sula. Su primer Ingenio, se llamó El Juguete y tenía una capacidad diaria de molienda de 150 toneladas de caña en su primera zafra, con 250 manzanas de caña sembradas, logrando producir 25,000 quintales de azúcar. (CAHSA, 2017)

Las Plantas de Biomasa en Honduras iniciaron como azucareras (su propósito principal es la fabricación de azúcar) y luego el mercado internacional como ser Guatemala trajo su tecnología a estas, mostrando cómo se podía aprovechar desperdicios, cultivos energéticos y desde ese entonces comenzaron a ser ingenios cogeneradores de energía eléctrica (ACEYDESA, 2017) (AZUNOSA, 2017) (EECOLPASA, 2017).

Nombre del Proyecto	Localización	Potencia Instalada	Recurso Renovable Utilizado	No. Contrato de Suministro
Aceydesa	Aldea Los leones, Municipio de Trujillo, departamento de Colón	5.5 MW	Captación de metano de los efluentes de la palma africana.	039-2011
Azunosa	Finca No.7, Las Guanchías, El Progreso, Yoro	14 MW	Bagazo de caña de azúcar	066-2004
Biogas y Energía S.A	Comunidad los Leones, Trujillo, Colón.	1.2 MW	Biogas	040-2011
Compañía Azucarera Hondureña (CAHSA)	Comunidad de Bufalo, del Municipio de Villanueva, en el departamento de Cortés.	30 MW	Bagazo de caña de azúcar	044-2004
Caracol Knits	Aldea El Caracol, en el municipio de Potrerillos, departamento de Cortés.	18.1 MW	King Grass y Biogas.	036-2010
Compañía Eléctrica del Sur (CELSUR)	Marcovia, Choluteca	44.3 MW	Bagazo de caña de azúcar	112-2012
Chumbagua	Municipio de San Marcos, Santa Bárbara	20 MW	Bagazo de caña de azúcar	004-2013
Empresa Energía Ecológica (EECOPALSA)	Comunidad de El Castaño, El Progreso, Yoro	1.3 MW	Captación de metano de los efluentes de palma.	026-2010
Exportadora del Atlántico	Comunidad de Quebrada de Agua, del municipio de Tocoa en el departamento de Colón.	2.6 MW	Captación de metano de los efluentes de palma.	102-2001
Honduras Green Power	Choloma, departamento de Cortés	43 MW	King grass, pinos afectados por gorgojos, raquis de plama africana, desechos de caña de azúcar	054-2012
La Grecia	Municipio de Marcovia, departamento de Choluteca.	12 MW	Bagazo de caña de azúcar	104-2001
Los Pinos I	Municipio de Guaimaca, Departamento de Francisco Morazán	3.5 MW	Desechos de bosque	270-2014
Merendón Power Plant (MPP)	Choloma, departamento de Cortés	18 MW	King grass	124-2013
Palmasa	Comunidad de Tepic, Bonito Oriental, Colón	1.8 MW	Captación de metano de los efluentes de la palma	
Yodeco	Yoro, Yoro.	0.3 MW	Residuos de Madera	037-2010
Tres Valles	El Porvenir, municipio de San Juan de Flores, departamento de Francisco Morazán.	17.8 MW	Bagazo de caña de azúcar, aserrín.	103-2001

Ilustración 12-Plantas de Biomasa en Honduras

Fuente: (Mejia & Calderon, 2022)

PROYECTOS DE BIOMASA PRIVADOS (MW)

