



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

**Proyecto del Trabajo de Proyecto de Investigación y Desarrollo en opción al
Grado Académico de Magister en GESTIÓN DE ENERGÍAS**

TEMA:

“DIAGNÓSTICO DE LA COGENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE UNA EMPRESA AGROINDUSTRIAL DE PALMA AFRICANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO DE ORELLANA DURANTE EL AÑO 2015. DISEÑO UN SISTEMA HIBRIDO EFICIENTE PARA LA GENERACIÓN ENERGÉTICA ELÉCTRICA”

Autor:

JIMENEZ Chafra, Marcela Adriana

Tutor:

Ph.D. Iliana Antonia González Palau

LATACUNGA – ECUADOR

Enero – 2018



AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe del Proyecto de Investigación y Desarrollo de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, la posgraduada: Jiménez Chafra Marcela Adriana, con el título del trabajo de investigación y desarrollo titulado: “DIAGNÓSTICO DE LA COGENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA PLANTA EXTRACTORA DE ACEITE DE UNA EMPRESA AGROINDUSTRIAL DE PALMA AFRICANA DE LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO DE ORELLANA DURANTE EL AÑO 2015. DISEÑO UN SISTEMA HIBRIDO EFICIENTE PARA LA GENERACIÓN ENERGÉTICA ELÉCTRICA” ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Enero, 2018.

Para constancia firman:

MSc. MANUEL ANGEL LEON SEGOVIA

C.C. 0502041353

PRESIDENTE

PhD. SECUNDINO MARRERO RAMÍREZ

C.C.1757107407

MIEMBRO

PhD. JUAN JOSE LA CALLE DOMINGUEZ

C.C. 1756604227

MIEMBRO

PhD. ANGEL S. HERNANDEZ MORENO

C.C. 1757109366

OPONENTE

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

Latacunga, Enero del 2018

En mi calidad de Director de Tesis presentada por la Ing. Jiménez Chafra Marcela Adriana, Egresado de la Maestría en Gestión de Energías, previa a la obtención del mencionado grado académico, cuyo título es **“Diagnóstico de la cogeneración de energía eléctrica en la planta extractora de aceite de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana durante el año 2015. Diseño un sistema híbrido eficiente para la generación energética eléctrica”**.

Considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador.

Atentamente

Ph.D. Iliana Antonia González Palau
DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, Jiménez Chafla Marcela Adriana, portador del número de cédula de identidad 050237455-6, declaro que la presente Tesis de Grado, es de mi autoría, fruto del esfuerzo, responsabilidad y disciplina, logrando que los objetivos propuestos se culminen con éxito.

Atentamente

Ing. Marcela Adriana Jiménez Chafla

CI. 050237455-6

AGRADECIMIENTO

Primero a Dios por darme un día más de vida y permitirme cumplir mi meta, a la Universidad Técnica de Cotopaxi, directores, personal administrativo, profesores y compañeros por hacer posible la culminación de una etapa más de mi vida.

A mi tutor Ph.D. Iliana González, por brindarme ese apoyo incondicional, al Ph.D. Ángel Hernández que gracias a su colaboración y conocimientos ha hecho posible concluir con éxito este trabajo de investigación, a toda mi familia y amigos mil gracias.

Atte.

Marcela Adriana Jiménez Chafra

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico primero, a mis padres Humberto y María Dolores, que siempre han sido mi guía, gracias a sus enseñanzas y disciplina.

A mis hermanos Esperanza, Cesar, Sonia, Sandra, Fanny y Verónica, que han sido mi soporte y ejemplo de perseverancia.

A mis amigos por todo su apoyo, comprensión y por toda la colaboración en la realización de esta investigación.

Atte.

Marcela Adriana Jiménez Chafra

ÍNDICE GENERAL

AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS	iii
AUTORÍA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN.....	xv
INTRODUCCIÓN	1
OBJETO Y PROBLEMA DE LA INVESTIGACION	4
CAMPO DE ACCION Y OBJETIVO GENERAL DE LA INVESTIGACION	5
HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	5

CAPÍTULO I

1. MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

1.1. Caracterización detallada del objeto de investigación	10
1.1.1 Descripción del objeto.....	11
1.1.2 Delimitación espacio-temporal.....	12
1.2. Marco Teórico	13
1.2.1. Argumentación acerca de la necesidad de investigación	13
Legal.....	13
Medio Ambiental	15
Social.....	16
Económico.....	16
Técnico.....	17
1.2.2 Antecedentes de estudio	17
1.2.3 Fundamentación Teórica	19

Centrales de energía eléctrica.....	20
Componentes principales de una central térmica convencional	22
Funcionamiento de una central térmica	22
La Cogeneración Eléctrica	23
Aplicación de la eficiencia energética.....	25
Sistemas Híbridos.....	28
Tecnologías renovables de los sistemas híbridos.....	29
Sistemas Fotovoltaicos.....	31
Sistemas Eólicos.....	32
Sistemas Hidráulicos	34
1.3. Fundamentación de la investigación	36
Árbol de Problemas	36
1.3.1 El problema	37
1.3.2 Viabilidad teórica y práctica.....	38

CAPÍTULO II

2. METODOLOGIA

2.1. Diseño de la investigación.....	40
Recolección de información.....	40
2.1.1 Técnicas y procedimientos	41
Medición	41
Modelación.....	42
Simulación.....	42
Observación.....	42
2.1.2 Modalidades Básicas de la Investigación	42
Investigación de Campo	42
Investigación Experimental.....	42
Investigación documental – bibliográfica	43
2.1.3 Nivel o Tipo de Investigación	43
Exploratorio.....	43

Descriptivo	43
Asociación de Variables.....	43
2.2. Bases teóricas particulares de la investigación	43
2.2.1 Variables de investigación.....	43
2.2.2 Operacionalización de las variables	44
2.3. Metodología para el diseño del sistema de cogeneración eléctrica.....	45
2.3.1 Características del sistema de cogeneración eléctrica existente.....	45
2.3.2 Descripción del Proceso	46
2.3.3 Herramientas de Diseño	56

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Diagnóstico Energético	64
3.1.1 Análisis termodinámico comparativo.....	64
Eficiencia de uso para la cogeneración de energía.....	68
Eficiencias globales para la central de cogeneración con cargas ajustables.	69
Determinación de consumos de combustible.....	70
Determinación de la situación actual técnica y económica de la planta extractora.	72
3.2. Características del sistema híbrido eléctrico	73
Consideraciones para implementar el sistema híbrido.....	73
3.3. Etapa de resultados y validación del sistema híbrido.....	76
3.3.1 Visualización de resultados	83

CAPÍTULO IV

4. PROPUESTA

4.1. Título de la propuesta.....	89
4.2. Justificación de la propuesta	89
4.3. Objetivo de la propuesta:.....	90
4.3.1 Objetivo general:	90
4.3.2 Objetivos específicos:.....	90

4.4. Estructura de la propuesta	90
4.5. Desarrollo de la propuesta.....	91
4.5.1 Diseño del sistema hibrido	91
Análisis total de optimización del sistema hibrido.	93
4.5.2 Costos de producción energética de cogeneración.....	94
Análisis de los Resultados de combustible biomasa	94
Análisis de los Resultados de producción eléctrica en la turbina	95
4.5.3 Costos de producción energética de los grupos electrógenos.....	96
Resultados de Combustibles	97
Análisis de los resultados de producción eléctrica en el grupo electrógeno antiguo.	98
Análisis de los Resultados de producción eléctrica en el grupo electrógeno nuevo.	99
4.5.4 Costos de producción energética de la red eléctrica.....	101
Análisis de los Resultados de producción eléctrica con la red pública eléctrica.	102
4.5.5 Análisis de los Resultados de Costos de Inversión del sistema hibrido.....	104
Análisis de los Resultados del Costo Neto actual del sistema hibrido.....	105
Análisis de los Resultados del Costo Anualizado del sistema hibrido.....	106
Análisis de los Resultados del Costo Anualizado por costos del sistema hibrido.	108
Análisis de los resultados de la producción eléctrica total del sistema hibrido.	108
Análisis de los resultados térmicos del sistema hibrido.....	110
4.5.6 Análisis de costo actual neto ponderado para el sistema hibrido.	110
4.5.7 Análisis de Emisiones y Contaminantes del sistema hibrido.	112

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Proyección de la Matriz Energética.....	2
Figura 2: Empresa Agroindustrial “Palma Oriente”, Orellana, Ecuador	12
Figura 3: Ubicación de la planta extractora de aceite, Orellana	13
Figura 4: Red de categorías fundamentales	19
Figura 5: Sistema de Cogeneración eléctrico.....	24
Figura 6: Comparación de la eficiencia energética global y la cogeneración.....	25
Figura 7: Comparación de tecnologías de electrificación.....	30
Figura 8: Sistema Fotovoltaico	31
Figura 9: Evolución de los Sistemas Fotovoltaicos	32
Figura 10: Turbina de un aerogenerador.....	34
Figura 11: Sistema Hidráulico	36
Figura 12: Árbol de Problemas	37
Figura 13: Capacidad de obtención por tonelada de fruta fresca procesada.....	45
Figura 14: Planta extractora de aceite de palma	46
Figura 15: Racimos o fruta de palma africana	48
Figura 16: Sección Recepción y Almacenamiento de fruta.....	49
Figura 17: Colocación de frutos en las tolvas	49
Figura 18: Esterilización de la fruta en la autoclave.....	50
Figura 19: Sección Desfrutado.....	51
Figura 20: Sección Palmisteria	51
Figura 21: Caldera en actividad	52
Figura 22: Quemado de la biomasa en el horno	53
Figura 23: Las tuberías de vapor y de agua fría.....	53
Figura 24: Las tuberías de agua caliente y agua condensada.....	54
Figura 25: Tuberías de aceite, diésel y purga de escape	54
Figura 26: Turbina de vapor	55
Figura 27: Generador eléctrico	56
Figura 28: Pantalla de inicio de HOMER Pro	57
Figura 29: Diagrama de la red eléctrica y vapor.....	64
Figura 30: Central eléctrica de vapor.....	66
Figura 31: Central eléctrica de cogeneración simple.....	67
Figura 32: Central eléctrica de cogeneración con cargas ajustables.....	67
Figura 33: Modelamiento de la planta extractora con cargas ajustables.....	68
Figura 34: Diagrama de bloques de la generación eléctrica	70
Figura 35: Propiedades fisicoquímicas de las cascara de coco y el cuesco de palma.....	76
Figura 36: Descripción y ubicación del proyecto en HOMER PRO	77

Figura 37: Ingreso de datos de biomasa en HOMER PRO.....	78
Figura 38: Ingreso de datos de la carga térmica en HOMER PRO	79
Figura 39: Ingreso de datos de la Turbina en HOMER PRO	80
Figura 40: Ingreso de datos del grupo electrógeno en HOMER PRO.....	81
Figura 41: Ingreso de datos del grupo electrógeno en HOMER PRO.....	82
Figura 42: Ingreso de datos del grupo electrógeno en HOMER PRO.....	83
Figura 43: Corrido del programa	83
Figura 44: Diseño del Sistema Hibrido.....	92
Figura 45: Variables ganadoras para el diseño del Sistema Hibrido	92
Figura 46: Análisis de optimización del sistema hibrido.....	93
Figura 47: Análisis de optimización económica del sistema hibrido	93
Figura 48: Resumen de combustible de cuesco de palma africana.....	95
Figura 49: Resultados del analisis producción eléctrica en la turbina	95
Figura 50: Resultados del consumo diésel del grupo electrógeno	98
Figura 51: Resultados de producción eléctrica en el grupo electrógeno nuevo.....	98
Figura 52: Resultados de producción eléctrica en el grupo electrógeno nuevo.....	100
Figura 53: Picos de producción eléctrica en el grupo electrógeno nuevo.....	101
Figura 54: Plan tarifario del tendido eléctrico	102
Figura 55: Picos de producción eléctrica del tendido eléctrico	103
Figura 56: Resultados de costos netos del sistema hibrido.....	105
Figura 57: Resultados del costo anualizado del sistema hibrido	107
Figura 58: Resultados del costo anualizado por costos del sistema hibrido	108
Figura 59: Resultados del costo anualizado por costos del sistema hibrido.....	109
Figura 60: Resultados del analisis térmico en la turbina	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Objetivos y tareas	6
Tabla 2: Objetivos, indicadores, técnicas y resultados	7
Tabla 3: Plan de recolección de la Información.....	41
Tabla 4: Operacionalización de la variable independiente: Cogeneración de Energía Eléctrica.	44
Tabla 5: Operacionalización de la variable dependiente: Incremento de generación energética.	45
Tabla 7: Características técnicas de las calderas.....	65
Tabla 8: Condiciones de trabajo del caldero.....	66
Tabla 9: Eficiencia de cargas	69
Tabla 10: Poder Calorífico.....	70
Tabla 10: Costos de Operación de la Cogeneración de Energía Eléctrica.....	72
Tabla 11: Precio de combustibles	74
Tabla 12: Biomasa disponible para combustible durante todo el año	75
Tabla 13: Ingreso de datos para los cálculos económicos	76
Tabla 14: Ingreso de datos para el recurso de biomasa disponible.....	77
Tabla 15: Ingreso de datos para la carga térmica.....	78
Tabla 16: Ingreso de datos para la turbina	79
Tabla 17: Ingreso de datos para el grupo electrógeno actual.....	80
Tabla 18: Ingreso de datos para el grupo electrógeno	81
Tabla 19: Ingreso de datos para la red eléctrica avanzada.....	82
Tabla 20: Reporte de costos del sistema hibrido	84
Tabla 21: Reporte eléctrico del sistema hibrido	85
Tabla 22: Reporte eléctrico por componentes del sistema hibrido.....	86
Tabla 23: Reporte eléctrico por componentes del sistema hibrido.....	87
Tabla 24: Reporte emisiones y contaminantes del sistema hibrido	88
Tabla 25: Costos de inversión para la cogeneración de energía.	94
Tabla 26: Resultados de producción eléctrica en la turbina.	96
Tabla 27: Costos de inversión del grupo electrógeno.....	97
Tabla 28: Resultados de producción eléctrica del grupo electrogeno actual.....	99
Tabla 29: Resultados de producción eléctrica del grupo electrogeno nuevo.....	100
Tabla 30: Costo de inversión para la red eléctrica.....	101
Tabla 31: Resultados de producción eléctrica con la red pública eléctrica.	103
Tabla 32: Costo de inversión del sistema hibrido.....	104
Tabla 33: Costo actuales netos del sistema hibrido.....	106
Tabla 34: Costo anualizados del sistema hibrido.....	107
Tabla 35: resultados de la producción eléctrica total del sistema hibrido	109
Tabla 36: Costo ponderado del sistema hibrido.....	111
Tabla 37: Valor actual neto y Tasa interna de retorno del sistema hibrido	111

Tabla 38: Valor actual neto CAN del sistema hibrido.....	112
Tabla 39: Valores de la emisiones y contaminantes del sistema hibrido.....	112

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

TEMA: “Diagnóstico de la cogeneración de energía eléctrica en la planta extractora de aceite de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana durante el año 2015. Diseño un sistema híbrido eficiente para la generación energética eléctrica”.

AUTOR: Marcela Adriana Jiménez Chafla

TUTOR: PhD. Iliana González Palau

RESUMEN

El presente proyecto de tesis, pretende determinar la magnitud del potencial eléctrico en una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana, que proviene de la generación eléctrica que produce. Los parámetros a considerar durante el diseño son la cogeneración de energía por biomasa que se realiza mediante una turbina térmica, la biomasa se introduce en una caldera encendida, que evapora una gran cantidad de agua, el vapor producido se utiliza en los diferentes procesos de obtención del aceite de palma, el sobrante de vapor se utiliza para generar electricidad, igual que una termoeléctrica convencional. La insuficiente cogeneración de energía eléctrica influye en los procesos de la producción perdiendo eficiencia, eficacia y efectividad en la extracción del aceite, ya que si se soluciona este problema mejorara el nivel de calidad, al menor costo posible y con la capacidad de responder ante las demandas generadas por sus clientes. Se diseña un sistema híbrido usando las diferentes tecnologías en este caso se utiliza la cogeneración eléctrica por biomasa, la red pública de electricidad y los dos generadores a diésel, que por razones climáticas y económicas son las más factibles. El proyecto de tesis tiene como finalidad proporcionar un sistema híbrido eficiente de generación de energía eléctrica, mediante el análisis de la situación energética actual, frente a los requerimientos de la empresa agroindustrial y mediante la utilización de programas que permitan simular un sistema óptimo, en este caso se utiliza como herramienta de diseño a HOMER Pro que es un software que tiene como una de sus herramientas, el combustible por biomasa y los análisis de costos y energético para la implementación. Como resultado de este trabajo se presenta el diseño del sistema híbrido con todos sus parámetros y registros que se obtuvieron de la investigación exploratoria aplicada en la planta extractora, generando un incremento de potencial energético entre 800 KW a 1000 KW, a un costo por KW/h de \$ 0,10 centavos de dólar aproximadamente dependiendo el tiempo de duración del proyecto, con el análisis de costos se determina que el proyecto es viable con un TIR de \$10.981.834,54 dólares y un VAN de \$10.405.205,55 dólares a un tiempo máximo de 30 años para su recuperación, con estos datos la gerencia podrá tomar la mejor decisión para su implementación.

Descriptores: Generación eléctrica, Cogeneración eléctrica, sistemas híbridos.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

TEMA: "Diagnosis of the electrical energy co-generation in the oil extraction plant of African Palm Agro-industrial Company at San Francisco de Orellana City during the 2015 year. Design an efficient hybrid system for electrical power generation."

AUTOR: Marcela Adriana Jiménez Chafila

TUTOR: PhD. Iliana González Palau

ABSTRACT

The present thesis project, aims to determine the magnitude of the electrical potential in African Palm Agro-industrial Company at San Francisco de Orellana City, which comes from the electricity generation that is produced. The parameters to consider during the design are the energy co-generation by bio-mass that is performed through a turbine, the bio-mass is inserted in a boiler, which evaporates on a large amount of water, the steam produced is used in the different production processes of palm oil, the excess steam is used to generate electricity, as well as a conventional thermo-electric. The insufficient co-generation of electrical energy influences the production processes losing efficiency, efficacy and effectiveness in the oil extraction, as if it solves this problem will improve the quality level, at the lowest possible cost and with the capacity to respond to the demands generated by their customers. A hybrid system is designed using different technologies; in this case, the co-generation by bio-mass, the public electricity network and the two diesel generators are applied. Thus, climatic and economic reasons are the most feasible. The thesis project is intended to provide an efficient hybrid system of power generation, through the current situation analysis, to the agro-industrial company requirements and by the programs use that simulate an optimal system. In this way, HOMER Pro is used which is a software that has as a tool the fuel by bio-mass and cost energy analysis for implementation. As a result of this work we present the design of the hybrid system with all its parameters and records that were obtained from the exploratory research applied in the extraction plant an increase in energy potential between 800 KW to 1000 KW, at a cost per KW / h of approximately \$ 0.10 ctv. depending on the duration of the project, with the cost analysis it is determined that the project is viable with an IRR of \$ 10,981,834.54 dollars and a NPV of \$ 10,405,205,55 dollars to a maximum time of 30 years for their recovery, with these data management can make the best decision for its implementation.

Descriptors: power generation, co-generation systems, hybrid systems.

INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente demanda, la producción mundial de aceite de palma africana, entre el año 2000 al 2012, registró un crecimiento de 141%, pasando de 22 millones de toneladas producidas en el año 2000 a 54 millones de toneladas en el 2012; presentando así, una tendencia positiva en este periodo de tiempo, con una tasa de crecimiento anual promedio de 7.77%. (MAG, 2014).

El rendimiento mundial de la palma africana expresado en su equivalente energético de la biomasa producida, es significativamente mayor que el de otros cultivos. Según reportes, la palma africana produce 200 millones de toneladas de biomasa por año, de la cual se utiliza tan sólo el 10 %, se estima que cada hectárea produce 25 toneladas de desechos vegetales que pueden ser utilizadas para producir energía a partir de la biomasa. (MAG, 2014).

La palma africana es una alternativa cuando las fuentes alternas de abastecimiento energético empiezan a fallar por los inconvenientes presentados por el petróleo, gas, carbón natural y demás fuentes naturales.

La generación de energía eléctrica mediante la combustión, gasificación y pirolisis de biomasa es una de las mejores opciones, alcanzando rendimientos entorno al 30% de aprovechamiento del poder calorífico y pueden funcionar hasta 8.200 horas al año, lo que les confiere una alta calidad energética ajustándose a la demanda eléctrica. («Energía de Biomasa», 2016.).

Más de la mitad de la generación eléctrica producida en Europa es térmica, por tal razón deben crearse proyectos de mini generación en Ecuador con potencias eléctricas instaladas menores a 1 MW, que aporten al autoconsumo principalmente en las zonas que presentan clima tropical, ya que cuenta con una considerable producción agrícola de caña de azúcar y palma africana que se los puede utilizar como combustible.

Existe un creciente uso de la cogeneración en diferentes países, la eficiencia de sus procesos aumenta sustancialmente y además disminuye la energía eléctrica consumida de la red, desde este punto de vista existe un consumo más eficiente de los recursos naturales y se genera menor impacto ambiental.

Los candidatos ideales para el uso de cogeneración eléctrica son los usuarios industriales y comerciales con un consumo eléctrico importante y necesidades de calor en sus procesos. Pero muchas veces estas industrias requieren de otros sistemas de generación de energía eléctrica que satisfagan las múltiples necesidades para sus procesos productivos y de producción.

En el Ecuador, debido a su naturaleza agrícola, la biomasa residual constituye una fuente renovable de energía con un alto potencial de aprovechamiento. El Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables (INER), en el camino hacia el uso de la biomasa residual con fines energéticos, desarrolla varios proyectos con el objetivo de aprovechar los recursos naturales para el uso eficiente de la energía en el Ecuador. (Ver Figura 1).

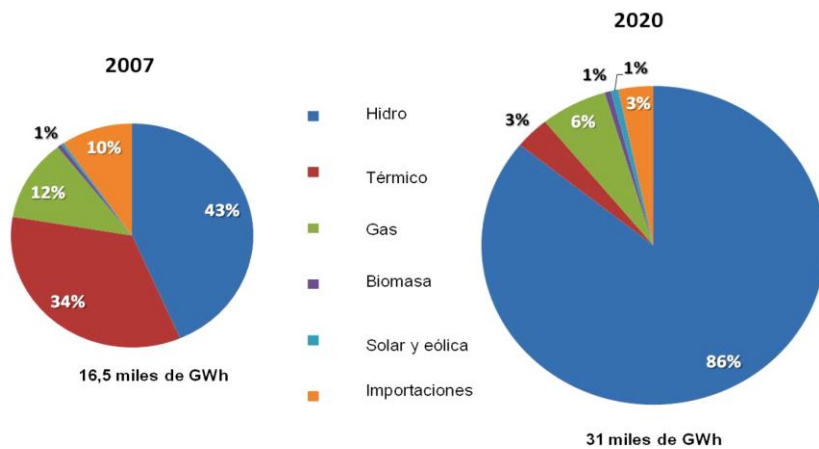


Figura 1: Proyección de la Matriz Energética
Fuente: Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER)

La cogeneración de energía eléctrica en el Ecuador ha tenido una aceptación considerable y así suplir la generación de energía por medio de combustible fósil y red eléctrica. Existen algunos proyectos emblemáticos como por ejemplo, la cogeneración de energía por bagazo de

caña del ingenio azucarero Valdez y La Troncal, la cogeneración por medio de palma africana de Palmar del Rio y Oleana y otros pequeños proyectos.

Pero para la industria ecuatoriana la cogeneración de energía por medio de biomasa no supe las necesidades que requieren para su producción, por razones de económicas o técnicas, con lo cual se ven obligadas a usar sistemas híbridos de energía eléctrica que faciliten sus procesos productivos.

En la región amazónica, provincia de Orellana, parroquia Puerto Francisco de Orellana, se encuentra ubicada la empresa agroindustrial de palma africana denominada Palma Oriente S.A. Esta empresa inicia su actividad palmera en el año de 1979, produciendo aceite de palma, la cual utiliza los desechos denominados cuescos (biomasa) que se obtiene durante el proceso de extracción del aceite, para la generación de energía eléctrica.

Para la generación de la energía eléctrica, esta empresa cuenta con una central termoeléctrica en la que la energía del combustible que se obtiene del desecho o la biomasa que se transforma en energía calorífica para producir vapor, su funcionamiento depende del tipo de secuencia de energía producida y los esquemas de operación adoptados.

Para empezar la caldera quema el combustible, esto provoca que se produzca energía calorífica que se utilizará para calentar agua y así transformarla en vapor a una presión muy elevada, este hace girar una turbina y un alternador para que se produzca electricidad la misma que pasa por un transformador para aumentar su tensión y así transportarla, el vapor que sale de la turbina se envía a un condensador para convertirlo en agua y así retornarlo a la caldera para empezar un nuevo ciclo de producción de vapor.

La central termoeléctrica con la que cuenta la planta extractora presente problemas de eficiencia energética que son generadas por algunas causas, una de ellas es que la producción de energía no cuenta con maquinaria y equipamiento actualizado. Esta central fue construida hace

más de 30 años y no tiene un sistema planificado de mantenimiento, por lo cual se produce roturas de algunas piezas lo que representa costos elevados en la producción.

La insuficiente cogeneración de energía eléctrica influye en los procesos de la producción perdiendo eficiencia, eficacia y efectividad en la extracción del aceite ya que si se soluciona este problema servirá para mejorar el nivel de calidad, al menor costo posible y con la capacidad de responder ante las demandas generadas por sus clientes.

En vista que la producción de biomasa es abundante y la necesidad de incrementar la cogeneración de energía eléctrica necesaria, se deberán utilizar sistemas híbridos de energía eléctrica para mejorar la eficiencia eléctrica y optimizar el proceso de extracción del aceite de palma.

La empresa se encuentra en una situación económica crítica, ya que fue embargada por una entidad financiera, revendida a una empresa agroindustrial que adquirió la deuda y todos los recursos económicos disponibles se usan para pagar el crédito adquirido, por lo cual buscan la manera más fácil y eficiente de reducir sus costos en la producción de aceite de palma.

OBJETO Y PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

Objeto de estudio:

La Cogeneración de Energía Eléctrica en la planta extractora de aceite de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana.

Formulación del problema de la Investigación:

El sistema de cogeneración presenta ineficiencia energética y maquinaria obsoleta, que impide el aprovechamiento integral de la biomasa existente y limita la capacidad de generación y

eficiencia de energía eléctrica de la planta extractora de aceite de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana.

CAMPO DE ACCION Y OBJETIVO GENERAL DE LA INVESTIGACION

Campo de Acción:

Un sistema híbrido de energía eléctrica para lograr una eficiencia de generación energética en la planta extractora de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana.

Objetivo General:

Diagnosticar la situación actual del sistema de cogeneración de energía eléctrica para diseñar un sistema híbrido eléctrico más eficiente en la planta extractora de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana, e incrementar la disponibilidad de la generación eléctrica.

HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Si se diagnostican las insuficiencias del sistema de cogeneración de energía eléctrica actual en la empresa, y se propone un sistema híbrido de energía eléctrica, entonces se podría diseñar un sistema híbrido para obtener una mayor capacidad de generación eléctrica en la planta extractora de aceite de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana durante el año 2015.

Sistemas de Objetivos Específicos:

En la Tabla 1 y Tabla 2 se muestran los objetivos específicos, indicadores técnicas y resultados.

Tabla 1: Objetivos y tareas

OBJETIVOS ESPECIFICOS	TAREAS
<ul style="list-style-type: none">• Evaluar el sistema de generación de energía eléctrica actual en la planta extractora de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana.	<ul style="list-style-type: none">✓ Realizar mediciones de energía mecánica y eléctrica, para determinar qué sistema híbrido satisface la cantidad de energía eléctrica que consume la planta extractora.
<ul style="list-style-type: none">• Determinar los costos de la producción, operación y energética en la planta extractora de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana.	<ul style="list-style-type: none">✓ Determinar la rentabilidad del sistema de cogeneración actual.
<ul style="list-style-type: none">• Diseñar un sistema híbrido eficiente de energía eléctrica.	<ul style="list-style-type: none">✓ Determinar que diseño de sistema híbrido puede satisfacer las necesidades de energía eléctrica en la planta extractora.✓ Realizar la validación del diseño mediante simulación.
<ul style="list-style-type: none">• Evaluar técnica y económica el sistema propuesto	<ul style="list-style-type: none">✓ Visualizar con claridad los costes asociados a la producción de energía eléctrica.

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Tabla 2: Objetivos, indicadores, técnicas y resultados

Objetivos específicos	Resultado	Técnicas e instrumentos	Indicador
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar el sistema de generación de energía mecánica y eléctrica actual en la planta extractora de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana. 	Potencial eléctrico con el que cuenta la planta extractora	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Guía bibliográfica ✓ Documental ✓ Ecuaciones 	bibliografía KW , Bar, C, W/h
<ul style="list-style-type: none"> • Determinar los costos de la producción, operación y energética en la planta extractora de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana. 	Factibilidad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ecuaciones 	Costos (\$)
<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar un sistema híbrido de energía eléctrica. 	Parámetros de diseño	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Determinación del diseño utilizando herramientas de Software (HOME PRO) 	KW , Bar, C, W/h
<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar técnica y económica el sistema propuesto 	Prefactibilidad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ecuaciones 	Costos (\$)

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Alcance de la investigación

Como punto de partida de esta investigación se puede definir el alcance del mismo en lo siguiente:

Para ofrecer un servicio eléctrico de calidad es necesario realizar un análisis de equipos de generación eléctrica y su potencial en la planta extractora de la empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana.

Los sistemas de generación distribuida mediante energías renovables son necesarios para generar energía eléctrica, la evaluación del sistema de generación actual en la planta, permitirá establecer la demanda energética de la misma.

La propuesta de un sistema híbrido de generación eléctrica es una alternativa para alcanzar el potencial eléctrico requerido por la empresa agrícola.

Se analizan los elementos tanto mecánicos como eléctricos de la planta extractora, porque al encontrarse defectuosos u obsoletos, afectan en el rendimiento del sistema híbrido aumentando el consumo de recursos como mano de obra, tiempo, inversión entre otros.

Descripción de la estructura del proyecto de investigación y desarrollo

El presente trabajo tiene como propósito el diagnóstico de la cogeneración de energía eléctrica en la planta extractora de aceite de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana durante el año 2015 y determinar mediante datos y mediciones, cuales son los parámetros que permitirán el diseño de un sistema híbrido eficiente para la generación energética eléctrica. Esta investigación se estructura con los capítulos siguientes:

Capítulo I, se analiza el objeto de la investigación en su contextualización, se analiza el marco teórico, a través de la revisión de la cogeneración eléctrica y las tecnologías renovables, como la fotovoltaica, eólica, mini hidroeléctricas, sistemas híbridos, etc.

Capítulo II, la metodología lo conforma, la investigación bibliográfica documental, de campo, social, proyecto factible, investigación exploratoria y experimental, variables de medición, técnicas de instrumentos, el procedimiento para ejecutar y validar el proyecto de investigación.

Capítulo III, El análisis e interpretación de la simulación, interpretación de datos obtenidos a través de tablas, gráficos obtenidos de la información tabulada y la verificación de la hipótesis.

Capítulo IV La propuesta, tiene 3 alternativas para la generación eléctrica, por ultimo conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

CAPÍTULO I

1. MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

En este capítulo, se realiza una revisión de las tecnologías de energías renovables más utilizadas actualmente para la generación de energía eléctrica, se describe el marco teórico, antecedentes investigativos, se exponen opiniones y criterios de la problemática, la conceptualización y los fundamentos teóricos correspondientes.

1.1. Caracterización detallada del objeto de investigación

El uso más eficiente de la energía en la vida cotidiana ha hecho que las necesidades energéticas busquen nuevas fuentes de energía como posibles soluciones a la escasez y elevados costos de la energía fósil, ocupando así un puesto privilegiado el uso de energías renovables.

Al año 2010, el grado de penetración de la cogeneración en los distintos países europeos era muy diverso. Su aportación respecto al total de energía producida alcanzaba cifras elevadas en países como Dinamarca (49%), Finlandia (38%), Holanda (30%), España (12%), pero también en países de economías de transición como Letonia (38%), Hungría (21%) y República Checa (17%), la mayoría de países europeos utiliza gas natural para la cogeneración. (MEER, 2017a).

Las centrales de cogeneración de electricidad con calor generado pueden alcanzar un rendimiento energético del orden del 90%. Este procedimiento es más ecológico, ya que durante la combustión el gas natural libera menos dióxido de carbono (CO₂) y óxido de nitrógeno (NO_x) que el petróleo o el carbón. El desarrollo de la cogeneración podría evitar la emisión de 127 millones de toneladas de CO₂ aproximadamente en el 2010 y de 258 millones de toneladas en 2020, ayudando a cumplir los objetivos fijados en el Protocolo de Kioto. (José A., 2017).

El potencial técnico factible de cogeneración en el Ecuador es alrededor de 600 MW, repartido en diferentes segmentos industriales y de servicios, que requiere ser explorado y

ejecutado, esto representa aproximadamente el 10% de la capacidad de generación eléctrica instalada, existen sectores industriales con un alto potencial de implementación de proyectos de cogeneración como alimentos, textil, agroindustria, bebidas, hotelero y hospitalario, existe un potencial para trigeneración de aproximadamente 200 MW. (MEER, 2017a).

1.1.1 Descripción del objeto

La cogeneración de energía es un sistema que genera simultáneamente energía eléctrica y térmica a partir de un mismo combustible, utiliza como energía primaria, gas natural, diésel, carbón, biomasa, biogás u otro combustible similar, su uso es tanto industrial como a mediana y pequeña escala.

En el campo industrial la utilización de sistemas de cogeneración eléctrica, suelen satisfacer las necesidades de carga necesaria, pero a veces el potencial eléctrico generado no es suficiente para cubrir los procesos de producción, por lo cual resulta un inconveniente para la industria, que se ven en la necesidad de incorporar otros sistemas eléctricos que ayuden a obtener el potencial eléctrico requerido.

Para la sociedad, las energías renovables pueden reducir significativamente las emisiones de las plantas de generación convencionales. Los sistemas híbridos surgen de la asociación de tecnologías de generación de energía renovable con sistemas de almacenamiento y generación convencional.

Existen varias fuentes de generación para los sistemas híbridos: técnicas convencionales como motores diésel o de gas natural. Tecnologías emergentes: micro turbinas o pilas de combustible o dispositivos de almacenamiento de energía. Tecnologías basadas en las energías renovables como pequeñas turbinas de viento, paneles solares, fotovoltaicos, pequeñas hidroturbinas o termoeléctricas. (López-Rodríguez, 2014).

Estos sistemas de generación distribuida se usan como única fuente de energía de una determinada carga, como sistemas de seguridad cuando falla la red convencional, o de forma combinada con la red, conectada a ésta, como cogeneración, o como sistema eliminador de picos.

Poseen muchas ventajas como su buena relación con el entorno medioambiental, su modularidad a la hora de la generación eléctrica, su buena fiabilidad, la elevada calidad de la electricidad a alta potencia, proporciona un servicio ininterrumpido, ahorro económico, generación en sitio, capacidad de ser ampliado.

Este tipo de sistemas combinados nos permite desplazar la generación por diésel en sistemas convencionales mediante la integración de generación solar, eólica y térmicas, combinados con a sistemas diésel existentes. Los costes de generación renovables, son más competitivos, permiten un coste global de generación más reducido.

1.1.2 Delimitación espacio-temporal

La presente investigación se realizó en la planta extractora de aceite de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana denominada Palma Oriente. (Ver Figura 2).



Figura 2: Empresa Agroindustrial “Palma Oriente”, Orellana, Ecuador
Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Según los datos suministrados por la empresa agroindustrial se encuentra ubicada en la región amazónica ecuatoriana, Provincia de Orellana, latitud $0^{\circ}18'13,83''$ S longitud $77^{\circ}05'43,98''$ W, a una altura de 289 msnm, con un promedio de precipitación anual de 3392 mm distribuida durante todo el año, y una luminosidad de 1440 horas luz por año. (Ver Figura 3).



Figura 3: Ubicación de la planta extractora de aceite, Orellana
Fuente: Google Maps, 2017

1.2. Marco Teórico

1.2.1 Argumentación acerca de la necesidad de investigación

Legal

La Constitución de la República del Ecuador, publicada en el Registro Oficial 449 del 20 de octubre de 2008, en el artículo 413 establece que “El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables diversificadas, de bajo impacto, que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas y el derecho al agua”. (Constitucion de la Republica, 2017).

Esto se refleja en el objetivo 7 del Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 (PNBV), en las políticas y lineamientos estratégicos 7.7, 7.8 y 7.9, que señalan la necesidad de “Implementar tecnologías, infraestructuras y esquemas tarifarios para incentivar la eficiencia energética en los diferentes sectores de la economía”, así como “Promover patrones de consumo conscientes, sostenibles y eficientes con criterios de suficiencia dentro de los límites del planeta”. (SENPLADES, 2014).

En el Registro Oficial N° 418 del 16 de enero de 2015, se publicó la Ley Orgánica del Servicio Público de la Energía Eléctrica (LOSPEE), que establece que el MEER es el órgano rector y planificador del Sector Eléctrico y le corresponde definir y aplicar las políticas; evaluar que la regulación y control se cumplan para estructurar un eficiente servicio público de energía eléctrica; identificar y dar seguimiento a la ejecución de proyectos; otorgar títulos habilitantes, y evaluar la gestión del sector Eléctrico, la promoción y ejecución de planes y programas de energías renovables y los mecanismos para conseguir la eficiencia energética, de conformidad con lo dispuesto en la Constitución y la Ley. (LODPEE, 2016).

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable realizará estudios que determinará el potencial de cogeneración en Ecuador, considerando los sectores industriales con altas demandas de energía, así como los sectores hotelero y hospitalario, incluyendo las opciones de trigeneración. (MEER, 2017).

De acuerdo al Ministerio de Electricidad y Energía Renovable la cogeneración es el proceso de producción simultánea de energía térmica y energía eléctrica y/o mecánica, que hace parte integrante de una actividad productiva destinada a procesos industriales o comerciales. (MEER, 2017).

Dentro de los objetivos específicos del MEER enfatiza en la promoción de incentivos que permitan la inserción de la cogeneración en las industrias locales, así como se llevará a cabo la implementación de proyectos demostrativos.

Medio Ambiental

Existe un consumo más eficiente de los recursos naturales que generan menor impacto ambiental para los usuarios industriales y comerciales con un consumo eléctrico importante y necesidades de calor en sus procesos, son candidatos ideales para la cogeneración eléctrica.

El calor se suministra a los procesos a través de la quema de combustibles fósiles, lo que causa gran impacto al medio ambiente. Al implantar la cogeneración, la eficiencia de sus procesos aumenta sustancialmente y además disminuye la energía eléctrica consumida de la red y disminuyendo la emisión de contaminantes.

El uso eficiente de la energía es una de las mejores estrategias para reducir costos, emisiones y otros impactos al medio ambiente, ya que permite tener resultados directos enfocados a incrementar la productividad, competitividad y posicionar a los productos en mercados nacionales e internacionales.

En cuanto a la gestión ambiental, la producción y el consumo de energía son las principales causas de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI), con la diversificación de la matriz energética se reducirán aproximadamente 82 mil toneladas de CO₂-eq. Así mismo, varios proyectos fotovoltaicos, eólicos, térmicos de energía renovable, establecidos como parte de la política de diversificación de la matriz energética, reducirán aproximadamente 116 mil toneladas de CO₂-eq. («Biblioteca – Ministerio del Ambiente», 2017).

Además de los ahorros en costos directos, la cogeneración consigue considerables ventajas medioambientales ya que utiliza los combustibles fósiles de una forma mucho más eficientes. En particular en un medio altamente eficiente para reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y dióxido de azufre (SO₂). Los óxidos de nitrógeno (NO_x) son también reducidos mediante la introducción de las plantas de combustión modernas. (Fernández, 2013).

Social

Debido al desconocimiento general sobre estos sistemas, sobre cómo funcionan y sobre cómo se gestionan, la propuesta de cambiar un sistema conocido, que funciona y con el que el usuario está familiarizado, es difícil de asumir.

Culturalmente, existe un sentimiento muy fuerte de propiedad individual para con los sistemas de producción de calefacción que provoca que los usuarios tengan muchas dudas en el momento de deshacerse de su sistema para depender de un sistema externo ajeno.

Desde la óptica socioeconómica, la eficiencia energética es un mecanismo para la generación de empleo de alta especialización en la aplicación de programas y proyectos de gran impacto. Esto permite un desarrollo descentralizado y promueve la investigación y la generación de conocimiento local.

Económico

Las principales barreras económicas se dan a causa de los gastos en la puesta en marcha del sistema híbrido que se van a realizar, ya que la mayoría las provoca la obra civil de la red eléctrica de distribución.

La amortización de estas instalaciones se realiza en un período de tiempo largo para una inversión con capital privado y esto hace que haga falta disponer de subvenciones o participaciones de las entidades públicas para poder afrontar la inversión inicial y el mantenimiento de las instalaciones de la red de distribución eléctrica.

Por lo tanto, se desprende que la cogeneración a escala nacional sería posible solamente si se incrementa el precio de venta de la energía eléctrica producida en las plantas de cogeneración, si se sensibiliza el precio de venta de la energía, se obtiene que la cogeneración en estas escalas es viable para precios de venta mayores a 0,12 USD/KWh y manteniendo el subsidio actual del

diésel y considerando el precio de venta de la energía eléctrica fijo (0,11 USD/KWh) por el estado ecuatoriano. (MEER, 2017).

Técnico

Según datos del Balance Energético Nacional del Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos 2015 (año base 2014) en términos de potencia, Ecuador cuenta con más de 5.000 MW de capacidad instalada: 56% térmica; 42% hidráulica; 0,5% solar y 0,4% eólica. En cuanto a energía eléctrica se consumieron 14.266 GWh: 49,1% proveniente de centrales térmicas; 45,6% de hidráulicas; 1,6% biomasa; 0,3% eólica y 0,1% solar. (MEER, 2017).

Construir una red implica varias cosas:

- ✓ Instalar una central de producción de calor (caldera, motor de cogeneración, turbina, etc.).
- ✓ Trabajos de obra civil de magnitud considerable teniendo en cuenta la finalidad del proyecto.
- ✓ Personal calificado para el mantenimiento.
- ✓ La inversión económica es muy grande.

1.2.2 Antecedentes de estudio

El presente trabajo buscar una alternativa de producción para incrementar el potencial eléctrico, por medio de sistemas de cogeneración, los antecedentes que servirán de ayuda son los siguientes:

Se ha realizado una revisión de las tecnologías renovables utilizadas en la electrificación a gran escala, las tecnologías utilizadas de interés: son los sistemas fotovoltaicos, las centrales micro-hidráulicas y los pequeños generadores eólicos, se usa de forma aislada o combinada entre

ellas, o con generadores a diésel en sistemas de generación híbridos con miniredes para la distribución de puntos de consumo.

Para tomar una decisión entre unas u otras tecnologías se basan en la disponibilidad de recursos renovables, la fiabilidad del suministro eléctrico requerido, las características de infraestructuras locales y los costes por unidad de generación y consumo de energía eléctrica.

La electrificación mediante sistemas híbridos de fuentes renovables con miniredes constituye una opción de capacidad para garantizar niveles de servicio similares a los de la red eléctrica. Esta alternativa presenta mayores dificultades para su sostenibilidad, existen experiencias piloto; sin embargo hasta la fecha no se ha implementado a gran escala de manera generalizada.

Según, (Ramos Saravia & Lozano Serrano, 2012), Optimización del diseño y operación de sistemas de cogeneración para el sector residencial comercial. Previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico en la Universidad de Zaragoza. “Los problemas logísticos asociados a las miniredes están relacionados; con la necesidad de un diseño de un sistema óptimo específico para cada ubicación geográfica en función de los recursos disponibles”.

En la matriz de generación eléctrica, para la interconexión de todas estas fuentes generadoras de energía eléctrica, se hace indispensable el uso de convertidores que, gracias al avance de la electrónica de potencia y los sistemas de control más rápidos y precisos, permiten el suministro de una tensión constante a la carga independientemente de las fluctuaciones de la fuente de energía renovable de la que se obtiene la energía.

Generalmente en los sistemas híbridos de generación de electricidad se diseñan los convertidores de corriente continua que constan de: sistemas fotovoltaicos (paneles solares), sistema eólico (aerogenerador), sistema de hidrógeno (pila de combustible y en su caso electrolizador) y sistema auxiliar de almacenamiento de energía (batería y/o ultracondensador)

La configuración del sistema híbrido se realiza con objeto de maximizar la energía producida, satisfacer la demanda de energía, reducir las fluctuaciones en la potencia de salida y optimizar la producción.

Tanto la energía eólica como la solar fotovoltaica usan como combustible fuentes secundarias, para obtener energía del hidrógeno, cuando no dispongamos de energía en las fuentes primarias, es necesario una pila de combustible.

La batería y ultracondensador son sistemas auxiliares de almacenamiento de energía, estos son utilizados para conseguir una buena operatividad en el sistema híbrido, para así eliminar las oscilaciones de tensión en el bus y responder con rapidez ante una demanda de energía agresiva.

1.2.3 Fundamentación Teórica

En la Figura 4 se muestra la fundamentación teórica por niveles y como se relacionan. (Ver Figura 4).