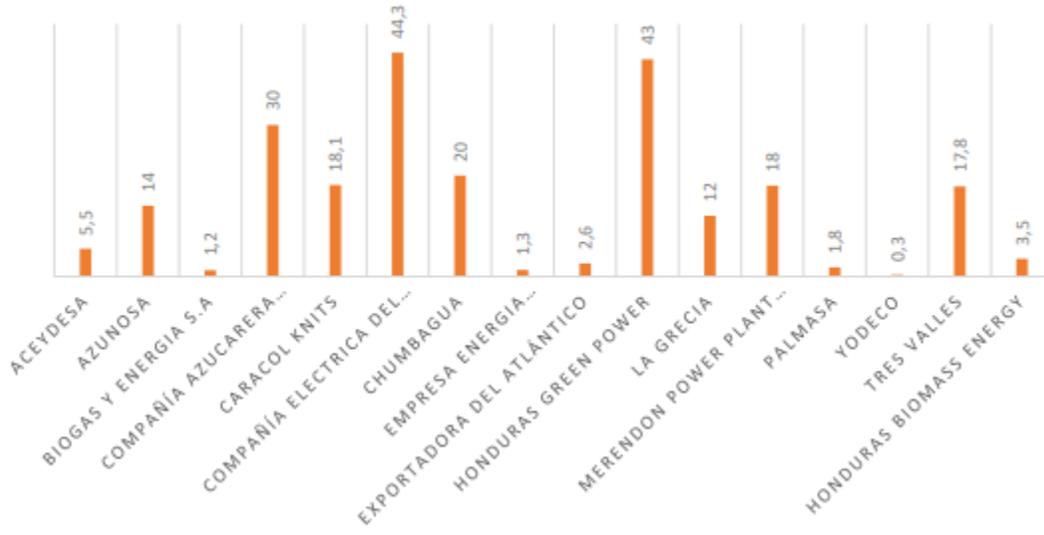


Ilustración 13-Representación Gráfica Capacidad Instalada (MW) Proyectos de Biomasa en Honduras

Fuente: (Mejia & Calderon, 2022)

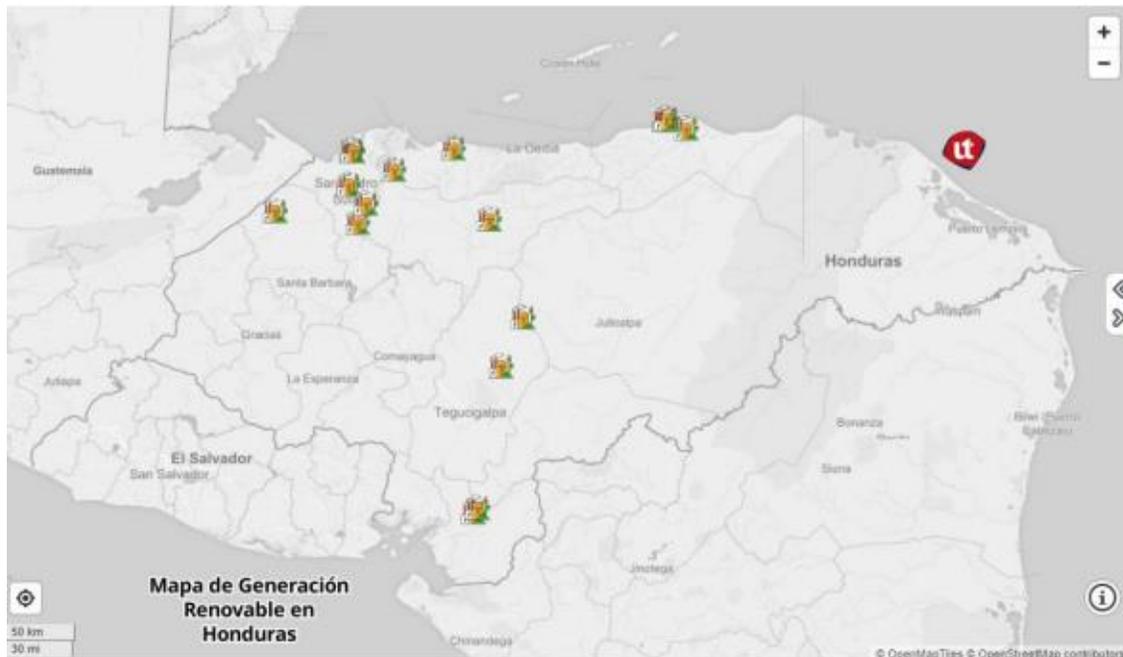


Ilustración 14-Localización de Proyectos de Biomasa en Honduras

Fuente: (Mejia & Calderon, 2022)

IV. DESARROLLO

4.1 DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DESARROLLO

En el periodo de desarrollo de la práctica profesional se realizaron diversas actividades relacionadas con la producción de energía renovable en este caso energía biomasa a partir de bagazo de caña y RAC. La primera actividad realizada tuvo como objetivo conocer en general el funcionamiento de la fábrica específicamente en el área de generación de energía, familiarizarse con los equipos y accesorios.