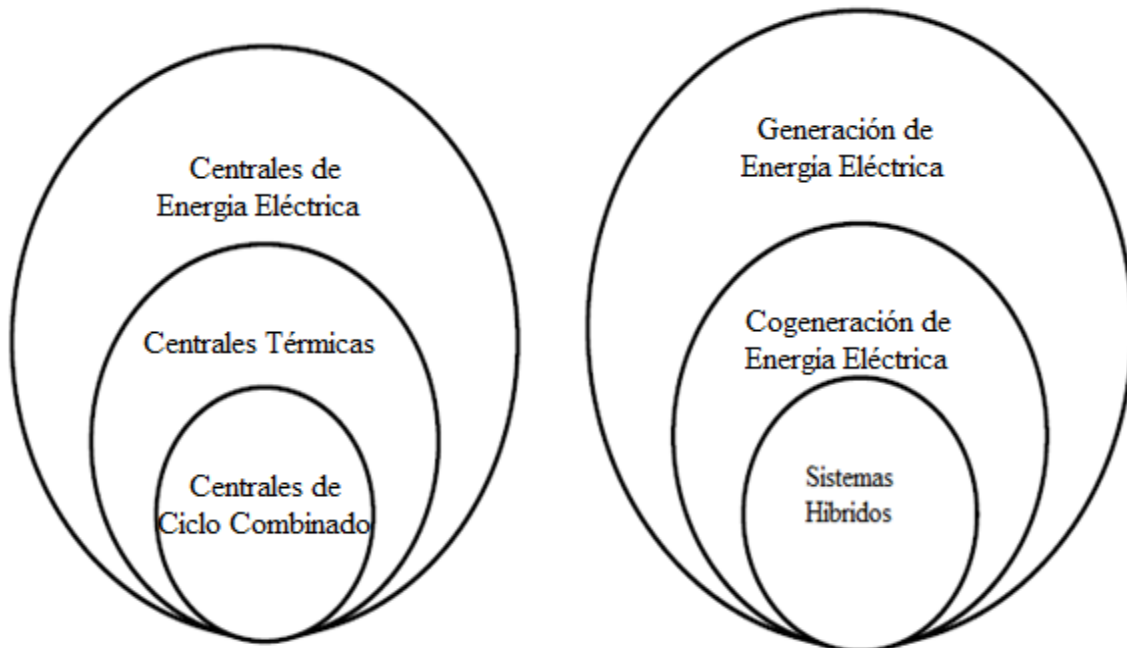


Figura 4: Red de categorías fundamentales

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Centrales de energía eléctrica

La electricidad es una de las principales formas de energía que se consumen en el mundo y constituye parte integral de la vida de los seres humanos. En el Ecuador, el consumo energético permite producir efectos luminosos, mecánicos, caloríficos, químicos y otros, presentes en todos los aspectos de la vida cotidiana como en los electrodomésticos, el transporte, la iluminación y la industria.

La generación de energía eléctrica depende de fuentes renovables y no renovables; las primeras comprenden centrales hidroeléctricas, fotovoltaicas, eólicas y termoeléctricas con biomasa y biogás; mientras que las de tipo no renovable son térmicas, tales como: turbo gas, turbo vapor y Motores de Combustión Interna (MCI), las mismas que utilizan combustibles fósiles.

Las energías no convencionales como la geotérmica, la biomasa y la solar térmica pueden ser empleadas como fuente de aporte energético, tienen como ventaja que supone la independencia de fuentes convencionales de energía y sobre todo el ahorro de combustibles fósiles y la reducción del impacto ambiental que con lleva su uso. (Fernández, 2013).

Para abastecer la demanda de energía eléctrica, el Ecuador dispone de varias centrales de generación, priorizando la producción de energía renovable no contaminante; es decir, que ésta provenga de fuentes naturales como la hidráulica (energía potencial del agua), fotovoltaica (sol), eólica (viento), biogás (residuos orgánicos) y biomasa (combustión de desechos orgánicos, tales como el bagazo de caña).

A nivel nacional, al 2016 se registraron 8.226,42 MW de potencia nominal y 7.606,88 MW de potencia efectiva, las mismas que incluyen las capacidades registradas por los generadores, autogeneradores y distribuidores con generación. Cabe mencionar que las empresas auto generadoras se ven representadas mayoritariamente por las petroleras.(Electricidad, 2017).

Al 2016, la energía total producida en Ecuador fue 27.313,86 GWh, con el siguiente detalle: hidráulica 15.833,84 GWh, 57,97%; térmica 10.867,91 GWh, 39,79%; biomasa 476,52 GWh, 1,74%; eólica 83,96 GWh, 0,31%; biogás 12,88 GWh, 0,05% y fotovoltaica 38,75 GWh, 0,14 %. (Electricidad, 2017).

El uso de vapor en la industria está muy generalizado. Los datos provenientes de la industria indican que el promedio del uso de energía proveniente del vapor industrial podría llegar a alcanzar entre el 35 y el 40 % de uso energético de las instalaciones. Por lo tanto, es muy importante optimizar estos sistemas y minimizar sus costos operativos. Sin embargo, no hay dos sistemas o procesos que sean iguales, de modo que es muy difícil generalizar cuando hablamos de sistemas de vapor. (ONUDI, 2014).

Los sistemas de vapor industrial se dividen en tres categorías, que consideran los niveles de presión, la cantidad de vapor que se usa y los procesos que dependen del vapor (como calefacción, separación, secado y fuente de generación de electricidad)

Para generar energía térmica en forma de calor, pueden utilizarse desde calderas hasta equipos de cogeneración, tanto como si, son motores o si son turbinas. Cada una de las tecnologías puede combinarse con las diversas fuentes energéticas disponibles y dan como resultado un grado de emisiones más o menos elevado, hay más emisiones si el combustible es fósil y menos si se utiliza biomasa, energías renovables o calor residual.

Independientemente del tipo de central de generación que se utilice, existe la posibilidad de integrar energía solar y eólica, al circuito que son las más comunes, la manera de adaptarla dependerá de la configuración del sistema global, en el que las temperaturas de trabajo de la red de calor o la velocidad del viento, juegan un papel muy importante.

La integración de esta tecnología es adecuada en sistemas en los que la generación de calor se produce mediante una fuente residual como las incineradoras, los calores residuales o incluso, las cogeneraciones, estos sistemas necesitan el apoyo de sistemas de refrigeración por compresión.

Para generar energía térmica en forma de frío, lo más común es la refrigeración por compresión que se alimenta mediante energía eléctrica, existe la posibilidad de utilizar sistemas por absorción y adsorción alimentados por fuentes de calor.

Componentes principales de una central térmica convencional

Caldera. - Donde el agua se transforma en vapor por la acción de la combustión de cualquier combustible, con la que generan gases a muy altas temperaturas que al entrar en contacto con el agua líquida la convierten en vapor.

Turbina de vapor.- Máquina que recoge el vapor de agua, dispone de un sistema complejo de presiones y temperaturas, consiguiendo que se mueva el eje que la atraviesa. Estas turbinas tienen varios cuerpos, de alta, media y baja presión, para aprovechar al máximo el vapor de agua. El eje que atraviesa los diferentes cuerpos está conectado con el generador.

Generador.- Máquina que recoge la energía mecánica generada en el eje que atraviesa la turbina y la transforma en eléctrica mediante inducción electromagnética, transformando la energía mecánica del eje en una corriente eléctrica trifásica y alterna.

Red de Distribución.- Están formados por dos tuberías, una de impulsión y de retorno, la extensión del sistema y el número de ramificaciones que dependen de la situación de la planta de energía, del número y distribución de los usuarios, de las pérdidas de energía en la red.

Funcionamiento de una central térmica

Para el funcionamiento de las centrales termoeléctricas el tipo de combustible es independientemente, pero hay diferencias en el tratamiento previo que se hace al combustible y del diseño de los quemadores de las calderas de las centrales.

Una vez que el combustible está en la caldera se quema, esto provoca que se produzca energía calorífica que se utilizará para calentar agua y así transformarla en vapor a una presión muy elevada. A partir de este vapor se hace girar una turbina y un alternador para que este produzca electricidad.

La electricidad generada pasa por un transformador para aumentar su tensión y así transportarla reduciendo las pérdidas. El vapor que sale de la turbina se envía a un elemento llamado condensador para convertirlo en agua y así retornarlo a la caldera para empezar un nuevo ciclo de producción de vapor.

La generación eléctrica con biomasa a través de la combustión directa o plantas de ciclo Rankine convencional, hoy en día son consideradas como la tecnología de mayor fiabilidad a pesar que sus rendimientos pueden estar por debajo que la de la gasificación. (Bermejo, 2013).

Los ciclos Rankine tienen como propósito remplazar el compresor por una bomba y el cilindro de expansión por una turbina, adicionalmente el cuerpo del trabajo suele ser el vapor de agua, el cual en función del calor suministrado se puede encontrar en diferentes estados; vapor seco, vapor sobrecalentado; adicionalmente para mejorar la eficiencia del ciclo se le implementa etapas de recalentamiento y extracción de vapor. (Ortiz Flores, 2012).

La Cogeneración Eléctrica

Se la define como la producción secuencial de electricidad y calor útil a partir del mismo combustible, aporta ahorros energéticos y beneficios económicos, a la par que reduce el impacto ambiental, por lo que representa una alternativa adecuada para el suministro energético. Una planta de cogeneración consiste de cuatro elementos básicos. (Ver Figura 5):

- ✓ Fuerza motriz, que puede ser originada por una turbina de vapor, turbina de gas o motor alternativo
- ✓ Generador eléctrico

- ✓ Sistema de recuperación de calor
- ✓ Sistema de control.

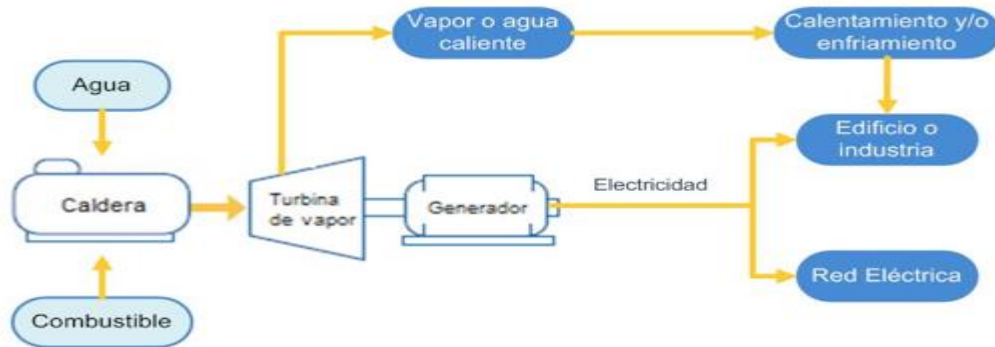


Figura 5: Sistema de Cogeneración eléctrico

Fuente: Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER)

Esto ha sido comprobado fielmente en las últimas décadas en el sector industrial, donde su incorporación en todas las grandes y medianas empresas consumidoras de energía térmica, ha proporcionado una disminución considerable del consumo de energía por unidad de producto.

Los sistemas de cogeneración son sistemas de producción conjunta de electricidad o energía mecánica y de energía térmica útil o calor, partiendo de un único combustible. El gas natural es la energía primaria más utilizada para el funcionamiento de las centrales de cogeneración de electricidad a calor, las cuales funcionan con turbinas o motores de gas, también se pueden utilizar fuentes de energía renovables y residuos como biomasa o residuos que se incineran.

Los usos de los diferentes tipos de biomasa se clasifican principalmente en dos: térmicos y eléctricos obtenidos principalmente de la combustión de biomasa sólida, la combustión de biogás, los biocarburantes, que entregan energía aprovechable para el funcionamiento de los motores de combustión térmica transformándola en energía mecánica.

Los sistemas de cogeneración tienen rendimientos globales del 85%, su aprovechamiento de electricidad y calor, obtienen elevados índices de ahorro energético, disminuyendo la factura

energética, sin alterar el proceso productivo, este ahorro energético se incrementa si se utilizan energías residuales. (Ramos Saravia & Lozano Serrano, 2012).

Los sistemas de cogeneración según (Fernández, 2013), producen calor y electricidad de forma conjunta y simultánea pudiendo emplearse el calor para la calefacción y para la producción de frío en una máquina de absorción. Los criterios de elección del motor o la turbina dependerán de los siguientes factores:

- ✓ Potencia de instalación.
- ✓ Temperaturas de fluidos (nivel térmico del calor demandado).
- ✓ Régimen y horas de funcionamiento.
- ✓ Valor de la relación calor-electricidad.
- ✓ Evolución de la relación calor-electricidad.

Aplicación de la eficiencia energética

La eficiencia energética de los sistemas de cogeneración se eleva cuando se produce por separado electricidad y calor. (Ver Figura 6).

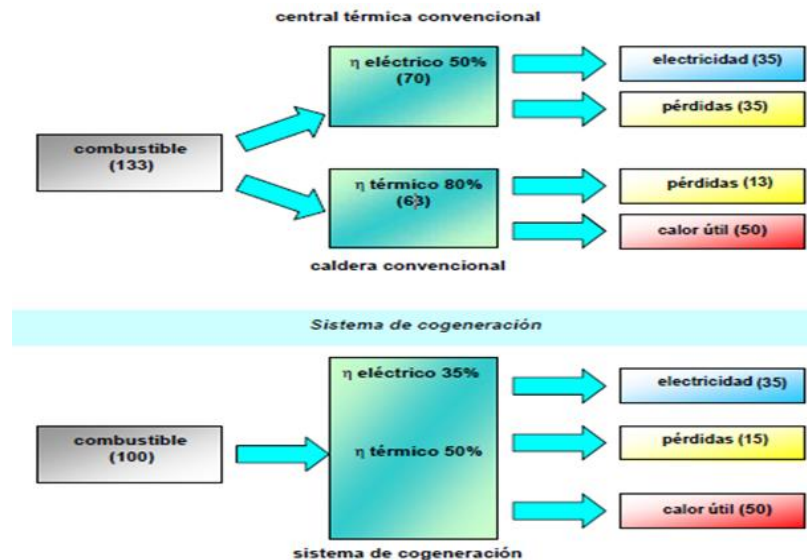


Figura 6: Comparación de la eficiencia energética global y la cogeneración

Fuente: Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER)

En Figura 6, se ve que para cubrir una determinada cantidad de demanda de electricidad y calor, por cogeneración, el consumo de energía primaria, (“combustible” en el ejemplo de la Figura 6) se puede ver reducido en un 25%. La eficiencia global de los sistemas de cogeneración puede llegar hasta el 90% mientras que la del ejemplo es de un 85%.

Las instalaciones térmicas deben diseñarse, calcularse, ejecutarse y utilizarse de tal forma que se reduzca el consumo de energía convencional de las instalaciones térmicas y como consecuencia las emisiones de gas de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, mediante la utilización de sistemas eficientes energéticamente. (Fernández, 2013).

El calor residual de las plantas de valorización de residuos se disipa en el ambiente, habitualmente después de un proceso de producción de electricidad, el aprovechamiento de este calor mediante sistemas de redes de distrito representa un 100% de ahorro de energía primaria ya que, de otro modo, se desestimaría. En estos casos, debe tenerse en cuenta la electricidad que dejan de generar estas centrales y el consumo de la red de distrito misma.

El caso del aprovechamiento de calores residuales, las energías renovables tienen un impacto nulo en el cómputo de emisiones de CO₂. Sólo hay que considerar en cada caso los autoconsumos eléctricos para operar las centrales energéticas o bien para transportar los fluidos.

Otra ventaja de las energías renovables, así como del calor residual, es la disponibilidad local de la fuente energética, por lo tanto, se reduce también el impacto energético asociado al transporte de combustibles y de electricidad.

Entre los beneficios de la cogeneración tenemos:

- ✓ Disminución de emisiones al ambiente CO₂.
- ✓ Reducción de costos e incremento de la competitividad en usuarios industriales y comerciales.

- ✓ Al ser una forma de generación distribuida disminuye notablemente las pérdidas en el transporte de electricidad.
- ✓ Incremento en la seguridad energética.
- ✓ Generación de empleo.
- ✓ Reducción de costos de disposición final de biomasas residuales y de compra de combustible.

El mejor diseño del sistema de cogeneración tendrá un grado de aprovechamiento elevado, mayor eficiencia energética y una rápida recuperación de la inversión realizada, una distribución de la red inadecuada puede llegar a comprometer la rentabilidad económica del proyecto.

Dentro del contexto del uso racional de la energía y teniendo en cuenta que la misma es conservativa en cualquier proceso sin destruirse, por lo tanto tiene como objetivo describir los esquemas de cogeneración anteriormente propuestos desde el punto de vista de cómo la energía disponible en el combustible, flujos de vapor, agua, entre otros, se degradan a medida que se intercambia en cada una de las etapas del proceso de cogeneración como las demandas de vapor al proceso de elaboración y energía electro mecánica. (Sanz Amaya, 2014).

Es importante entender la energía como un potencial de energía disponible en los diferentes flujos de masa, la cual es basada en la segunda ley de la termodinámica y se brinda mediante el análisis de su degradación una herramienta muy útil para fines de diseño, evaluación, optimización y desarrollo de los sistemas de cogeneración, identificando así donde las pérdidas o irreversibilidades de los procesos se concentran. (Sanz Amaya, 2014).

En el campo industrial la utilización de sistemas de cogeneración eléctrica, suelen no satisfacer las necesidades de carga necesaria lo cual resulta un inconveniente para la industria, se ven en la necesidad de incorporar sistemas híbridos que ayuden a obtener el potencial eléctrico necesitado.

Sistemas Híbridos

Los Sistemas Híbridos surgen de la asociación de tecnologías de generación de energía renovable con sistemas de almacenamiento y generación convencional. La aplicación de este tipo de sistemas nos permite desplazar la generación por diésel en sistemas convencionales mediante la integración de generación solar o eólica con sistemas diésel existentes. Los costes de generación renovables, más competitivos, permiten un coste global de generación más reducido.

Las fuentes renovables pueden agruparse en sistemas híbridos utilizando más de la tecnología de generación, el principal objetivo es aumentar la fiabilidad del sistema es decir garantizar la seguridad de suministro cuando falta alguno de los recursos. Las posibilidades de un sistema híbrido pueden realizarse de muchas maneras es decir las combinaciones de sistemas son variadas, dependerá de cada caso que el sistema híbrido se implemente.

Se puede utilizar una única fuente de energía o recurrir a varias combinaciones para mejorar la fiabilidad de suministro, en ocasiones también se incluyen generadores eléctricos mediante motores de combustión, que pueden ser alimentados por fósiles o biomasa. Las combinaciones de sistemas híbridos según el tamaño del sistema son las siguientes: fotovoltaico-eólico, fotovoltaico-eólico-diésel, térmico-diésel, térmico-diésel-mini hidráulico, etc.

La mayor parte de sistemas autónomos basados en fuentes renovables deben considerarse de primera generación en especial los sistemas híbridos, estos proporcionan mejor servicio eléctrico con menores costos, requieren sistemas de control más sofisticados, financieras y organizativas.

Los sistemas híbridos requieren estudios caso por caso hasta determinar la combinación más adecuada, ya que deben ser diseñados para cada ubicación. Existen algunos softwares de aplicación para la simulación de sistemas híbridos, los cuales dan resultados tanto de la parte técnica como de la parte financiera.

Tecnologías renovables de los sistemas híbridos

El acceso a los servicios energéticos debe ser fiable, accesible, sostenible y de bajas emisiones contaminantes. Entre las alternativas para la electrificación, constituyen los sistemas autónomos basados en fuentes de energía renovable, con costos bajos en entornos aislados y un impacto ambiental menor.

Las tecnologías renovables de mayor interés son, la solar fotovoltaica, la mini hidráulica, y la pequeña eólica, así como la combinación de varias de ellas con generadores a diésel en sistemas híbridos como se ve en la (Figura 7), un cuadro comparativo de las diferentes tecnologías con las que se puede contar para una mejor eficiencia energética.

Sin embargo, los sistemas autónomos se encuentran con limitaciones técnicas, como son la falta de normativa técnica, escasez de laboratorios de certificación, falta de capacidad técnica, barreras legales y financieras.

La expansión de los servicios eléctricos en la población de los países en desarrollo está relacionada con la transformación hacia un modelo energético sostenible, las redes eléctricas centralizadas y a distancias largas tienen un gran costo.

La alternativa a la extensión de las redes eléctricas, es la generación distribuida mediante generadores autónomos basados en fuentes renovables de energía o sistemas híbridos combinados con motores diésel. Las compañías de electricidad para solventar las necesidades de la población han puesto en marcha los generadores a diésel combinados con energía de fuentes renovables. La elección de las tecnologías apropiadas depende de diversos factores como:

- ✓ Disponibilidad de energía primaria renovables: radiación solar, viento, etc.
- ✓ Fiabilidad en el suministro eléctrico, el consumo, abastecimiento y densidad de carga.
- ✓ Fiabilidad en la infraestructura, abastecimiento energético, orografía, vías de acceso.

- ✓ Características socioeconómicas de los beneficiarios.
- ✓ Relación de los costos de unidad de consumo y el costo de la generación.

El abastecimiento de la demanda energética y los costos asociados así como la demanda de los usuarios son aspectos críticos en cualquier sistema autónomo, la capacidad de generación se diseña de acuerdo al consumo, pero una vez en operación se deben analizar las tarifas por usuario para restringir lo que resulta una molestia.

Fuente de electricidad	Nivel de potencia	Costo inicial por conexión	Costo de mantenimiento	Cualidades	Impacto social y medioambiental
Extensión de la red eléctrica	Muy alta	Bajo-Alto depende de la distancia	Bajo	Puede suministrar todos los servicios, pero puede ser muy cara para poblaciones dispersas	Requiere producción centralizada, a menudo con combustibles fósiles. Polución local y regional. Control externo
Generador Diésel	Media	Medio	Alto	Tecnología muy probada, accesible pero de mantenimiento caro. El suministro de combustible en áreas rurales puede ser irregular	Contaminación atmosférica, auditiva y del suelo a nivel local
Minihidráulica	Media	Bajo-Alto	Bajo	Buena opción para suplir muchos servicios energéticos. Duración prolongada	Depende de la disponibilidad de agua y de la orografía. Bajo impacto medioambiental
Microhidráulica	Media baja	Bajo	Bajo	Buena opción para servicios domésticos, sin incluir la cocina	Depende de la disponibilidad de agua y de la orografía. Muy bajo impacto medioambiental
Plantas generadoras con biomasa	Media	Alto	Bajo	Puede suministrar electricidad para un rango muy amplio de aplicaciones	Emissiones contaminantes en el ámbito local
Sistemas fotovoltaicos autónomos	Media Baja	Alto	Bajo	Alta inversión inicial. Bajos costes de operación y mantenimiento. Electricidad para centros de salud, escuelas, aplicaciones productivas.	No contaminante
Sistemas fotovoltaicos domiciliarios	Baja	Alto	Bajo	Alta inversión inicial. Bajos costes de operación y mantenimiento. Electricidad para iluminación, radio y TV.	No contaminante
Generador eólico	Alta media	Medio	Bajo	Amplio margen de capacidad. Competitivo con la generación eléctrica convencional.	Depende de la disponibilidad de viento. Muy bajo impacto medioambiental

Figura 7: Comparación de tecnologías de electrificación
Fuente: Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER)

Sistemas Fotovoltaicos

La energía solar fotovoltaica es uno de los recursos más apropiados para llevar la electricidad a los espacios rurales, debido a sus rangos bajos de movilidad, autonomía, mantenimiento e impacto ambiental, abarca una producción de 25 W/h al día suficiente para encender una lámpara.

Está compuesto este sistema por; un generador que es la agrupación de módulos fotovoltaicos, acumulación de electroquímica, controlador de cargas de batería y un inversor o convertidor CC/AC. (Ver Figura 8).

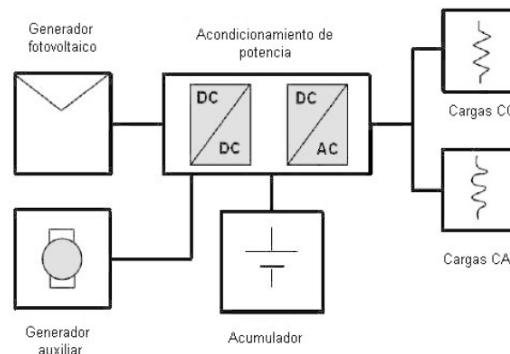


Figura 8: Sistema Fotovoltaico

Fuente: Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER)

Podría decirse que es muy sencillo y muy fiable, los fabricantes de módulos fotovoltaicos ofrecen una garantía de 20 a 25 años de vida útil, pero debido a mal manejo o mal funcionamiento de los componentes pueden dejar de funcionar a los 3 años.

En los últimos años el precio de los paneles solares han disminuido por Watt, pero los fabricantes se han dedicado a construir módulos de mayores potencias, lo que para pequeñas instalaciones sigue teniendo costos elevados.

La producción de células o módulos fotovoltaicos en MW dominan el mercado con un 80%, de los cuales los módulos comerciales se sitúan entre el 14 y 20%, para los módulos de

monocristalino es del 12%, los policristalino de 17%. La previsión de producción para el 2015, apunta que crecerá un 20% más. (Ver Figura 9).

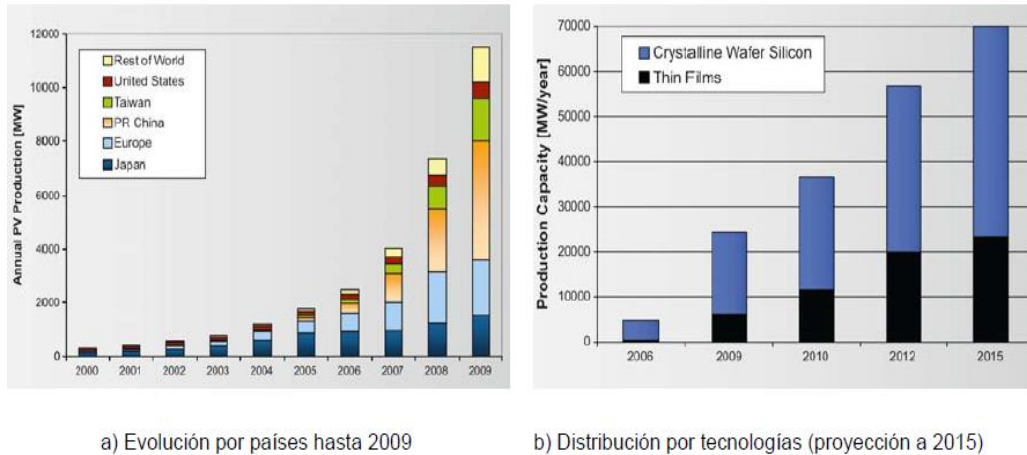


Figura 9: Evolución de los Sistemas Fotovoltaicos

Fuente: Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER)

El módulo fotovoltaico llevara de forma claramente visible e indeleble el modelo, nombre o logotipo del fabricante, el número de serie y la fecha de fabricación, que permita su identificación individual. La potencia máxima y la corriente de cortocircuito reales de los módulos fotovoltaicos deberán estar comprendidas en el margen máximo del +10% de los correspondientes valores nominales de catálogo. Se instalaran los elementos necesarios para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del generador. (Ávila O., García A. y Plaza J., 2014).

Sistemas Eólicos

La energía eólica es aquella que se produce aprovechando la fuerza cinética del viento, este tipo de energía es una de las fuentes de energía renovable con mayor crecimiento en el mundo. La energía eólica es utilizada principalmente para producir energía eléctrica mediante aerogeneradores.

Se afirma según Instituto Alemán de Energía Eólica (DEWI) que actualmente las tecnologías de los aerogeneradores de potencia inferior a la media menor de 1kW es una tecnología madura, los de gran potencia, mayores a 1kW, se encuentran en la fase de consolidación.

En Ecuador, la energía eólica se está aprovechando en la isla San Cristóbal con una capacidad de 2,4 y en la provincia de Loja, en el cerro Villonaco, con una potencia instalada de 16.5 MW, además está en construcción un proyecto en la isla Baltra con una capacidad de 2.25 MW. El equivalente de la energía proporcionada por estos proyectos puede abastecer los hogares de 150 mil ecuatorianos. (Electricidad, 2017).

Los componentes de un sistema eólico (Ver Figura 10) son los siguientes:

- ✓ **El aerogenerador:** Es el que transforma la velocidad del viento en energía eléctrica. Tiene los siguientes componentes principales: aspas de fibra de vidrio, un generador eléctrico de imanes permanentes, un mecanismo de dirección y protección (veleta), un cono.
- ✓ **El regulador eólico:** Protege la batería cortando el ingreso de energía cuando ya está cargada y evita el ingreso de exceso de energía y la deriva a la resistencia.
- ✓ **Batería:** Almacena la energía eléctrica producida por el aerogenerador para poder utilizarla en cualquier momento del día y la noche. Siempre debe de estar dentro de una caja de madera.
- ✓ **El inversor:** Convierte el voltaje de la batería (12 voltios) a 220 VAC, facilitando su uso en los diferentes equipos
- ✓ **La resistencia:** Recibe la energía cuando la batería está cargada al 100% o cuando hay excesos (energía producida debido a fuertes vientos). Tener cuidado porque podría quemarse.

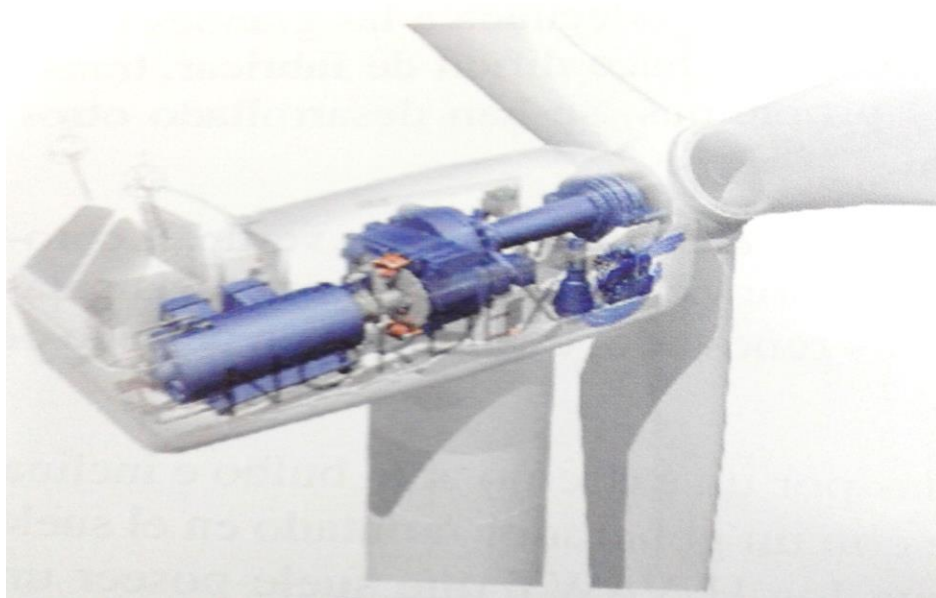


Figura 10: Turbina de un aerogenerador.
Fuente: Energías del siglo XXI (García, 2012)

Sistemas Hidráulicos

La energía hidráulica es una energía derivada indirectamente de la energía solar, ya que es el sol, en último término, el que regula el ciclo hidrológico. El agua, fuente utilizada para conseguir energía hidráulica, llega a la tierra de forma continua y es de carácter inagotable.

Las centrales hidroeléctricas con potencia inferior a 10 MW se denominan centrales minihidráulicas, se considera sin embargo, como una energía renovable ya que los sistemas de distribución y gestión empleados son diferentes a los de las centrales de elevada potencia y su impacto ambiental es mucho más reducida.

En cuanto a centrales hidráulicas, los proyectos recién construidos o en proceso de construcción en Ecuador son: Delsitanisagua, Manduriacu, Mazar Dudas, Quijos, Sopladora, Toachi Pilatón, Minas San Francisco y Coca Codo Sinclair, siendo este último el de mayor capacidad con 1.500 MW de potencia instalada.

Para la obtención de energía no siempre es necesario incluir una presa en la instalación y si esta existe no debe superar los 15 metros de altura. Los tipos de centrales minihidráulicas se pueden definir en base a criterios de funcionamiento o de potencia de la siguiente manera:

- ✓ **Centrales de agua fluente.-** Son centrales que no disponen de ningún tipo de regulación por lo que el caudal varía en función del régimen hidrológico anual.

- ✓ **Centrales de flujo regulado.-** Son aquellas en las que se puede regular el agua a través de un depósito de regulación diario, semanal o mensual. Se destinan a usos hidroeléctricos o a otros fines (riego o abastecimiento) estando localizadas aguas abajo de los embalses. (Ver Figura 11).

La potencia producida se puede distinguir con los siguientes tipos de centrales:

- ✓ Pico centrales: Potencia < 5 kW
- ✓ Micro centrales: Potencia < 100 kW
- ✓ Mini centrales: Potencia < 1.000 kW
- ✓ Pequeñas centrales: Potencia < 10.000 kW

Para la instalación de una mini hidráulica se tienen que seguir una serie las siguientes pautas:

- ✓ Elección del lugar basándose en la disponibilidad del territorio y la accesibilidad al mismo, teniendo en cuenta que la accesibilidad es inversamente proporcional al impacto ambiental.
- ✓ Determinación del caudal de agua (litros/s) y el salto disponible (metros) para poder determinar el cálculo de la potencia teórica de la que vamos a disponer, en todo caso menor de 10 MW.
- ✓ Tramitación de autorizaciones y permisos necesarios.
- ✓ Estudio de viabilidad económica de la instalación.
- ✓ Construcción e implementación.

- ✓ Gestión y mantenimiento efectivo, protegiendo las calidades ambientales del sistema fluvial.

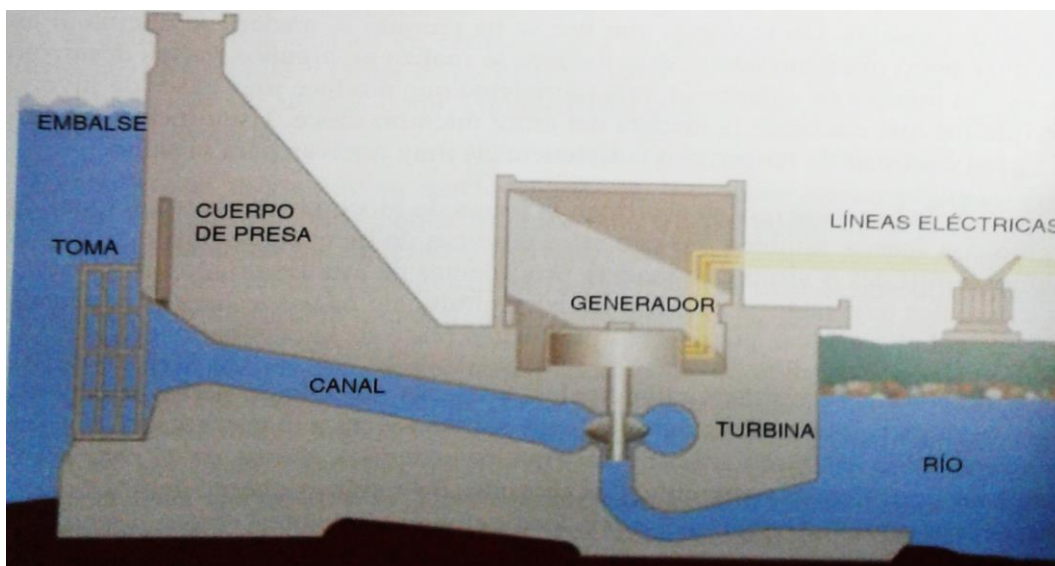


Figura 11: Sistema Hidráulico

Fuente: Energías del siglo XXI (García, 2012)

La hidrogenación de energía en el Ecuador constituye una alternativa a la solución del problema del suministro de energía principalmente en regiones aisladas, además que refuerzan técnicamente al sistema eléctrico del país.

Es por esto que con la implementación de este tipo de proyectos se produce un aporte técnico – económico que beneficia a la zonas de influencia y contribuyen a cubrir la demanda de energía eléctrica, además de aportar técnicamente al Sistema Nacional Interconectado.

1.3. Fundamentación de la investigación

Árbol de Problemas

A continuación podemos distinguir el árbol de problemas. (Ver Figura 12).

EFECTO

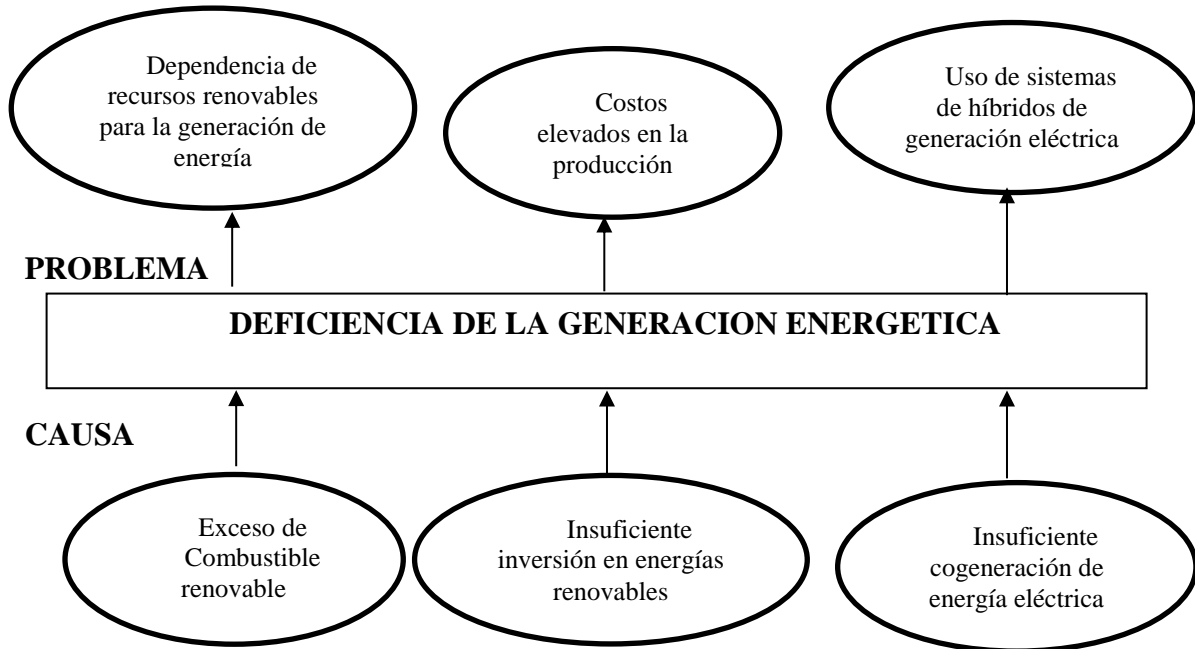


Figura 12: Árbol de Problemas

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

1.3.1 El problema

El problema de eficiencia energética en la planta extractora se genera por muchas causas, una de ellas es el exceso de producción de biomasa que se utiliza como combustible para la cogeneración de la electricidad, lo que se hace ahora es desecharlo como basura orgánica lo cual consume recursos humanos y económicos.

Bajos recursos económicos para poder solventar los mantenimientos y personal operativo, todos los activos que genera la venta del aceite se distribuye en pagos al personal y el pago de un préstamo a una entidad financiera.

En la actualidad el sistema de cogeneración presenta un déficit en la generación energética, maquinaria obsoleta, elevados costos en la producción, que impide el aprovechamiento integral de la biomasa existente y limita la capacidad de generación y eficiencia de energía eléctrica en la

planta extractora de aceite de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana denominada Palma Oriente.

1.3.2 Viabilidad teórica y práctica

Según el Balance Energético Nacional 2016 (BEN) al 2015, la producción de energía primaria alcanzó los 225 millones de BEP, de los cuales 88% representa el petróleo y 4% el gas natural. La energía renovable (hidroenergía, leña, productos de caña, energía eólica y fotovoltaica) alcanzó una participación del 7%. Cabe destacar el incremento en la producción primaria de la hidroenergía en más del 14%, productos de caña en 17% y de las fuentes eólicas y fotovoltaicas en 40%, comparado con el 2014. (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2017)

La eficiencia energética juega un papel importante en la competitividad y los aspectos sociales, en tanto una de las maneras más efectivas de abordar el cambio climático, así como en la seguridad del abastecimiento energético. Sin embargo, presenta importantes barreras que no permiten alcanzar el potencial existente.

En el Ecuador, estas barreras consisten principalmente en inversiones iniciales elevadas, bajo involucramiento de actores claves, falta de información, acceso limitado a tecnologías eficientes, dificultad de cuantificar y medir los beneficios asociados a la eficiencia energética.

Este aumento de las necesidades energéticas puede verse controlado gracias a la aplicación de programas de eficiencia energética que, en términos sencillos, consisten en lograr que el Ecuador consuma una menor cantidad de energía para generar una misma unidad de producto o servicio.

Por lo cual los sistemas de cogeneración por medio de biomasa han sido uno de los proyectos más importantes en la industria agropecuaria ecuatoriana, para obtener una mejor eficiencia energética hay que aplicar sistemas híbridos que cubran el déficit energético.

La insuficiente cogeneración de energía eléctrica es un problema que debe ser tratado de una manera importante en la planta extractora de aceite de palma africana, ya que resulta perjudicial en los procesos de producción si no se pone en marcha la utilización de sistemas híbridos.

Siendo representativo en la planta extractora de aceite de palma africana ya que con esto genera pérdidas, entre ellas la más importante es la económica, puesto que la empresa invierte sus recursos financieros en la mantenimiento de la maquinaria, pago de trabajadores, comercialización y al generarse todos estos causales y efectos se obtiene una pérdida representativa económica, material y humana.

CAPÍTULO II

2. METODOLOGIA

En el presente capítulo se expone la metodología de la investigación, el diseño, la modalidad, tipo y nivel de investigación e instrumentos de recolección de la información.

2.1. Diseño de la investigación

El enfoque de la investigación se ubica en un paradigma critico – propositivo, direccionando el informe de investigación desde los ámbitos cuantitativo ya que se obtendrán datos reales de la empresa, actualmente está dispone de la maquinaria para proponer la mejor alternativa para el mejoramiento de la misma.

Cualitativo, ya que de acuerdo a las políticas planteadas por la empresa para la ejecución del rediseño del sistema de cogeneración mejorara la potencia energética y los costos de la producción disminuirán.

Recolección de información

La información para la investigación se tomó del grupo investigador tomando la información tanto de fuentes primarias como secundarias.

Fuentes de información primarias

Se aplicó la técnica de la entrevista cuyo instrumento es el cuestionario no estructurado, sobre la implementación de un nuevo sistema de generación eléctrica. Para lo cual se ha contestado las siguientes preguntas en la Tabla 3:

Tabla 3: Plan de recolección de la Información

Preguntas Básicas	Explicación
1. ¿Para qué?	Para alcanzar los objetivos de la investigación.
2. ¿De qué personas u objetos?	Operarios, Jefe de Mantenimiento, supervisores.
3. ¿Sobre qué aspectos?	Indicadores.
4. ¿Quién?	El investigador.
5. ¿Cuándo?	Año 2015.
6. ¿Dónde?	Planta extractora de aceite de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana.
7. ¿Cuántas veces?	Prueba piloto y aplicación definitiva.
8. ¿De qué técnicas?	Análisis y experimental.
9. ¿Con que?	Registros, tablas de datos, software
10. ¿En qué situación?	En la jornada de trabajo.

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Fuentes de información secundarias

Se realiza una investigación bibliográfica-documental de los diferentes documentos, libros, folletos, manuales, revistas, que contengan información con respecto al tema investigado.

2.1.1 Técnicas y procedimientos

Medición.- Se tomará los datos de acuerdo a los instrumentos de medición que tiene la empresa, y los datos y mediciones que proporcionen los técnicos, ya que no disponen de aparatos de instrumentación actualizada.

Al analizar el comportamiento de la carga eléctrica actual, esto permite obtener datos de potencia (P), presión (Pr), corriente (I), temperatura (T) y factor de potencia (FP) y de esta manera proceder a realizar el análisis de los datos.

Modelación.- Se modelarán el sistema híbrido en la herramienta de diseño de simulación Homer Pro, o Homer que significa (Optimización Híbrida de Múltiples Energías Renovables Eléctricas).

Simulación.- Con el uso la herramienta de diseño Homer Pro o Homer, se prueba el diseño y la selección del material del sistema híbrido, este simula sistemas de energía, sistemas optimizados de costos y proporciona un análisis de sensibilidad con un tiempo de intervalo de un año.

Observación.- Análisis de documentos para fundamentar científica, técnica y tecnológicamente el diseño del sistema híbrido.

2.1.2 Modalidades Básicas de la Investigación

Investigación de Campo.- Es el estudio de los hechos que se está realizado en la empresa Palma Oriente, con el departamento de mantenimiento de la empresa se revisa la estructura del sistema de cogeneración actual, como es la documentación existente, equipos e infraestructura: el historial, daños o fallos frecuentes por averías, el mantenimiento correctivo y preventivo realizado, libros diarios o bitácoras donde está plasmada toda la información del funcionamiento de la planta extractora, equipos e infraestructura tanto interna como externa y la eficacia eléctrica actual.

Investigación Experimental.- Porque permite comprobar la hipótesis experimentalmente, con el software para el diseño del sistema de cogeneración eléctrica.

Investigación documental – bibliográfica.- Detecta, amplia y profundiza diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre el sistema de cogeneración eléctrica, basándose en libros, manuales y revistas de, planificación, productividad e indicadores además se incorporan los registros, documentos, manuales de operación, planos eléctricos, planos mecánicos de la maquinaria proporcionados por la empresa y se los relaciona con la documentación.