La producción de energía comprende diferentes bloques donde se realizan múltiples actividades, tales como: generación, cogeneración, servicios de electricidad. El área de generación abarca la caldera #3, TGC, torre de enfriamiento y una PTA. La cogeneración abarca la caldera #4, TGE y una torre de enfriamiento. Los servicios de electricidad obtenidos de la generación (CELSUR) comprenden una subestación principal de la cual se distribuye la energía eléctrica.

Conociendo el funcionamiento general del proceso, se me asignaron responsabilidades orientadas a la supervisión de proyecto de cogeneración de reemplazo de tuberías en banco de convección de la caldera #4, estación reductora de presión-interconexión entre caldera de 900psig y caldera de 600psig realizándose informes semanales del avance de trabajo de dicho proyecto. Otra tarea relevante fue el análisis en el control de calidad de la biomasa, parámetros físicos de los cuales depende la eficiencia de la caldera cómo la humedad, el contenido de cenizas y la volatilidad estudiado en un horno termogravimétrico; y eficiencia de combustión de biomasa representado por la capacidad calorífica BTU, examinado en una bomba calorimétrica.

En la PTA, se presentó un informe sobre el estado actual y problemas de operación, además de posibles soluciones para ciertas etapas en el proceso de tratamiento, así como revisión de planos para proyecto de ampliación y mejora en la capacidad de producción de agua tratada para calderas.

Se actualizó los SOP de generación de energía en los cuales se maneja seguimiento de instrucciones, operación de equipos, diversas modificaciones.

4.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

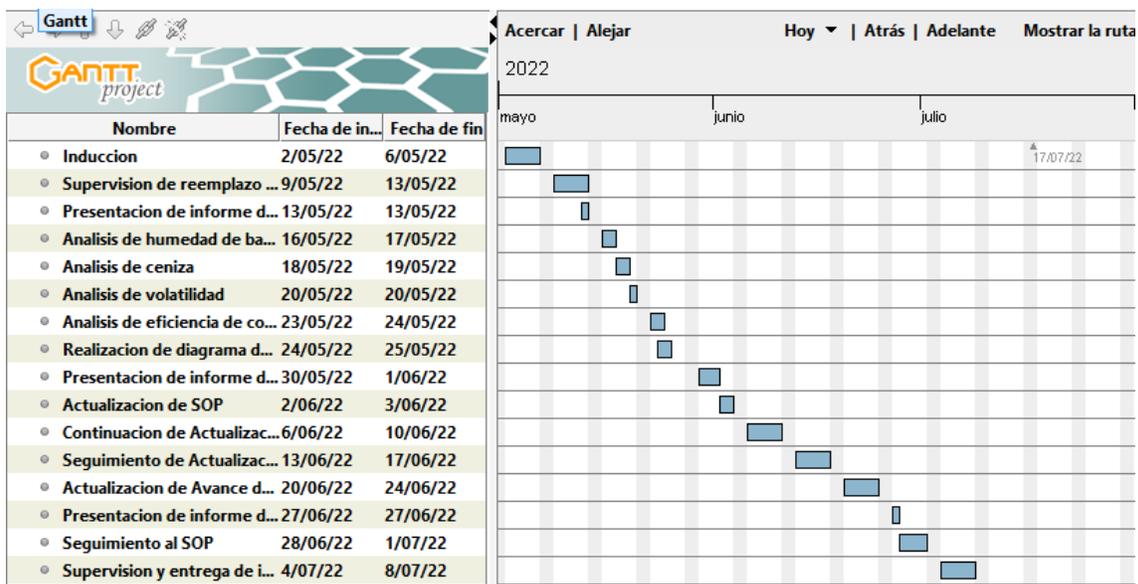


Ilustración 15-Cronograma de Actividades

Fuente: Elaboración propia

V. CONCLUSIONES

1. Se gestionó de forma exitosa diversas actividades de planificación y operación en el departamento de Generación y Energía.
2. Se supervisó el proyecto de cogeneración dándose el reemplazo de tuberías en banco de convección de caldera número 4 y la estación reductora de presión-interconexión entre caldera de 900 psig y caldera de 600 psig la cual solo se usará (pondrá a prueba) en tiempo de zafra.
3. Se realizaron los análisis correspondientes en el laboratorio para conocer la calidad de la biomasa y así desarrollar el balance para su uso como combustible y su eficiencia de combustión (BTU) en la generación de vapor.
4. Se brindo apoyo en la planta de tratamiento de aguas destinado a calderas, con distintos informes semanales incluyendo soluciones a problemas presentados a lo largo del tiempo en el proceso de operación.
5. Se dio seguimiento a la actualización de actividades y operaciones dentro de los SOP en el proceso de energía.

RECOMENDACIONES

1. Se propone implementar un sistema mezclador- agitador que utiliza aire para facilitar la mezcla homogénea en la dilución de la salmuera del suavizador en el área de tratamiento de aguas.
2. Se sugiere implementar filtros comunes de hasta 5 micras a la entrada del proceso de tratamiento de agua, debido a la alta concentración de sólido que entra a la membrana que causan deterioro en los sellos herméticos y estructura del equipo en general de la ósmosis inversa.
3. Aplicar el uso de medidores de flujo para lograr un buen registro sobre el uso de insumos mejorando así la toma de decisiones al momento de fallos en el sistema de generación de energía.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Aefecc, P., & Aefecc, P. (2015, 4 agosto). *¿Toda la biomasa es leña? Otros tipos de biomasa*. AEFEC | Asociación Española de Fabricantes de Estufas, Chimeneas y Cocinas para Combustibles Sólidos. <https://www.aefecc.es/como-se-produce-la-biomasa-y-que-tipos-hay/>
2. Agora, N. (2021, 15 julio). *Tratamiento de agua para calderas*. Interempresas. <https://www.interempresas.net/Agua/Articulos/356671-Tratamiento-de-agua-para-calderas.html>
3. Alderetes, C. (2016). *Calderas a Bagazo*. Universidad de Belgrano Argentina, primera edición
4. Ambientum (2018a, abril 11). *Impacto ambiental de la biomasa* Portal del Medioambiente https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/energia/impacto_ambiental_de_la_biomasa.asp
5. Aragón. (2021, 12 julio). *Tipos de biomasa*. Combustibles <https://combustiblesaragon.es/tipos-de-biomasa/>
6. Armengod, D. (2019). *Cogeneración: energía eficiente para la industria*. Digital Energy. Obtenido de Fao: <https://www.energetica21.com/articulos-y-entrevistas1online-ver/cogeneracion-energia1eficiente-para-la-industri>
7. BioEnergía. (2017, junio). *Cogeneración*. <https://www.asocana.org/documentos/562017-bc7b477d-00ff00,000a000,878787,c3c3c3,0f0f0f,b4b4b4,ff00ff,2d2d2d.pdf>
8. Blanco, T. A. (2022, 11 enero). *¿Cómo se obtiene energía de la biomasa? Conoce el proceso*. BBVA. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/como-se-obtiene-energia-de-la-biomasa-conoce-el-proceso/>
9. Cantarella, H. (2019, 4 abril). *Bagazo de caña produce electricidad de forma más sostenible*. América Latina y El Caribe. [28](https://www.scidev.net/america-</div><div data-bbox=)

latina/news/bagazo-de-cana-produce-electricidad-de-forma-mas-sostenible/#:~:text=ca%C3%B1a%20de%20az%C3%BAcar.-,%E2%80%9CEl%20estudio%20confirma%20el%20gran%20potencial%20para%20producir%20electricidad%20a,Net%20el%20agr%C3%B3nomo%20Heitor%20Cantarella%2C