2.1.3 Nivel o Tipo de Investigación

Exploratorio.- Nos permite la investigación de un problema no tan definido a un criterio técnico del cual es el área que se afecta directamente el déficit eléctrico, en este caso se trata de determinar los alcances de la problemática por la incidencia de la insuficiente cogeneración energía eléctrica.

Descriptivo.- Los métodos a implantar para la corrección del déficit eléctrico, estos pueden ser detectados en cada uno de los procesos en cada una de las secciones de la empresa, para de esta manera proponer una considerable mejora al estado actual.

Asociación de Variables.- Permite la medición de relaciones entre la variable de disponibilidad de maquinaria que causa problemas a los sistemas eléctricos contra las variables generadas del sistema eléctrico, y la respuesta que pueda dar el departamento técnico para arreglar estos inconvenientes, que no cumplen con indicadores establecidos para el control y mejoramiento de un sistema productivo eficiente.

2.2. Bases teóricas particulares de la investigación

2.2.1 Variables de investigación

Variable independiente: La Cogeneración de Energía Eléctrica en la planta extractora de aceite de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana durante el año 2015.

Variable dependiente: Eficiencia de la Potencia Energética.

2.2.2 Operacionalización de las variables

En la Tabla 4 y Tabla 5 se muestra la operacionalización de las variables.

Tabla 4: Operacionalización de la variable independiente: Cogeneración de Energía Eléctrica.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	ÍTEMS
Concepto.- Es un proceso, en el cual el calor se utiliza combinado con el agua, como vapor caliente que sale de una turbina para la producción de energía eléctrica.	✓ Transformación la energía primaria	°C	Termómetro	Medición
	✓ Transformación de la energía térmica en mecánica	Bares	Manómetro	Medición
	✓ Producción Termo-eléctrica	Wattios	Multímetro	Medición
	✓ Disponibilidad del desempeño de calidad	%	Cálculos	Ecuaciones

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Tabla 5: Operacionalización de la variable dependiente: Incremento de generación energética.

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	ÍTEMS
Concepto.- Proceso eléctrico mediante el cual se satisface la necesidad de obtener el potencial requerido.	✓ Parámetros de diseño del sistema híbrido	°C Bares Watios	Software de aplicación (HOMER PRO)	Tabla de datos
	✓ Prefactibilidad	Costos (\$)	Formula	Cálculos

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

2.3. Metodología para el diseño del sistema de cogeneración eléctrica

2.3.1 Características del sistema de cogeneración eléctrica existente

La biomasa, en términos energéticos, es usada como energía renovable, como es el caso de la palma africana (*elaeis guineensis*) el rendimiento energético mundial es muy alto equivalente a un valor de 156 miles de MJ. En el Ecuador existen un promedio de 210000 has de este tipo de sembríos. (MEER, 2017). (Ver Figura 13).

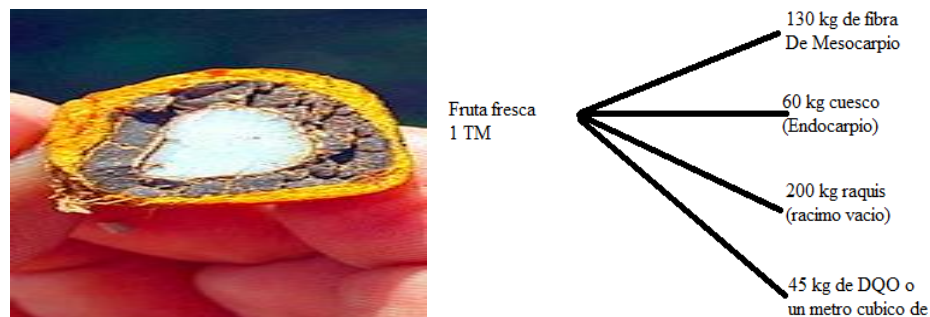


Figura 13: Capacidad de obtención por tonelada de fruta fresca procesada

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Más de la mitad de la generación eléctrica producida en el mundo en la actualidad es térmica por tal razón han creado proyectos de mini generación en plantaciones como la de palma africana con potencias instaladas menores a 1 MW, experimentando principalmente en las provincias que presentan clima tropical.

Palma Oriente S.A., hoy Palmar del Río inicia su actividad palmera en el año de 1979 con una siembra gradual hasta 1998 de 10.000 has plantadas, se encuentra ubicada en la región amazónica ecuatoriana, Provincia de Orellana, por lo cual se toma como objeto de estudio a esta empresa ya que la generación de energía eléctrica y térmica se utiliza para el procesamiento de la extracción del aceite. (Ver Figura 14).



Figura 14: Planta extractora de aceite de palma
Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

2.3.2 Descripción del Proceso

La planta extractora de aceite de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana, cuenta con una central termoeléctrica a vapor que es una instalación industrial en la que la energía de química del combustible se transforma en energía calorífica para producir vapor, esto se conduce a una turbina donde la energía cinética se convierte en energía mecánica la que se trasmite al generador para producir energía eléctrica.

Los principales componentes de un sistema de vapor industrial son:

Generación:

- ✓ Calderas
- ✓ Auxiliares de las calderas (ventiladores de tiro forzado e inducido, controles, etc)
- ✓ Economizadores
- ✓ Precalentadores de aire
- ✓ Equipos de tratamiento de agua
- ✓ Desgasificador
- ✓ Bombas de agua de alimentación
- ✓ Equipo de almacenamiento y manipulación de combustible

Distribución

- ✓ Tuberías de vapor
- ✓ Estaciones de alivio de presión (válvulas)
- ✓ Ramales de purga
- ✓ Acumuladores de vapor
- ✓ Desobrecalentadores

Usos finales y/o cogeneración

- ✓ Intercambiadores de calor
- ✓ Columnas de separación
- ✓ Evaporadores
- ✓ Tanques de cocción
- ✓ Secadoras
- ✓ Equipo de calentamiento por proceso de inyección de vapor vivo
- ✓ Turbinas de vapor

Recuperación de condensado

- ✓ Trampas de vapor
- ✓ Tanques de recopilación de condensado
- ✓ Bombas de condensado
- ✓ Tuberías de condensado

Capacidad Instalada.- Con la cosecha de los racimos (raquis) o denominados frutos, empieza el proceso para obtener la biomasa que se aprovechara como combustible para la extracción de aceite. La planta está diseñada para 40 ton/hora con la posibilidad de ampliar a 60 ton/hora para la cogeneración de energía eléctrica y térmica, actualmente están llegando a los índices operacionales de 24 a 32 ton/hora y extracciones de 19,61% de aceite 1.26 % de extracción de aceite de palmiste. (Ver Figura 15).



Figura 15: Racimos o fruta de palma africana
Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Sección Recepción.- Mediante camiones y maquinaria pesada la fruta es llevada a los patios de la planta extractora para ser procesada, la sección recepción cuenta con lo siguiente. (Ver Figura 17):

- ✓ Una báscula de recepción y despacho con capacidad para 60ton.
- ✓ Pesaje mediante sensores electrónicos.
- ✓ Un computador central,
- ✓ Dos puentes basculantes para levantar camiones de hasta 15 ton.
- ✓ Tres tolvas de almacenamiento de frutos de 4 ton de capacidad,
- ✓ Ochenta canastas de almacenamiento de fruto con capacidad para 2,6 ton.
- ✓ Dos montacargas Toyota de 8 ton de capacidad dos operando y un tractor de apoyo y una cargadora Frontal Caterpillar 966C.



Figura 16: Sección Recepción y Almacenamiento de fruta
Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Sección Esterilización.- El proceso empieza con la colocación de la fruta en las tolvas para su esterilización, para aumentar la eficiencia de separación del aceite del fruto se somete a un proceso de digestión que consiste en aplicar vapor a 45 psi. (Ver Figura 17).



Figura 17: Colocación de frutos en las tolvas
Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Esterilización de la fruta.- Para el proceso de esterilización cuenta con la siguiente maquinaria. (Ver Figura 18):

- ✓ Una autoclave, que trabaja a una presión de 45psi, con una capacidad de 5 ton.
- ✓ Tres esterilizadores.
- ✓ Un tren de nueve canastas cada uno 23.4 ton/esterilizador.
- ✓ Sistema de conducción férreo con cambia vías para cada esterilizador, en estado regular.
- ✓ Veinte y siete chasis para conducción de las canastas.



Figura 18: Esterilización de la fruta en la autoclave
Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)}

Sección Desfrutado.- Para aumentar la eficiencia de separación del aceite del fruto se somete a un proceso de digestión que consiste en separar la fruta del racimó y a un proceso de prensado el cual produce dos componentes el sólido (semilla y fibras) y el líquido (agua, lodo). Esta sección cuenta con la siguiente maquinaria. (Ver Figura 19):

- ✓ Dos grúas Demag para subir las canastas de fruto cocido.
- ✓ Una Tolva de fruto cocido con capacidad para 32 Ton/hora.
- ✓ Tambor desfrutador modelo AVM con capacidad para 32 Ton/hora.
- ✓ Banda transportadora de tusas.
- ✓ Elevador vertical de frutos sueltos para 32 ton/hora con mono cadena Gen Mill.



Figura 19: Sección Desfrutado

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Sección Palmisteria.- La mezcla solida es tratada con el objeto de separar la fibra y se enviara a la caldera por medio de un tornillo sin fin, la extracción del aceite se la envía a un tanque pulmón de almacenamiento de jugo crudo, con sus respectivas motobombas centrífugas, luego es pasado el aceite aun proceso de clarificación y almacenado en tres tanques de aceite rojo de palma con sus respectivos serpentines de calentamiento y dispositivos de nivel, con una capacidad de 1000 ton. (Ver Figura 20).



Figura 20: Sección Palmisteria

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Sección Generación de Vapor.- Esta sección cuenta con la siguiente maquinaria:

- ✓ Un sistema de transporte y exceso de combustible.
- ✓ Tres calderas una en buen estado y dos en reparación.
- ✓ El combustible empleado por las calderas son los desechos (fibras y cáscaras).
- ✓ Sistema de control de operación de alimentación de combustible y agua automática, mediante PLC y centro de cómputo.
- ✓ Dos sistema de tratamiento de agua, mediante resinas de intercambio catiónico con sus respectivas bombas.
- ✓ Balón desaireador de 20m³ de capacidad.
- ✓ Balón distribuidor de vapor gobernado por una válvula automática de regulación de presión.

Calderas.- Cuentan con tres calderas que principalmente, queman el racimo vacío o raquis., la fibra de palma y el cuesco sustituye al combustible convencional. Son calderas robustas, cuya tecnología ya ha sido comprobada; diseñada para la generación de vapor mediante el uso de un combustible sólido con un contenido de humedad de hasta el 55%. (Ver Figura 21).



Figura 21: Caldera en actividad

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

La caldera cuenta con un horno incinerador, con una parrilla móvil refrigerada por agua, este sistema único de quemado de biomasa permite alcanzar una combustión ideal, a la vez que minimiza las emisiones de gases, garantizando niveles de concentración de gases de combustión muy bajos, con lo cual se garantiza automáticamente el cumplimiento de las normas establecidas para la emisión de gases. (Ver Figura 22).



Figura 22: Quemado de la biomasa en el horno

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Válvulas.- Todas las válvulas y accesorios para los circuitos, griferías, purgadores, vidrios, anillos de fijación y de suspensión, piezas de dilatación, etc. (Ver Figura 23, 24).

a) Partes del Sistema:



Figura 23: Las tuberías de vapor y de agua fría.

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)



Figura 24: Las tuberías de agua caliente y agua condensada

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Las tuberías de purga de escape de vapor. (Ver Figura 25).



Figura 25: Tuberías de aceite, diésel y purga de escape

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Sección Generación de Energía.- Esta sección cuenta con la siguiente maquinaria:

- ✓ Un Surtidor de combustible con su respectivo reservorio para 10.000 galones.
- ✓ Un grupo Electrónico Cummins Onan de 350 KW en buen estado.
- ✓ Una turbina de vapor marca KKK de 640 KW.
- ✓ Tablero de control con sincronismo y banco de condensadores, subestación de distribución de 13000 Voltios.

Turbina.- Todo el vapor producido será utilizado en los diferentes procesos de elaboración y obtención del aceite, además de lo que resta de este vapor se utilizara para generar electricidad, igual de una termoeléctrica convencional. La turbina es de cascara simple, con un reductor para acondicionamiento de un generador prefabricado, incluyendo los alabes, con una presión de salida de hasta 22 Bares. (Ver Figura 26).



Figura 26: Turbina de vapor
Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Generador Eléctrico.- La central de generación eléctrica no convencional permite alcanzar una potencia eléctrica de hasta 670 KW, el generador eléctrico es síncrono, de ciclo de trabajo continuo, corriente en campo de hasta 945 KW, con un rendimiento de un 97,3%. (Ver Figura 27).



Figura 27: Generador eléctrico
Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

2.3.3 Herramientas de Diseño

El diseño de sistemas híbridos debe realizarse de forma específica según los casos que se pretende resolver, hay una diversidad de herramientas de simulación de libre distribución que pueden ser de utilidad dimensionando y proporcionando mayor o menor nivel de detalle en los resultados, las herramientas de software, se pueden clasificar en diferentes categorías como:

- ✓ Dimensionado
- ✓ Simulación
- ✓ Investigación
- ✓ Diseño de mini redes

La simulación de sistemas híbridos, en el software de diseño requiere de una investigación experimental, por los costos en la implementación o experimentación en campo. Para el diseño se utilizara el software HOMER Pro, por sus siglas en inglés significa Optimización de Híbridos de Renovables Eléctricos Múltiples es un modelo de optimización de micro energía. (Ver Figura 28).

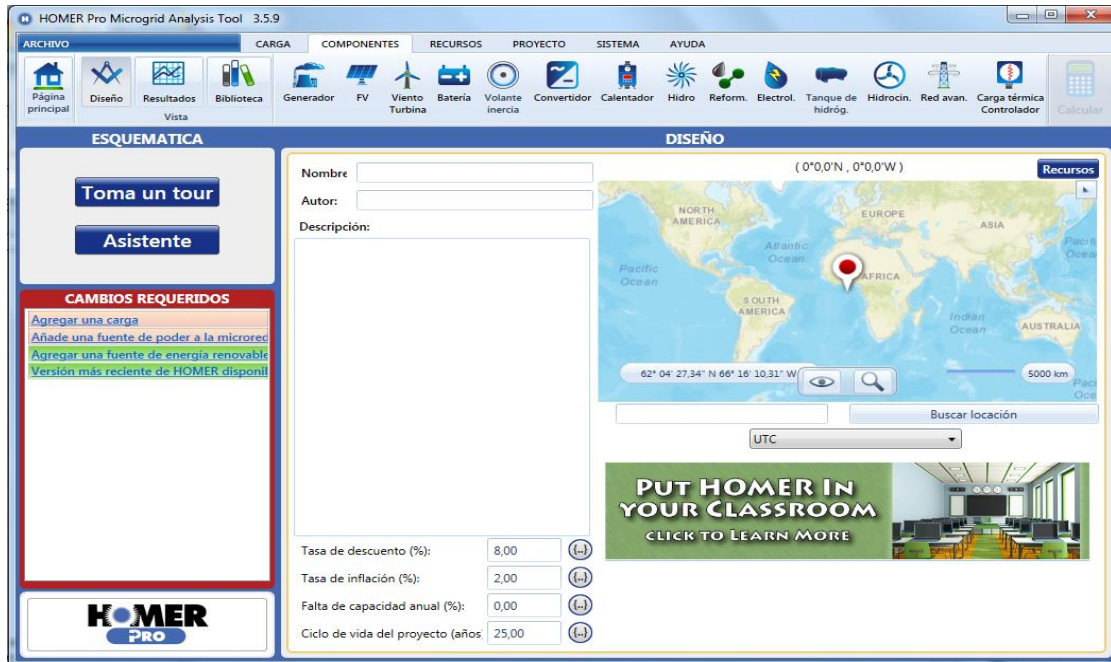


Figura 28: Pantalla de inicio de HOMER Pro
Fuente: Software HOMER Pro (2017)

Se trata de simplificar la tarea de evaluar diseños de sistemas de energía, tanto conectados a la red como fuera de ella, así como para una variedad de aplicaciones. Cuando se diseña un sistema de producción de energía deben tomarse muchas decisiones respecto a la configuración del sistema:

- ✓ Los componentes que debería incluir el diseño del sistema.
- ✓ Cuántos y de qué tamaño deben ser los componentes que se usen.
- ✓ Variedad de opciones tecnológicas
- ✓ Variaciones en los costos de tecnología.
- ✓ Disponibilidad de los recursos energéticos
- ✓ Dificultan en tomar decisiones.

Los algoritmos de análisis de sensibilidad y optimización de HOMER Pro ayudan a probar todas las configuraciones posibles del sistema esto se refiere a las combinaciones de tecnologías y componentes de una instalación de generación de energía. Los términos tipo de sistema y configuración del sistema poseen diferentes significados, a continuación se describen:

Tipo de sistema.- Un tipo de sistema es una combinación de tecnologías, por ejemplo, viento/diésel/batería que describe un tipo de sistema que incluye aerogeneradores, generadores diésel y baterías.

Configuración del sistema.- HOMER Pro se encarga de simular configuraciones del sistema, busca un tipo de sistema óptimo, suele evaluar cientos o miles de configuraciones de sistemas, Posteriormente despliega una lista de configuraciones del sistema en la tabla de resultados generales de optimización, así como la configuración más rentable para cada tipo de sistema, el cual aparece en la tabla de resultados categorizados de optimización.

Una configuración del sistema es una combinación de números y tamaños particulares de componentes, por ejemplo: un sistema con un aerogenerador genérico de 10kW, un generador diésel de 15kW, 32 baterías y un inversor de 6 kW, que describen una configuración del tipo de sistema viento/diésel/baterías, el mismo tipo de sistema pero con 48 baterías corresponde a una configuración de sistema diferente.

Uso del software HOMER PRO

Para usar HOMER Pro se debe proporcionar información al modelo datos de entrada, mismos que describen las opciones tecnológicas, los costos de los componentes y la disponibilidad de los recursos, emplea estos datos de entrada para simular diferentes configuraciones del sistema o combinaciones de componentes, y genera resultados que usted podrá encontrar en una lista de configuraciones factibles, todas ordenadas según su costo actual neto

Los cambios de factores como disponibilidad de recursos y condiciones económicas pueden afectar sobre la efectividad de costos de los diferentes sistemas de información, puede usar el modelo para hacer un análisis de sensibilidad, de cada configuración de sistema basado en este rango de valores. HOMER Pro simula el funcionamiento de un sistema mediante la elaboración de cálculos de balance de energía para cada una de las fases de simulación del año, para cada

fase, compara la demanda térmica y eléctrica con la energía que el sistema puede proporcionar durante la misma fase.

Después calcula los flujos de energía que van y vienen desde cada uno de los componentes del sistema, en el caso de sistemas que incluyen baterías o generadores que funcionan a base de combustible, HOMER Pro también decide que para cada fase de simulación, cómo va a operar los generadores y si debe cargar o descargar las baterías.

Lleva a cabo estos cálculos de balance de energía en cada configuración del sistema que quiera considerar, después de los cálculos, determina si la configuración es factible o no es decir, si puede o no satisfacer la demanda eléctrica bajo las condiciones especificadas, y estima el costo que tendrá la instalación y la operación del sistema durante el ciclo de vida del proyecto.

Los cálculos de costos del sistema, contabilizan los costos de inversión, de reemplazo, de operación y mantenimiento; así como del combustible de interés. Cuando se define las variables de sensibilidad como datos de entrada, HOMER Pro repite el proceso de optimización para cada una de las variables que ha especificado.

Se puede usar los resultados de un análisis de sensibilidad para identificar los factores que tienen un impacto más grande en el diseño y la operación de un sistema de producción de energía. También puede hacer uso de los resultados del análisis de sensibilidad de HOMER para contestar preguntas sobre opciones de tecnologías, planeación de informes y decisiones en políticas.

Diagrama.- A lo largo de la simulación el diagrama de series temporales grafica cierto número de variables del modelo.

Diagrama de dispersión.- El diagrama de dispersión le permite trazar una gráfica que compare diferentes variables, este tipo de diagrama con frecuencia ayuda comprender como opera el sistema. Por ejemplo, hacer una gráfica de la potencia de salida de diésel y el estado de

la batería puede revelar que el diésel sólo funciona cuando la batería está en su nivel mínimo de carga o cerca de éste.

Diagrama delta.- El diagrama delta muestra la frecuencia de los cambios en cualquier variable durante un lapso de tiempo. Escoja una variable del cuadro desplegable y determine el lapso de tiempo mediante el control deslizante.

Tabla.- La tabla muestra toda la información de las series temporales generadas en la simulación de cada fase de simulación.

Exportar.- La función Exportar manda toda la información de las series temporales desde la simulación seleccionada hasta un archivo csv. Se le solicitará que indique la ubicación y el nombre del archivo de salida.

La ventana de Resultados de simulación contiene las siguientes pestañas si el equipo está incluido:

- ✓ La pestaña Aerogenerador muestra detalles sobre el funcionamiento de la turbina eólica.
- ✓ La pestaña Generador muestra detalles sobre el funcionamiento del generador.
- ✓ La pestaña de Resumen de combustible proporciona un resumen del uso de combustible para cada uno de los tipos de combustible empleados en el modelo.
- ✓ La pestaña Batería muestra detalles sobre el uso y la expectativa de vida útil de la batería.
- ✓ La pestaña Red muestra detalles sobre las compras y ventas a la red, informa si el sistema está conectado a la red; o, si está considerando extender la red, proporciona información acerca de la extensión uniforme de red.
- ✓ La pestaña Convertidor muestra detalles sobre el funcionamiento del inversor y rectificador, incluyendo capacidad, entrada y salida eléctrica, horas de operación y pérdidas.

- ✓ La pestaña Térmico muestra los detalles sobre la producción y consumo de energía del sistema.
- ✓ La pestaña Controlador de carga térmica muestra detalles sobre la producción de calor del componente controlador de carga térmica.
- ✓ La pestaña Calentador muestra detalles sobre el funcionamiento del calentador. Los sistemas con cargas térmicas siempre incluirán calentadores.
- ✓ La pestaña Hidro muestra detalles sobre el funcionamiento de la turbina hidráulica.
- ✓ La pestaña Hidrocinético muestra sobre la operación del componente hidrocinético.
- ✓ La pestaña Hidrógeno muestra detalles sobre el funcionamiento de los componentes del sistema relacionados a este elemento.
- ✓ La pestaña Tanque de hidrógeno muestra detalles sobre el funcionamiento del tanque de hidrógeno.
- ✓ La pestaña Electrolizador muestra detalles sobre el funcionamiento del electrolizador.
- ✓ La pestaña Reformador muestra detalles sobre el funcionamiento del reformador.

La ventana de Resultados de simulación siempre contiene las siguientes pestañas:

- ✓ La pestaña de Resumen de costos muestra el flujo de efectivo total, el cual se puede clasificar por componentes o por tipo de costos.
- ✓ La pestaña de Flujo de efectivo muestra los flujos de efectivo año con año en un formato gráfico que se puede personalizar.
- ✓ La pestaña Eléctrico muestra detalles de la producción y el consumo de electricidad del sistema.
- ✓ La pestaña de Emisiones muestra los contaminantes emitidos anualmente por el sistema.
- ✓ El botón de Series temporales de datos le permite analizar aquellas variables que HOMER almacena para cada fase de la simulación. Los botones para el análisis de las series temporales son: Gráfica, Gráfica de dispersión, Diagrama delta, Tabla y Exportar.

- ✓ El botón Reportar le permite imprimir un reporte con información básica del sistema; puede compartir fácilmente sus resultados de simulación con otros de capacidad, HOMER podría elegir instalar un equipo más pequeño y menos costoso, el cual sería capaz de satisfacer toda la carga excepto el pico antes mencionado

Los botones radiales encima de la tabla de Resultados de Optimización dejan filtrar la lista de sistemas factibles de acuerdo al tipo de sistema: En General y Categorizado, explicado abajo.

En General

Si se elige utilizar los resultados generales, HOMER Pro muestra las configuraciones ganadoras de acuerdo al costo presente neto, se observan cuidadosamente, los números debajo de la sección de arquitectura que indican la presencia de cada tipo de componente bajo consideración.

A la derecha hay varias columnas que indican varios valores resumidos originarios de los resultados de simulación del sistema más económico, como el costo capital inicial, el costo de operación, y el costo presente neto total.

Un análisis de sensibilidad puede arrojar una cantidad enorme de datos de salida, en cada simulación se producen varias docenas de resúmenes (como el consumo anual de combustible y el costo de inversión total), así mismo, un análisis de sensibilidad puede involucrar fácilmente cientos de casos de sensibilidad. Las capacidades de representación gráfica y tabular de HOMER están diseñadas con el fin de permitir un análisis eficiente de los datos.

Tabular

Los resultados de sensibilidad tabular conforman una lista que muestra el sistema de menor costo para cada caso de sensibilidad. Se muestra el precio de combustible diésel y la velocidad del viento, las siguientes cinco columnas contienen valores que indican la presencia y el tamaño

de los cinco componentes sujetos a consideración en el sistema de menor costo, contienen valores sumarios sacados de los resultados de simulación del sistema de menor costo, incluyen: el costo de inversión, el costo de operación y el costo actual neto total.

Costos

El cuadro de Costos incluye el costo de inversión inicial, el costo de reemplazo del generador, así como los costos anuales de operación y mantenimiento (O&M). Cuando especifique los costos de inversión y reemplazo, recuerde contabilizar todos los costos asociados con el generador, incluyendo el de instalación.

Note que el costo de inversión es el precio de compra inicial, el costo de reemplazo es el costo de reemplazar el generador al final de su vida útil, mientras que el costo de O&M es el costo anual de operar y dar mantenimiento al generador. Los costos de cada fila deben corresponder al tamaño ingresado en la primera columna.

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se analizan los resultados obtenidos de la investigación en la planta extractora de aceite de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana durante el año 2015.

3.1. Diagnóstico Energético

3.1.1 Análisis termodinámico comparativo

El análisis energético que se ha realizado con el personal de mantenimiento de la planta extractora de aceite se basa en el mejoramiento del flujo másico de vapor estable, con ajustes de cargas. Para comenzar con el análisis termodinámico se presenta un diagrama de la planta extractora con la red eléctrica y de vapor. (Ver Figura 29).

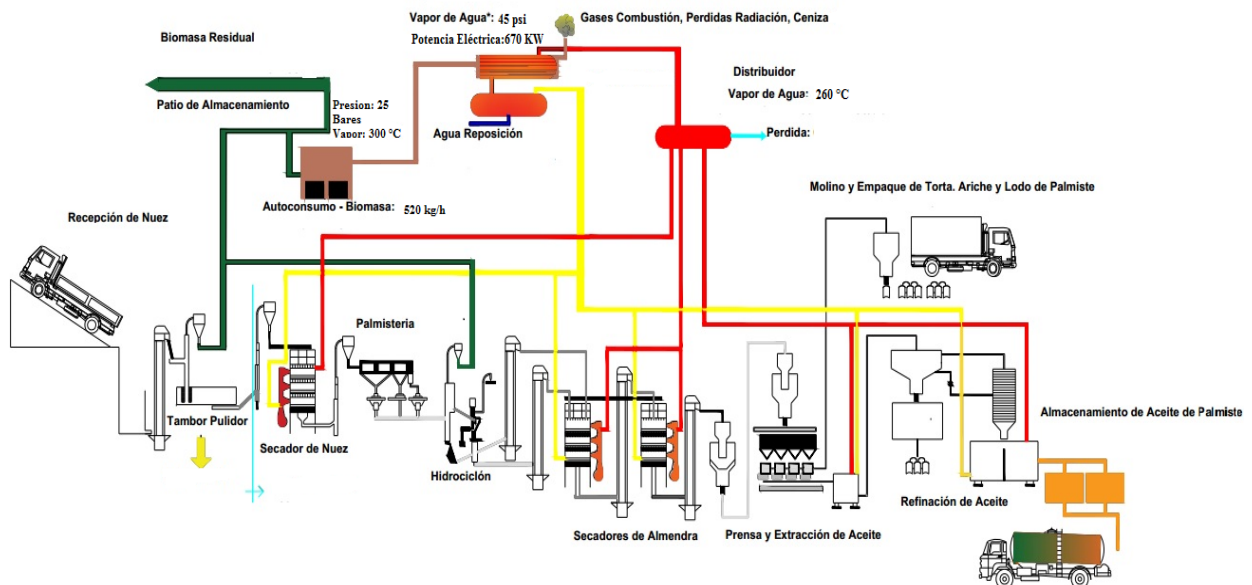


Figura 29: Diagrama de la red eléctrica y vapor

Fuente: Empresa Palmar del Rio (2017)

En la Tabla 6, se muestran las características de las calderas que en la actualidad solo una ellas se encuentran operando, para este análisis se trata de elevar mediante cargas ajustables y subir el potencial eléctrico.

Tabla 6: Características técnicas de las calderas

CALDERAS	CARACTERISTICAS
Tipo	3 Acuatubular
Marca	Duray (Bélgica)
Número	Tres (3)
Carga continua máxima	8 Ton. vapor/hora
Carga máxima de punta	+ 10% de la carga continúa máxima.
Presión:	
Cálculo	26 bares
Trabajo	25 bares
Condición del vapor	Recalentado, 280 °C hasta 300° C.
Combustible	Fibras y cáscaras.
Potencia instalada:	
Desechos combustibles	1,5 KW
Ventilador de aire primario	7,5 KW
Ventilador de distribución	4 KW
Ventilador de tiro	22 KW

Elaborado por: Palmar del Rio (2017)

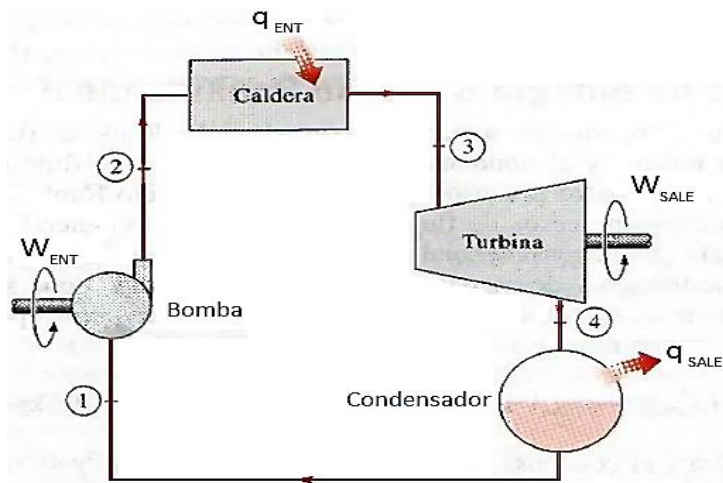
Para la comparación de eficiencias de uso, para el ciclo ideal, se considera el estado estable y flujo estable (flujo másico constante), y con las siguientes condiciones de trabajo del caldero que se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7: Condiciones de trabajo del caldero

CONDICIONES DE TRABAJO DEL CALDERO	
Flujo másico de vapor:	$0,65 \frac{kg_{VAPOR}}{s}$
Condiciones de salida:	Vapor sobrecalentado Presión = 2 MPa, Temperatura = 300 °C Caudal entrada = 0,09 m ³ /s Veloc. de entrada = 50 m/s Área de entrada = 18 cm ² (Φ = 2 plg)

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

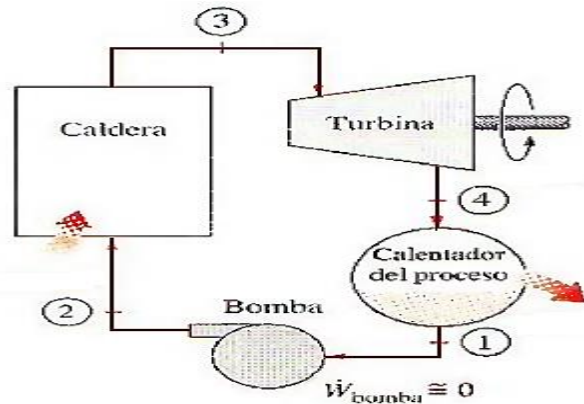
Central eléctrica de vapor.- Consiste en calentar agua en una caldera hasta evaporarla y elevar la presión del vapor. Este será llevado a una turbina donde produce energía cinética a costa de perder presión. Su camino continúa a un condensador donde lo que queda de vapor pasa a estado líquido, para poder entrar a una bomba que le subirá la presión para nuevamente introducirlo a la caldera el análisis se basa en el ciclo Rankine. (Ver Figura 30).



$$\epsilon_U = \frac{\dot{W}_{NETO}}{\dot{Q}_{ENTRA}}$$

Figura 30: Central eléctrica de vapor
Fuente: Ciclos de potencia de vapor (Cosme, 2014)

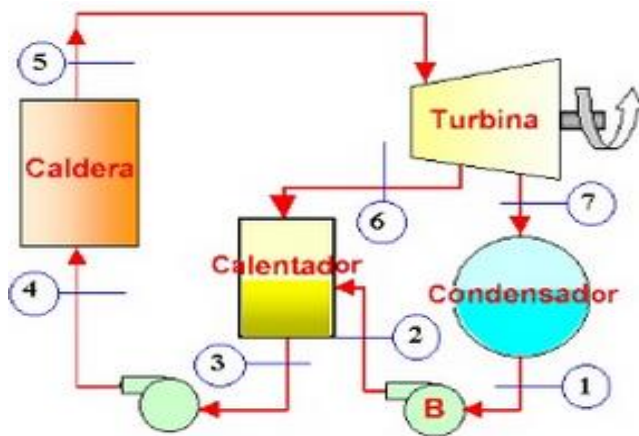
Central simple de cogeneración.- Todo el vapor que sale de las calderas se dirige a la turbina de vapor que trabaja con una presión de 2200 kPa y una temperatura de vapor de 260 °C. Esta turbina alimenta al alternador y genera una potencia eléctrica de 620 KW. La fibra de palma y el cuesco sustituye al combustible convencional. (Ver Figura 31).



$$\epsilon_U = \frac{\dot{W}_{NETO} + \dot{Q}_{PROCESO}}{\dot{Q}_{ENTRA}}$$

Figura 31: Central eléctrica de cogeneración simple.
Fuente: Ciclos de potencia de vapor (Cosme, 2014).

Este ciclo consiste en extraer parte del vapor expandido en la turbina y utilizarlo para suministrar calor al fluido de trabajo aumentando su temperatura antes de pasar para la caldera a una presión determinada. (Ver Figura 32).



$$\epsilon_U = \frac{\dot{W}_{NETO} + \dot{Q}_{PROCESO}}{\dot{Q}_{ENTRA}}$$

Figura 32: Central eléctrica de cogeneración con cargas ajustables.
Fuente: Ciclos de potencia de vapor (Cosme, 2014).

Este modelo usa un calentador cerrado es decir no se mezclan las corrientes que entran, el agua de alimentacion circula por el interior de los tubos que pasan por el caalentador y el vapor extraido de la turbina para precalentar el agua se condensa sobre los tubos. (Ver Figura 33).

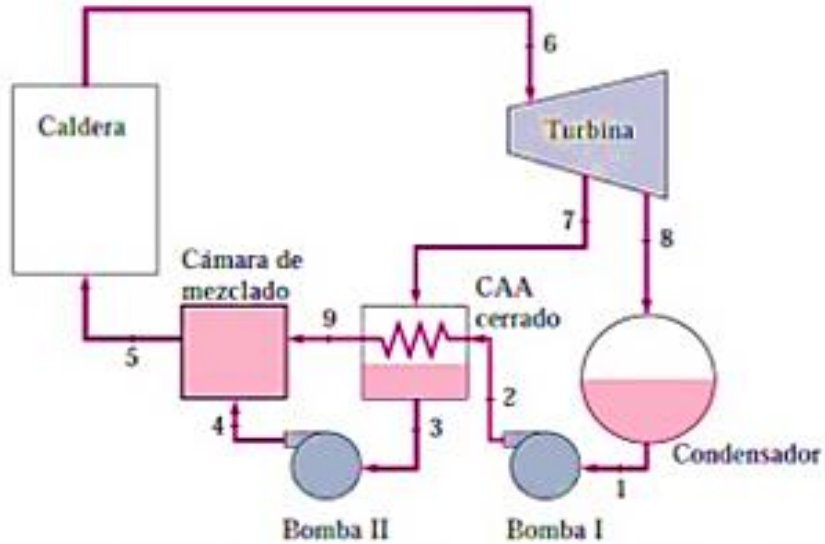


Figura 33: Modelamiento de la planta extractora con cargas ajustables.
Fuente: Ciclos de potencia de vapor (Cosme, 2014).

Eficiencia de uso para la cogeneración de energía

Análisis: La central de cogeneración con cargas ajustables, mediante el control de la extracción de masa de vapor antes y en la etapa intermedia de la turbina, permite a la planta extractora, eficiencias de uso mucho mayores que la central eléctrica simple de vapor (mayores que 35%), así también aprovechar en proporciones exactas el calor de proceso según los requerimientos (hasta 1,6 MW), y produciendo energía eléctrica (hasta 0,6 MW). se muestran estos datos en la Tabla 8.

$$\varepsilon_U = \frac{\dot{W}_{NETO} + \dot{Q}_{PROCESO}}{\dot{Q}_{ENTRA}}$$

Tabla 8: Eficiencia de cargas

Tipo de Central	\dot{Q}_{PROC} (MW)	\dot{W}_{NETO} (MW)	\dot{Q}_{CONDENS} (MW)	\dot{Q}_{ENTRA} (MW)	ϵ_U (%)
Central eléctrica simple de vapor $\dot{m}_{\text{VAP,TURB}} = 0,65 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$	0	0,7	1,25	1,95	35
Planta simple con calentamiento de proceso $\dot{m}_{\text{VAP,PROC}} = 0,65 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$	1,6	0	0	1,6	100
Central simple de cogeneración $\dot{m}_{\text{VAP,PROC}} = \dot{m}_{\text{VAP,TURB}} = 0,65 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$	1,25	0,7	0	1,95	100
Central de cogeneración con cargas ajustables $\dot{m}_{\text{EXTR. ANTES TURB.}} = 0,065 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$ $\dot{m}_{\text{EXTR. PROC}} = 0,455 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$	1,12	0,32	0,25	1,7	8

Elaborado por: Empresa Palmar del Río (2017)

Eficiencias globales para la central de cogeneración con cargas ajustables.

Para determinar la eficiencia global o de planta, debe considerarse además de la eficiencia de uso (basada en la eficiencia térmica del ciclo), aquellas eficiencias relacionadas con: combustión en el caldero y conversión de energía en el generador, esto puede representarse usando diagramas de bloque, como se muestra a continuación. (Ver Figura 34).

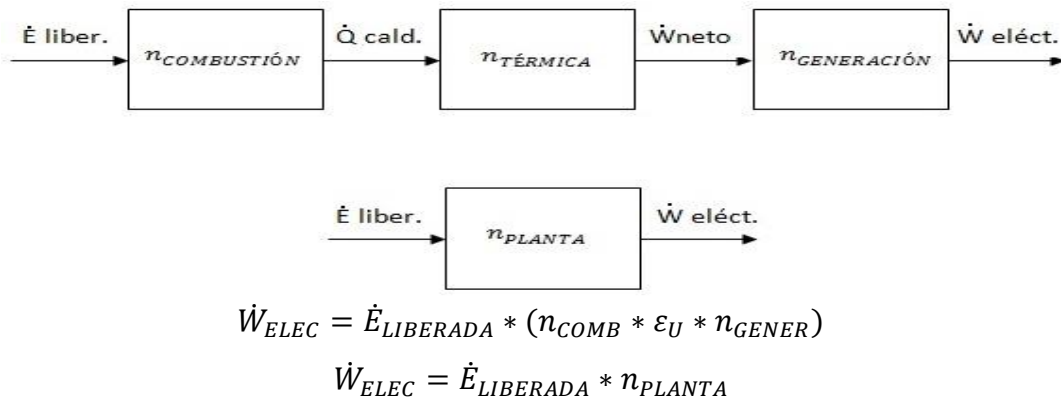


Figura 34: Diagrama de bloques de la generación eléctrica
Elaborado por: Empresa Palmar del Rio (2017)

Análisis. Es decir, para el caso anterior con una eficiencia de uso de 85%, el considerar eficiencias de combustión de 75% y de generación de 96%, representa una eficiencia global de aproximadamente 61% (disminución de 24%).

Determinación de consumos de combustible (biomasa residual de palma africana).

A continuación se presentan valores de propiedades para diferentes tipos de biomasa residual, según el análisis del laboratorio químico de la empresa, como se muestra en la Tabla 9:

Tabla 9: Poder Calorífico

Producto Biomasa	Porcentaje de humedad (%)	Poder calorífico (Kcal/Kg)
Fibra de palmiste de palma africana	77,6	4368
Cascarilla de arroz	30,3	3294
Fibra de pulpa de palma africana	23,3	4100
Raquis de palma africana	16,6	4522
Caña de azúcar	30	4500

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

De los residuos mencionados, el raquis de palma africana resulta muy eficiente por tener bajo porcentaje de humedad y alto poder calorífico.

Para una eficiencia global de aproximadamente 61%, y producir 1440 KW (320 KW de potencia energía eléctrica y 1120 KW de potencia térmica), se requeriría una potencia térmica de aproximadamente 2360 KW, esto requiere una tasa de combustible de aproximadamente:

$$\begin{aligned} \textit{Tasa de combustible} &= 2360 \frac{\text{KJ}}{\text{s}} \left| \frac{\text{Kg}}{4522 \text{ Kcal}} \right| \left| \frac{\text{cal}}{4,184\text{J}} \right| \\ &= 0,125 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} = 450 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \end{aligned}$$

Considerando una humedad de 16,6% para raquis de palma africana, se requiere la siguiente tasa de biomasa.

$$\textit{Tasa de biomasa requerida} = 520 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

Ya que planta extractora contó hasta 2008 con 10.000 Ha plantadas, y que por cada una se generan alrededor de 25 Ton de desecho, se tendría la siguiente reserva para funcionamiento:

$$\textit{Reserva} = \frac{10000 \text{ Ha} \left| \frac{25\text{Ton}}{\text{Ha}} \right|}{0,520 \frac{\text{Ton}}{\text{h}} \left| \frac{24\text{h}}{\text{dia}} \right| \left| \frac{365 \text{ días}}{\text{año}} \right|} = 54 \text{ años}$$

La inversión requerida para una central de generación eléctrica con biomasa de 700 KW, es de aproximadamente:

$$\textit{Inversión} = 700 \text{ KW} \left| \frac{\$ 1120}{\text{KW}} \right| = \$ 784000$$

Análisis: Los resultados para incrementar la eficiencia energética se concluye que con el funcionamiento de una caldera con cargas ajustables no se obtiene la eficiencia energética requerida es decir solo el 61%, con un costo de \$784000 dólares de inversión.

Las otras dos calderas se encuentran en estado de parada, y requieren de inversión en el mantenimiento e inversión en estudios para aplicación de otras formas de energía que ayuden a solventar el déficit energético, la solución más viable es la aplicación de un sistema híbrido.

Situación actual técnica y económica de la planta extractora.

Con la investigación de campo y la documentación de mediciones tomadas anteriormente con equipos de instrumentación de medida que realizó el Jefe de mantenimiento concluyo que como diagnóstico, los valores a los que trabaja y genera electricidad la planta extractora son los siguientes:

El vapor que sale de las calderas se dirige a la turbina de vapor que trabaja con una presión de 22 bares y una temperatura de vapor de 260 °C, con una eficiencia de generación de vapor en la caldera de 9,334% con un costo de energía de \$1181,93377 \$/año, un costo operativo por combustible de \$12709,008 \$/año esta turbina alimenta a un alternador y genera una potencia eléctrica de 670 KW.

La situación económica de la planta extractora actualmente se resume según la Tabla 10.

Tabla 10: Costos de Operación de la Cogeneración de Energía Eléctrica.

	COSTO INVERSION	2014	2015	2016	2017
CALDERA DURAY N°3					
MANTENIMIENTO		\$72.548,89	\$109.226,65	\$184.556,33	\$184.556,33
MANO DE OBRA	\$70.200,00	\$70.200,00	\$73.710,00	\$77.395,50	\$81.265,28
TRATAMIENTO DE AGUA	\$89.781,12	\$89.781,12	\$94.270,18	\$94.270,18	\$98.983,68
Costo Evacuación Desechos		\$42.000,00	\$47.880,00	\$50.400,00	\$54.600,00
TOTAL CALDERA	\$159.981,12	\$274.530,01	\$325.086,82	\$406.622,01	\$419.405,29
GRUPO ELEC (350 KW)					
COMBUSTIBLES	\$52.416,00	\$52.416,00	\$52.416,00	\$52.416,00	\$52.416,00
SERVICIO TECNICO	\$4.100,00	\$4.100,00	\$4.305,00	\$4.305,00	\$4.520,25
REPARACIÓN				\$40.000,00	
TOTAL ENERGIA (KW)	2.246.400,00	2.246.400,0	2.246.400,0	2.246.400,0	
TOTAL GRUPO	\$56.516,00	\$56.516,00	\$56.721,00	\$44.305,00	\$4.520,25
TOTAL caldera + Grupo + Evacuación desechos		\$331.046,01	\$381.807,82	\$450.927,01	\$984.027,94
COSTO POR KW		0,15	0,17	0,20	0,44

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Análisis: Los resultados de los costos de generación eléctrica se van incrementando por el costo de mano de obra, mantenimiento de las calderas y reparación de equipos, hasta el 2017 el costo por KW/hora es \$0,44 centavos de dólar, lo que origina una subida de casi el 300% en el costo del KW/hora.