10. Carrion, I. (2017, abril). *Concepción y evaluación de un sistema de cogeneración para la UB "Desembarco del Granma"*. <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/8433/Carri%C3%B3n%20V%C3%A1zquez%2C%20%20Idilio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
11. Chong, H. (2018). *Análisis para la obtención de energía eléctrica utilizando un Gasificador de Biomasa*. Guayaquil1Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
12. Debernardi D.H (2013) *Utilización del bagazo como fuente de energía en la industria azucarera*. Secretaria de Energía (SENER), análisis energético de la zafra 2012-2013. Simposio Internacional de Energía Renovable, México, D.F. 32 p.
13. Dirección General de Electricidad y Mercados, D. (2019). *INFORME ESTADÍSTICO ANUAL DEL SUBSECTOR ELÉCTRICO*. https://portalunico.iaip.gob.hn/portal/ver_documento.php?uid=ODQ1NzYwODkzNDc2MzQ4NzEyNDYxOTg3MjM0Mg==
14. E-Ficiencia, R. (2020, 15 abril). >> ▷ *¿Qué es la biomasa? | Tipos, Ventajas y Biocombustibles*. Eficiencia Energética. <https://e-ficiencia.com/que-es-la-biomasa/>
15. ENEE. (noviembre de 2021). *Boletines Estadísticos. Obtenido de Gerencia de Planificación, Cambio e Innovación Empresarial*: <http://www.enee.hn/planificacion/2022/11Boletin%20Estadistico%20NOVIE MBRE%2020 21.pdf>

16. Flores Castro, W. C. (2016). *El sector energía de Honduras: Aspectos necesarios para su comprensión y estudio (Primera edición)*. Wilfredo César Flores Castro.
17. Gutierrez, M. (2014). *Co-Digestión anaerobia de lodo con residuos orgánicos con diferente naturaleza: combinación de técnicas experimentales y herramientas matemáticas*. Dadun, 14-22.
18. Muñoz, M. (2015). *Diversificación de la Industria Azucarera*.
<https://siiba.conadesuca.gob.mx/siica/Consulta/verDoc.aspx?num=612>
19. Operador del Sistema. (2021, Diciembre). *Planificación Operativa de Largo Plazo* 2021 - 2023.
https://www.ods.org.hn/pdf/2021/Plan_Generacion/Informe%20Planificaci%C3%B3n%20Operativa%20de%20Largo%20Plazo%202021%20-%202023.pdf
20. Pinedo, A. (2013). *Obtención de bicarbonato y combustibles mediante pirolisis de biomasa residual*. Peru: Consejo Superior de investigaciones científicas.
21. Ramirez, F. (2017, agosto). *Cogeneración en la Industria azucarera*.
https://www.atacori.co.cr/biblioteca/Cogeneracion_en_la_Industria_Azucarera.pdf
22. Romero, A. (2010). *Aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía alternativa a los combustibles fosiles*. R.Acad.Cienc.Exact.Fís.Nat. (Esp), 4-8.
23. SICA, S. I. C. A. (2018, 16 enero). *¿Como se transforma el bagazo de caña de azúcar a energía eléctrica?* Sistema de Integración Centroamericana.
<https://www.sica.int/busqueda/Noticias.aspx?IDItem=111180&IDCat=3&IDEnt=1225&Idm=1&IdmStyle=1>
24. Thermal, S. (2020). *Sistemas de Energía a Biomasa*. Obtenido de <https://www.sigmathermal.com/products/biomass-energy-systems/>
25. Tierradentro Cruz, J. &. (2020). *Aprovechamiento de la biomasa residual pecuaria en Colombia*. Mare Ingenii. Ingenierías, 1(2), 46-55.

26. Vásquez, L., & Álvarez, H. (2019). *Estado Actual de la Generación de Energía Eléctrica a través de Biomasa en Honduras. Análisis de 2007 al 2017*. Revista de la Escuela de Física, 7(1), 27-35. <https://doi.org/10.5377/ref.v7i1.8261>
27. Mejía, A., & Calderon, N. (2022). *DESARROLLO DE UN MODELO DE INFORMACIÓN INTERACTIVO SOBRE LOS PROYECTOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE EN HONDURAS*. Tegucigalpa.