3.2. Características del sistema híbrido eléctrico

Para la implementación de un sistema híbrido en la planta extractora de aceite de una empresa agroindustrial de palma africana en la ciudad de San Francisco de Orellana, como principales características tenemos:

- ✓ Usan dos o más fuentes de energía.
- ✓ Robustez.
- ✓ Mejora de la eficiencia eléctrica del sistema y aumento en la solución de problemas.
- ✓ Los programas o aplicaciones que se utilizan, no son en sí, el sistema de información.
- ✓ Presentan tendencia a homogenizar procesos con el fin de generar mayor productividad energética.
- ✓ Con un sistema híbrido, puede usar los diferentes tipos de fuentes de energía para crear un sistema que se ajuste a las necesidades.
- ✓ Reducir el tiempo de implementación del sistema de cogeneración así como los costos al combinar los instrumentos ya existentes con múltiples tipos de energía para prevenir la necesidad.

Consideraciones para implementar el sistema híbrido

Debido a la situación geográfica donde se encuentra ubicada la planta extractora de aceite se tomarán las siguientes consideraciones para la implementación de tecnológica según su tipo:

Sistema fotovoltaico.- La planta extractora se encuentra ubicada en la región amazónica del Ecuador, su clima es cálido- húmedo, por lo cual la existencias de lluvias son abundantes y los

días nublados son muchos, esto hace que para la implementación un sistema fotovoltaico sea ineficiente para la producción de energía eléctrica, con paradas en las calderas de hasta días.

Sistema eólico.- Para la implementación de un sistema eólico por el clima cálido la fuerza del viento es escasa por lo cual es nula la posibilidad de un sistema eólico en esta zona.

Sistemas hidráulicos.- Esta energía es la más barata, que el precio promedio de la energía térmica, a más del beneficio ambiental que con lleva la implementación de estos proyectos, por ser energía limpia. Actualmente en Ecuador se ha culminado la construcción de: obras civiles, montaje de equipamiento electromecánico y línea de transmisión, convirtiéndose en un hito de innovación tecnológica en el país.

Debido a la implementación de los nuevos proyectos hidráulicos la posibilidad que la planta extractora se una al suministro energético nacional, con un tendido eléctrico de 500 KW a 1000 KW es muy grande ya que los costos de energía son más rentables.

Sistemas de cogeneración.- Las centrales termoeléctricas convencionales funcionan a partir de la combustión de algún combustible fósil, como fueloil, gas natural o carbón, el gobierno ecuatoriano en el reglamento sustitutivo para la regulación de los precios de los derivados de los hidrocarburos para las empresas el precio máximo que fija va de acuerdo a la siguiente Tabla 11:

Tabla 11: Precio de combustibles

Margen	(US \$/galón)
Gasolina artesanal	\$ 0.126
Gasolina extra	\$ 0.171
Diésel 1 (kérex)	\$ 0.137
Diésel 2	\$ 0.137
Diésel Premium	\$ 0.137

Elaborado por: Agencia de Control Hidrocarburífero (2017)

En base a este beneficio por ser una empresa agroindustrial el precio del diésel es bajo \$0,137 centavos de dólar por galón y como una solución sería incrementar un grupo electrógeno más para solventar el déficit en la generación de energía eléctrica de la planta.

Para los cálculos económicos se debe tener en cuenta la tasa de interés referencial según el Banco Central del Ecuador para el sector productivo empresarial es de 8.68% anual. (Corporacion Financiera Nacional, 2017). Ecuador registró una inflación anual de 3,38% en el 2015 frente al 3,67% del 2014, según el último reporte del Índice de Precios al Consumidor (IPC), publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).

Se detalla en la Tabla 12 la biomasa disponible que es utilizada como combustible natural para la cogeneración eléctrica en la planta extractora, con un valor de \$ 0,62 dólares por tonelada según los datos entregados por el jefe de la planta.

Tabla 12: Biomasa disponible para combustible durante todo el año

Meses	Biomasa (Ton)
Enero	386,88
Febrero	349,44
Marzo	386,88
Abril	374,4
Mayo	386,88
Junio	374,4
Julio	386,88
Agosto	386,88
Septiembre	374,4
Octubre	386,88
Noviembre	374,4
Diciembre	386,88

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

A continuación en la Figura 35 se observa las propiedades fisicoquímicas de las cascarras de coco y el cuesco de palma. (Ver Figura 35).

	Coco	Cuesco		Coco	Cuesco
	Análisis próximo (% masa _{b,b})		Análisis último (% masa _{b,s})		
			C	44.76	47.30
Humedad	12.01	7.92	O ₂	44.73	39.39
Volátiles	71.45	72.74	H ₂	8.92	9.72
Carbón Fijo	15.28	16.87	N ₂	0.16	0.84
Cenizas	1.26	2.47	S	0.03	0.07
			Cenizas	1.4	2.68
Total	100	100	Total	100	100

Figura 35: Propiedades fisicoquímicas de las cascarras de coco y el cuesco de palma

Fuente: Palma cadenas agroproductivas (MAG, 2014).

3.3. Etapa de resultados y validación del sistema híbrido

En esta etapa se tomara en cuenta algunos datos recolectados y condiciones económicas de la empresa que se detalla en la Tabla 13. HOMER PRO nos permite ubicar exacta donde se realizara el proyecto, se debe ingresar las coordenadas, tasas de descuento, inflación, ciclo vida del proyecto, falta de capacidad anual, etc. (Ver Figura 36).

Tabla 13: Ingreso de datos para los cálculos económicos

Descripción	Datos
Tasa de descuento (%)	8,00
Tasa de descuento (%)	3,38
Falta de capacidad anual (%)	65
Ciclo de vida del proyecto (años)	30

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)



Figura 36: Descripción y ubicación del proyecto en HOMER PRO
Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Recurso Biomasa.- Los datos de referencia para la biomasa requerida son series temporales que representan la disponibilidad de materia prima expresada en kilogramos. Se ingresan los datos para calcular en cada una de las fases de simulación del año, la cantidad de biogás que el gasificador puede suministrar a los generadores alimentados, los promedios mensuales, biomasa disponible, las propiedades químicas y precio que se detalla en la Tabla 14.

Tabla 14: Ingreso de datos para el recurso de biomasa disponible

Propiedades	Datos
Precio promedio (\$/t)	0,62
Proporción de gasificación (%)	72,74
Contenido de carbono (%)	16,87
PCI de biogás (MJ/Kg)	18,25

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Se ingresa doce valores promedio de disponibilidad de biomasa que se muestran en la Tabla 12, uno por cada mes del año en toneladas por día en la tabla de recurso de biomasa. (Ver Figura 37).

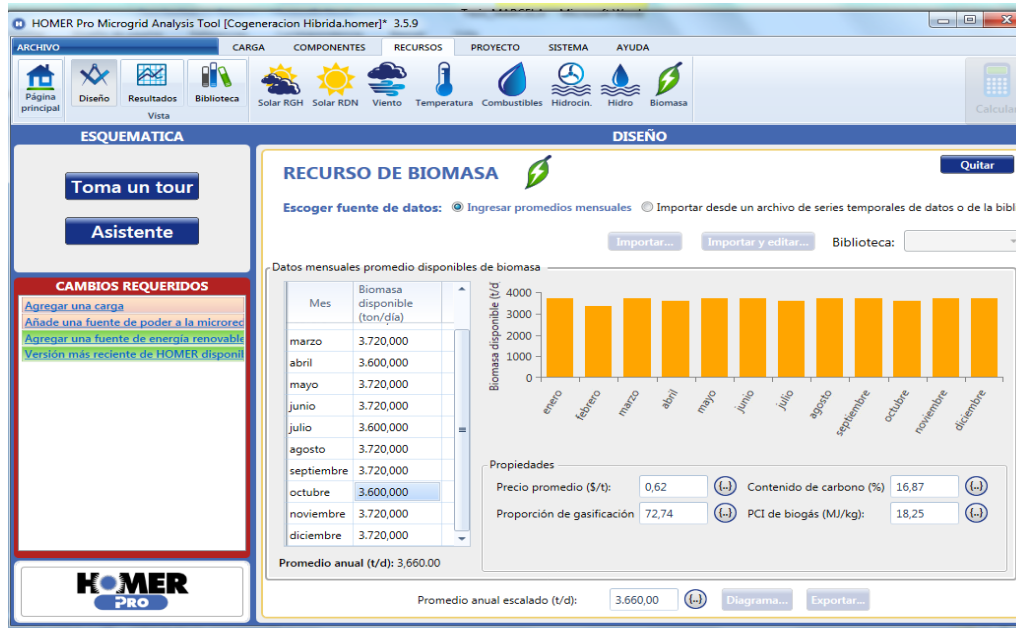


Figura 37: Ingreso de datos de biomasa en HOMER PRO
Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Energía Térmica.- Los datos para la carga térmica se tabulan durante las 24 horas del día según el potencial eléctrico, este dato de entrada es relevante sólo para sistemas de cogeneración que se detalla en la Tabla 15. Estos sistemas sirven para ambas cargas, la eléctrica y la térmica. (Ver Figura 38).

Tabla 15: Ingreso de datos para la carga térmica

Métrica	Referencia
Promedio (KWh/d)	26.888
Promedio (KW)	1120
Pico (KW)	2.003,5
Factor de carga	0,56

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

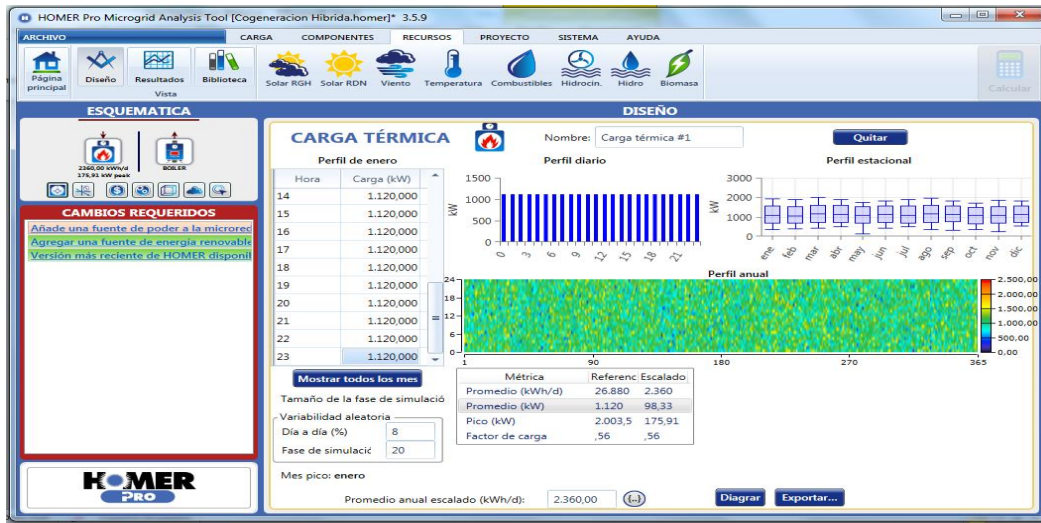


Figura 38: Ingreso de datos de la carga térmica en HOMER PRO
Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Turbina.- Se especifica un sólo tamaño del generador, uno lo suficientemente grande como para servir a la carga pico sin problemas, siempre que garantice satisfacer la limitación de la falta de capacidad anual máxima. Los datos de referencia que se ingresan son las propiedades o características de la turbina, costos, tamaño, proporciones de carga, tipo de combustible que se detalla en la Tabla 16.

Tabla 16: Ingreso de datos para la turbina

Descripción	Datos
Capacidad (KW)	750 – 1000
Inversión (\$)	325.086,82
O&M (\$/h)	20,88
Reemplazo (\$)	32.508,68
Proporción de carga (%)	80
Recurso de combustible	Cuesco de palma

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

El cuadro de costos incluye el costo de inversión inicial, el costo de reemplazo del generador, así como los costos anuales de operación y mantenimiento (O&M), con una depreciación de maquinaria 10%. (Ver Figura 39).

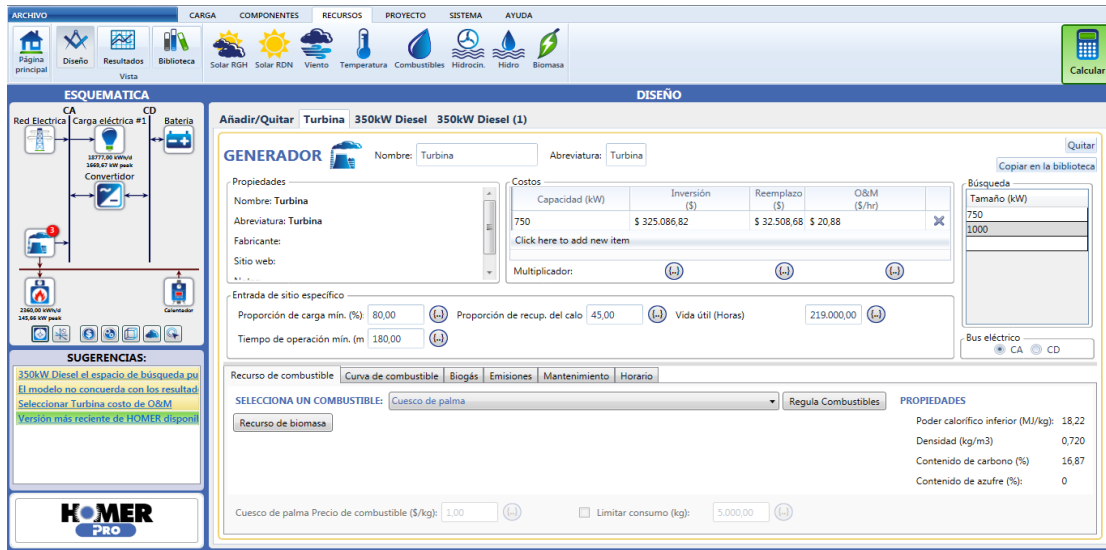


Figura 39: Ingreso de datos de la Turbina en HOMER PRO
Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Grupos Electrogénos.- Los grupos electrogénos o generadores mayores a 1 kW de potencia, poseen una batería y un motor de arranque eléctrico, emplean combustible, diésel o gas natural, para trabajar. (Ver Figura 40).

Se detalla en la Tabla 17, los datos de referencia que se ingresan son las propiedades o características del grupo electrogénico con el que cuenta la planta extractora como ayuda para el encendido de la turbina, costos, tamaño, proporciones de carga, tipo de combustible, etc.

Tabla 17: Ingreso de datos para el grupo electrogénico actual

Descripción	Datos
Capacidad (KW)	350 – 500
Inversión (\$)	0,0
O&M (\$/h)	0,55
Reemplazo (\$)	0,0
Proporción de carga (%)	80
Recurso de combustible	Diésel

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

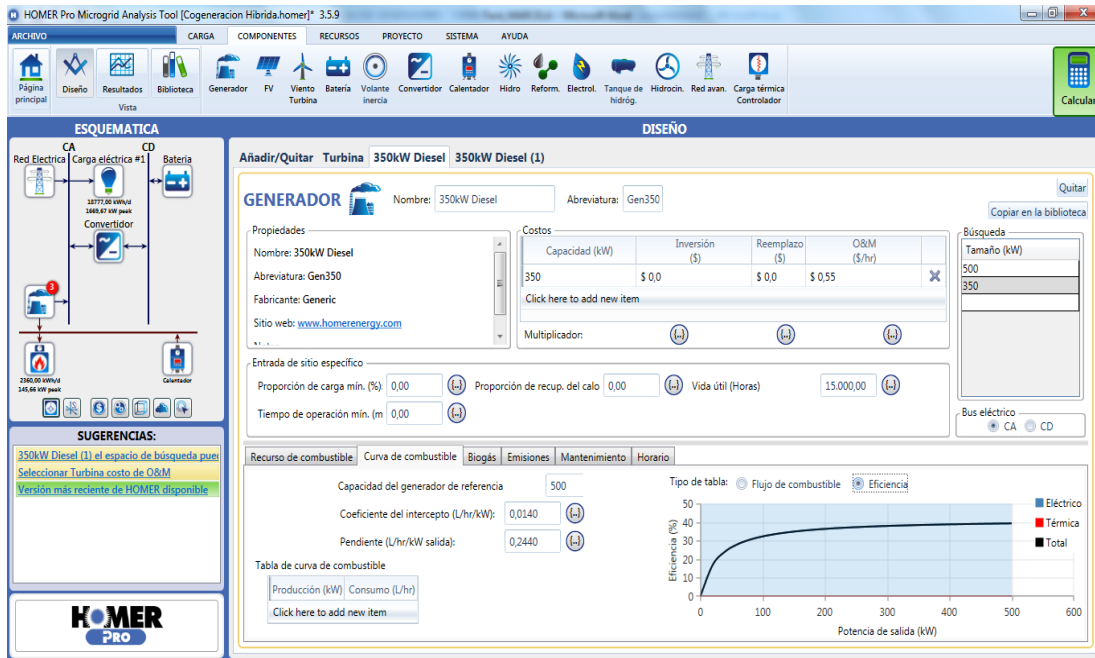


Figura 40: Ingreso de datos del grupo electrógeno en HOMER PRO
Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Se detalla en la Tabla 18, los datos de referencia que se ingresan para el grupo electrógeno que la empresa debe comprar para incrementar el potencial eléctrico como son las siguientes propiedades o características, costos, tamaño, proporciones de carga, tipo de combustible, etc. (Ver Figura 41).

Tabla 18: Ingreso de datos para el grupo electrógeno

Descripción	Datos
Capacidad (KW)	350 – 500
Inversión (\$)	75.000
O&M (\$/h)	6,19
Reemplazo (\$)	7.500
Proporción de carga (%)	80
Recurso de combustible	Diésel

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

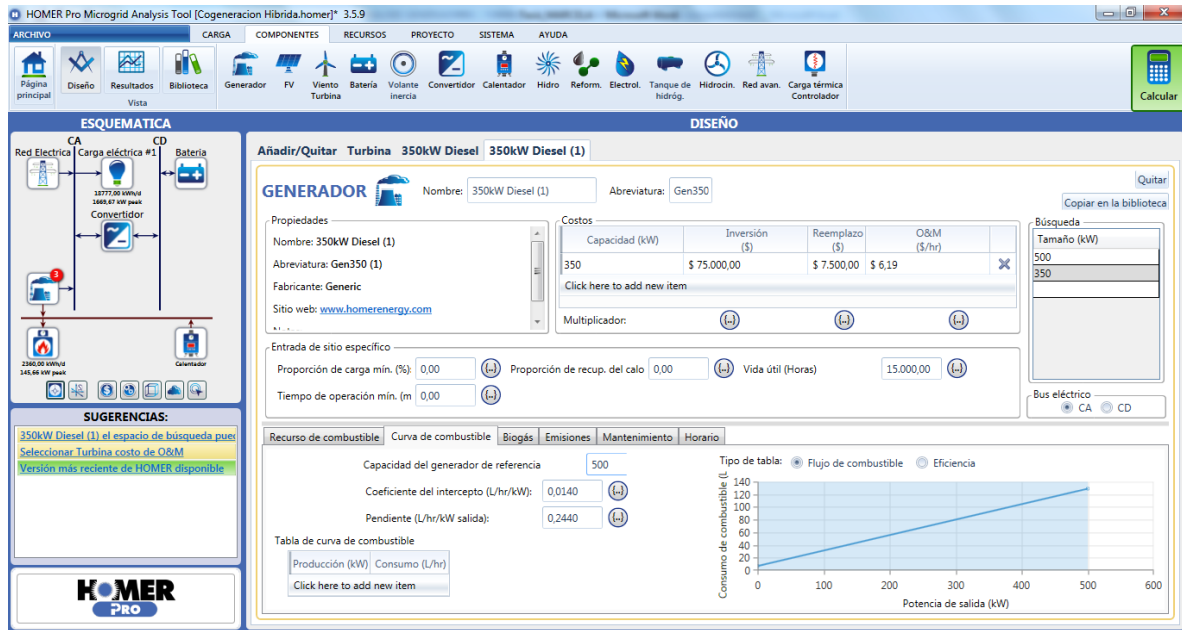


Figura 41: Ingreso de datos del grupo electrógeno en HOMER PRO
Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Red avanzada.- En la Tabla 19 muestra los datos del sistema conectado a la red con precios programados o en tiempo real, análisis de extensión de red y apagones de red, tarifas de tiempo real, tarifas programadas, extensiones de red, cobro de interconexión, cobro por disponibilidad, capacidad de venta, capacidad de compra y ventas máximas netas. (Ver Figura 42).

Tabla 19: Ingreso de datos para la red eléctrica avanzada

Descripción	Datos
Capacidad de compra anual (KW)	3740.000
Costos por interconexión (\$)	325.436,80
Cobro por respaldo (\$/año)	24.627,20
Costos de la inversión de la red (\$/Km)	43.758,00
Distancia (Km)	8
Tarifa (\$)	0,19

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

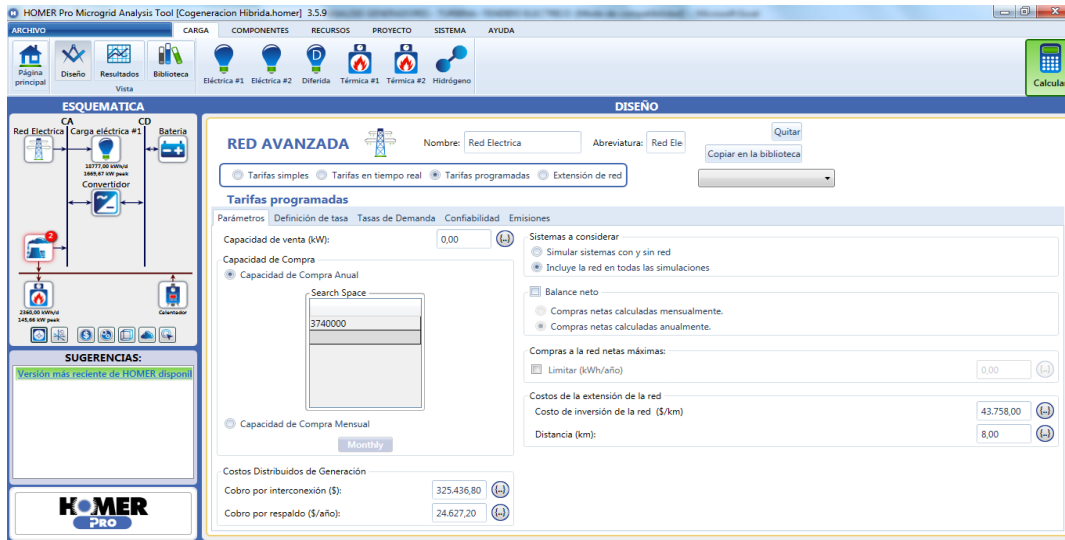


Figura 42: Ingreso de datos del grupo electrógeno en HOMER PRO
Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

3.3.1 Visualización de resultados

En las Tablas 20, 21, 22, 23 y 24 se puede visualizar los resultados de optimización de simulación para el sistema híbrido que contienen el costo actual, costo neto, la arquitectura, el reporte eléctrico por sistema y por componente y las emisiones y contaminantes. (Ver Figura 43).

Casos de sensibilidad: de un click izquierdo en el caso de sensibilidad para ver los casos de optimización.														
Sensibilidad		Arquitectura					Costo				Sistema			
Diesel Precio de combustible (\$/L)	Biomasa Precio (\$/ton)	Gen350 (kW)	CDE (\$)	CAN (\$)	Costo de operación (\$)	Inversión inicial (\$)	Costo de combustible (\$)	O&M (\$)	Prod. Elec. (kWh/año)	Prod. Térm. (kWh/año)	Cons. Elec. (kWh/año)	Cons. Térm. (kWh/año)	Carga insatisfecha (kWh/año)	Capacidad
0.13	0.53	500	\$ 0.103	\$ 9.98M	\$ 334.992	\$ 5.31M	\$ 32.282	\$ 292.243	7407810	4235446	6853605	861401.5	0	1.000
0.15	0.53	500	\$ 0.104	\$ 10.1M	\$ 348.364	\$ 5.31M	\$ 34.355	\$ 298.663	7422660	4269199	6853605	861401.5	0	1.000
0.18	0.53	500	\$ 0.104	\$ 10.2M	\$ 348.944	\$ 5.31M	\$ 35.981	\$ 302.825	7522195	4389000	6853605	861401.5	0	1.000
0.13	0.62	500	\$ 0.103	\$ 9.98M	\$ 334.996	\$ 5.31M	\$ 32.286	\$ 292.243	7407810	4235446	6853605	861401.5	0	1.000
0.15	0.62	500	\$ 0.104	\$ 10.1M	\$ 343.367	\$ 5.31M	\$ 34.359	\$ 298.663	7422660	4269199	6853605	861401.5	0	1.000

Casos de optimización: haga doble click en la simulación para examinar detalles.														
Arquitectura		Costo				Sistema				Turbina				
Gen350 (1) (kW)	CDE (\$)	CAN (\$)	Costo de operación (\$)	Inversión inicial (\$)	Costo de combustible (\$)	O&M (\$)	Prod. Elec. (kWh/año)	Prod. Térm. (kWh/año)	Cons. Elec. (kWh/año)	Cons. Térm. (kWh/año)	Carga insatisfecha (kWh/año)	Capacidad	horas	Producción
500	\$ 0.103	\$ 9.98M	\$ 334.992	\$ 5.31M	\$ 32.282	\$ 292.243	7407810	4235446	6853605	861401.5	0	1.000	7.310	6.357.665

Figura 43: Corrido del programa
Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Tabla 20: Reporte de costos del sistema hibrido

Componente	Tipo	Capacidad	Unidad			
Generador	Turbina	1.000	KW			
Generador #2	350kW Diésel	350	KW			
Generador #3	350kW Diésel (1)	500	KW			
Batería	Batería	1	strings			
Convertidor	Convertidor	500	KW			
Red	Red Eléctrica	3.740.000	KW			
Estrategia de despacho		Ciclo de Carga				
Costo actual neto total	\$ 10.408.511					
Costo nivelado de energía	\$ 0,10	\$/KWh				
Costos actuales netos						
Componente	Inversión (\$)	Reemplazo (\$)	O&M (\$)	Combustible (\$)	Rescate (\$)	Total (\$)
Turbina	433.449	9.693	3.083.768	2.516	-9.659	3.519.766
350kW Diésel	173.838	16.396	116.523	186.797	-528	493.026
350kW Diésel (1)	137.880	12.437	146.893	270.136	-935	566.411
Grid	675.501	0	853.718	0	0	1.529.219
Boiler	0	0	0	31.887	0	31.887
Batería	300	292	152	0	0	744
Converter	150.000	146.169	227.293	0	0	523.462
Other	3.744.000	0	0	0	0	3.744.000
System	5.314.968	184.986	4.428.346	491.336	-11.122	10.408.514
Costos anualizados						
Componente	Inversión (\$)	Reemplazo (\$)	O&M (\$)	Combustible (\$)	Rescate (\$)	Total (\$)
Turbina	28.605	640	203.510	166	-637	232.283
350kW Diésel	11.472	1082	7.690	12327	-35	32.536
350kW Diésel (1)	9.099	821	9.694	17827	-62	37.379
Grid	44.579	0	56.340	0	0	100.919
Boiler	0	0	0	2.104	0	2.104
Batería	20	19	10	0	0	49
Converter	9.899	9.646	15.000	0	0	34.545
Other	247.082	0	0	0	0	247.082
System	350.756	12.208	292.245	32.425	-734	686.900

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Tabla 21: Reporte eléctrico del sistema híbrido

Eléctrico		
Cantidad	Valor	Unidades
Exceso de electricidad	554220	KWh/año
Carga insatisfecha	0	KWh/año
Falta de capacidad	0	KWh/año
Fracción renovable mínima	1	
Componente	Producción(KWh/yr)	Fracción (%)
Turbina	6.357.688	86
Generador #2	359.878	5
Generador #3	523.351	7
Compras a la red	166.911	2
Total	7.407.828	100
Load	Consumo (KWh/yr)	Fracción (%)
Total	6.853.605	100
Generador: Turbina		
Cantidad	Valor	Unidades
Horas de operación	7310	hrs/año
Número de arranques	902	starts/año
Vida funcional	30	año
Costo fijo de generación	28,05	\$/hr
Producción eléctrica	6357688	KWh/año
Producción eléctrica media	870	KW
Producción eléctrica mínima	800	KW
Producción eléctrica máxima	1000	KW
Consumo de combustible	313	L/año
Consumo de combustible específico	0,48	L/KWh
Entrada de energía del combustible	15469015	KWh/año
Eficiencia eléctrica media	41	%

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Tabla 22: Reporte eléctrico por componentes del sistema híbrido

Eléctrico		
Generador:350kW Diésel		
Cantidad	Valor	Unidades
Horas de operación	1432	hrs/año
Número de arranques	1037	starts/año
Vida funcional	10	año
Costo fijo de generación	7,17	\$/hr
Costo marginal de generación	0,03	\$/KWh
Producción eléctrica	359878	KWh/año
Producción eléctrica media	251	KW
Producción eléctrica mínima	46	KW
Producción eléctrica máxima	350	KW
Consumo de combustible	94827	L/yr
Consumo de combustible específico	0,26	L/KWh
Entrada de energía del combustible	933095	KWh/año
Eficiencia eléctrica media	39	%
Generador:350kW Diésel (1)		
Cantidad	Valor	Unidades
Horas de operación	1348	hrs/año
Número de arranques	933	starts/año
Vida funcional	11	año
Costo fijo de generación	9,02	\$/hr
Costo marginal de generación	0,03	\$/KWh
Producción eléctrica	523351	KWh/año
Producción eléctrica media	388	KW
Producción eléctrica mínima	58	KW
Producción eléctrica máxima	500	KW
Consumo de combustible	137134	L/año
Consumo de combustible específico	0,26	L/KWh
Entrada de energía del combustible	1349395	KWh/año
Eficiencia eléctrica media	39	%

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Tabla 23: Reporte eléctrico por componentes del sistema híbrido

Batería: Batería						
Cantidad	Valor					
Tamaño de la serie	1					
Series en paralelo	1					
Baterías	1					
Voltaje del bus	12					
Cantidad	Valor	Unidades				
Capacidad nominal	1	KWh				
Capacidad nominal utilizable	1	KWh				
Autonomía	0	hr				
Rendimiento de la vida útil	800	KWh				
Costo de uso de la batería	0,419	\$/KWh				
Expectativa de vida	10	año				
Convertidor						
Cantidad	Inversor	Rectificador	Unidades			
Capacidad	500	480	kW			
GRID	Energía comprada (KWh)	Energía vendida (KWh)	Compras netas (KWh)	Demanda pico (KW)	Cargo por energía (\$)	Cargo por demanda (\$)
Enero	14.418	0	14.418	922	2.740	0
Febrero	9.449	0	9.449	1.005	1.795	0
Marzo	13.156	0	13.156	1.174	2.500	0
Abril	13.393	0	13.393	1.005	2.545	0
Mayo	11.934	0	11.934	761	2.267	0
Junio	18.394	0	18.394	862	3.495	0
Julio	10.869	0	10.869	739	2.065	0
Agosto	17.523	0	17.523	917	3.329	0
Septiembre	14.628	0	14.628	872	2.779	0
Octubre	15.484	0	15.484	1.312	2.942	0
Noviembre	15.337	0	15.337	784	2.914	0
Diciembre	12.326	0	12.326	837	2.342	0
Anual	166.911	0	166.911	1.312	31.713	0

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Tabla 24: Reporte emisiones y contaminantes del sistema hibrido

Emisiones		
Contaminante	Emisiones	Unidades
Dióxido de carbono	759685	Kg/año
Monóxido de carbono	1510	Kg/año
Hidrocarburos incombustos	167	Kg/año
Material particulado	114	Kg/año
Dióxido de azufre	1772	Kg/año
Óxidos de nitrógeno	13696	Kg/año

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

CAPÍTULO IV

4. PROPUESTA

4.1. Título de la propuesta

Diseño un sistema híbrido eficiente para la generación energética eléctrica en la planta extractora de aceite de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana durante el año 2015.

4.2. Justificación de la propuesta

En el Ecuador los sistemas de cogeneración eléctrica, han tenido un resultado favorable especialmente en la industria agropecuaria, por la cantidad de biomasa que producen y los procesos para transformarla en combustible. El recurso de biomasa para generar energía eléctrica en ciertas circunstancias resulta deficiente para obtener una la carga térmica satisfactoria, por lo cual buscan otras alternativas para satisfacer esta necesidad.

En el caso de la planta extractora de una empresa agroindustrial de palma africana, el problema de la maquinaria obsoleta hace que la búsqueda de mayor eficiencia energética sea urgente ya que los costos de producción se elevan.

La insuficiente cogeneración de energía eléctrica influye en los procesos de la producción perdiendo eficiencia, eficacia y efectividad en la extracción del aceite si se soluciona este problema servirá para mejorar el nivel de calidad, al menor costo posible y con la capacidad de responder ante las demandas generadas por sus clientes.

El propósito de diseñar un sistema híbrido de generación eléctrica en la empresa agroindustrial, es con el fin de que la eficiencia energética sea la necesaria para cubrir la ineficiente generación eléctrica actual.

Se analizan los datos de la planta extractora para cuantificar los factores que están originando la disponibilidad para el diseño de un sistema híbrido y se reducirán los costos de disposición final de biomásas residuales y de compra de combustible.

Además los recursos con los que no cuentan para el mantenimiento de la planta de cogeneración eléctrica, la falta de capacitación técnica local, dificultad de accesos a repuestos, complejidad en la gestión, operación de la planta, diagnóstico energético, cambio de los equipos obsoletos, etc. Por lo cual este proyecto busca una solución para mejorar la eficiencia energética, y además tomar en cuenta los recursos económicos y técnicos.

4.3. Objetivo de la propuesta:

4.3.1 Objetivo general:

Diseñar un sistema híbrido eficiente para la generación energética eléctrica en la planta extractora de aceite de una empresa agroindustrial de palma africana de la ciudad de San Francisco de Orellana durante el año 2015.

4.3.2 Objetivos específicos:

- ✓ Identificar los costos de la producción energética y los costos de operación de la planta de cogeneración y el sistema híbrido.
- ✓ Diseñar un sistema híbrido de energía eléctrica.
- ✓ Evaluación técnica y económica del sistema propuesto.

4.4. Estructura de la propuesta

Se utilizan los resultados obtenidos de las mediciones y cálculos obtenidos en el Capítulo III para dimensionar y seleccionar los componentes principales del sistema híbrido. Se realizará un análisis de las tecnologías renovables y no renovables actuantes sobre el diseño, para probar por medio del programa de software HOMER Pro la eficiencia del diseño propuesto.

Por último se hará un análisis económico para comprobar la factibilidad y aplicación del sistema híbrido en la planta extractora.

4.5. Desarrollo de la propuesta

Se usan los resultados del Capítulo III, con este análisis se identifican los factores que tienen un impacto más grande en el diseño y la operación de un sistema de producción de energía, también se hace uso de los resultados del análisis de sensibilidad de HOMER Pro para contestar preguntas sobre opciones de tecnologías, planeación de informes y decisiones en políticas.

La tabla de resultados de optimización muestra todas las simulaciones factibles para el caso de sensibilidad seleccionado, la tabla de optimización, los resultados están categorizados y filtrados por el tipo del sistema, muestra sistemas que fueron factibles en la simulación.

4.5.1 Diseño del sistema híbrido

Para el diseño del sistema híbrido se han tomado en cuenta tanto los factores técnicos y económicos con los que cuenta de la planta extractora en la actualidad, en el Capítulo III, se ingresa los datos recolectados de la investigación de campo en el programa de simulación (HOMER Pro). (Ver Figura 44).

El sistema híbrido está formado conformado por componentes que han sido seleccionados según su funcionamiento y características técnicas:

- ✓ Una Turbina
- ✓ Grupo Electrónico actual 350 KW Diésel
- ✓ Grupo Electrónico 350 KW Diésel (1)
- ✓ Red Eléctrica Pública Grid
- ✓ Calentador Boiler
- ✓ Batería

- ✓ Convertidor A/D Converter
- ✓ Caldera

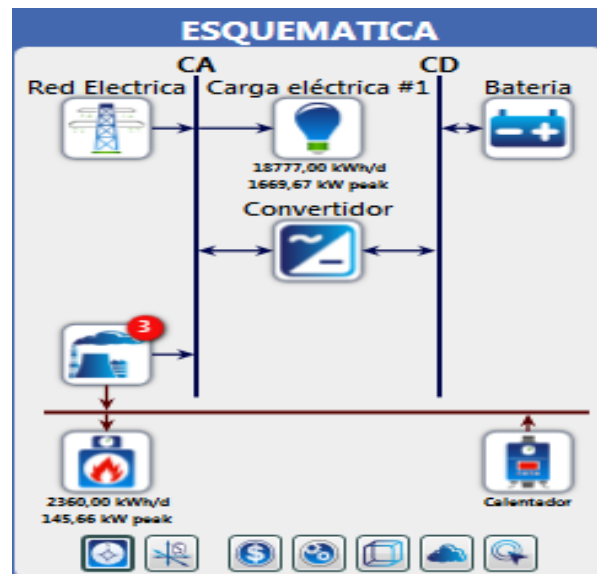


Figura 44: Diseño del Sistema Híbrido
Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

HOMER Pro simula el conjunto de todas las posibles de combinaciones de las variables del diseño, a continuación se muestra los valores de optimización o el sistema ganador. (Ver Figura 45).

Convertidor Capacidad (kW)	Red Eléctrica Capacidad de c (kW)	Batería Series (#)	Turbina Capacidad (kW)	Gen350 Capacidad (kW)	Gen350 (1) Capacidad (kW)
500	3740000	1	750	500	500
			1000	350	350

Tamaños Ganad **Ganador Absoluto** Ganador de la Categoría Calcular OK Cancelar

Convertidor Capacidad (kW)	Red Eléctrica Capacidad de c (kW)	Batería Series (#)	Turbina Capacidad (kW)	Gen350 Capacidad (kW)	Gen350 (1) Capacidad (kW)
500	3740000	1	750	500	500
			1000	350	350

Figura 45: Variables ganadoras para el diseño del Sistema Híbrido
Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Análisis total de optimización del sistema híbrido.

En la pantalla de optimización del diseño híbrido implementado, muestra claramente que las configuraciones de optimización nos da un margen de error de precisión del diseño y del costo neto total de 0,01%. (Ver Figura 46).

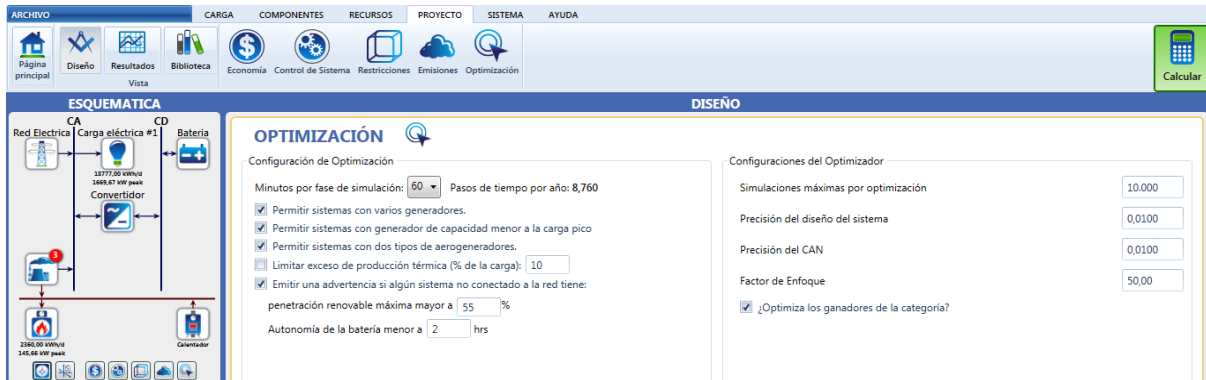


Figura 46: Análisis de optimización del sistema híbrido

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Para encontrar el sistema de menor costo con la lista de configuraciones ordenadas por el costo presente neto o costo de la vida cíclica, que se utiliza para comparar las opciones de diseño del sistema nos da un interés real 4,47% a 30 años plazo con un endeudamiento de \$3.744.000 dólares. (Ver Figura 47).

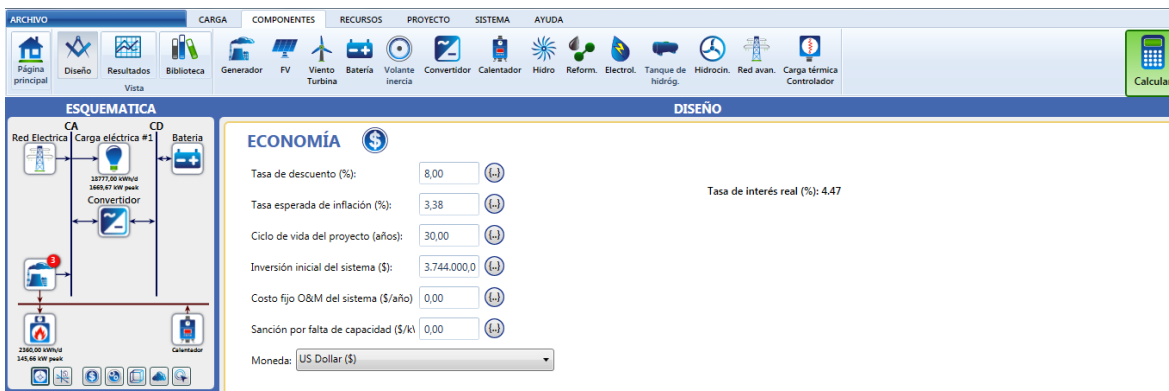


Figura 47: Análisis de optimización económica del sistema híbrido

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

4.5.2 Costos de producción energética de cogeneración

Para definir los costos de operación en la planta extractora de aceite se procede a hacer un análisis de costos de la situación actual, para esto se tomara en cuenta la Tabla 25:

Tabla 25: Costos de inversión para la cogeneración de energía.

	COSTO	AÑO 2014	AÑO 2015	AÑO 2016	AÑO 2017
INVERSION					
CALD. DURAY 3					
UNIADES					
MANTENIMIENTO		\$ 72.548,89	\$ 109.226,65	\$ 184.556,33	\$ 184.556,33
MANO DE OBRA	\$ 70.200,00	\$ 70.200,00	\$ 73.710,00	\$ 77.395,50	\$ 81.265,28
TRATAMIENTO DE AGUA	\$ 89.781,12	\$ 89.781,12	\$ 94.270,18	\$ 94.270,18	\$ 98.983,68
Costo Evacuación Desechos		\$ 42.000,00	\$ 47.880,00	\$ 50.400,00	\$ 54.600,00
TOTAL	\$ 159.981,12	\$ 274.530,01	\$ 325.086,82	\$ 406.622,01	\$ 419.405,29
CALDERA :					

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Análisis.- La planta extractora cuenta con las 3 calderas las cuales dos de ellas se encuentran averiadas o dañadas, por lo cual para que funcionen a un 33,3% necesitan una inversión inicial \$159.981,12 dólares, que cada año habrá un crecimiento considerables ya que se invertirá en mantenimiento, mano de obra, partes y repuestos. En el diseño propuesto se ingresa esta información para el generador de la turbina. (Ver Figura 44).

Análisis de los resultados de combustible biomasa

En la Figura 48 se muestran los resultados de la simulación del combustible de biomasa denominado cuesco de palma africana. (Ver Figura 48).

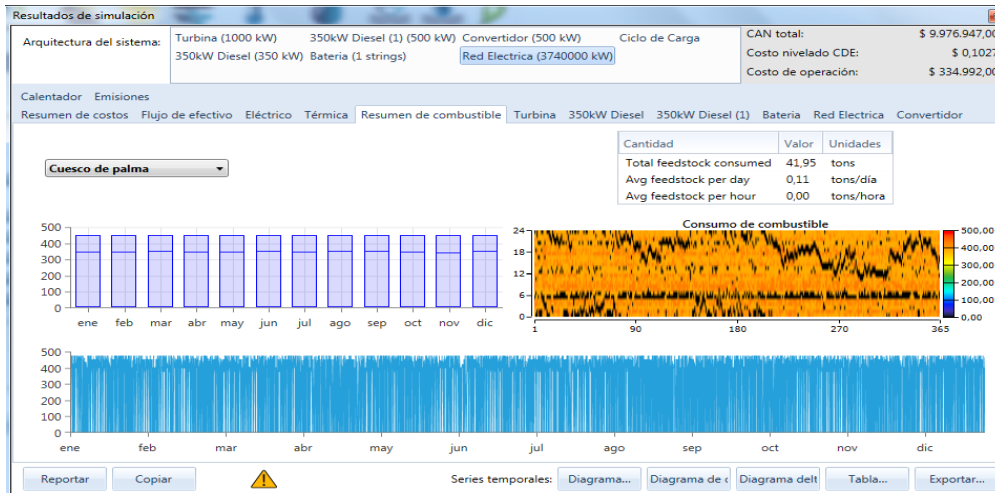


Figura 48: Resumen de combustible de cuesco de palma africana
Elaborado por: Jiménez Chafía Marcela Adriana (2017)

Análisis: La siembra de palma africana es constante durante todo el año, por lo tanto hay disponibilidad de combustible por biomasa durante los 12 meses, con un ingreso de combustible con un rango de 300 a 400 ton/mes, con un promedio de 0,11 ton/día, por lo tanto hay exceso de combustible.

Análisis de los resultados de producción eléctrica en la turbina

En la Figura 49 se muestran los resultados de la producción eléctrica. (Ver Figura 49).

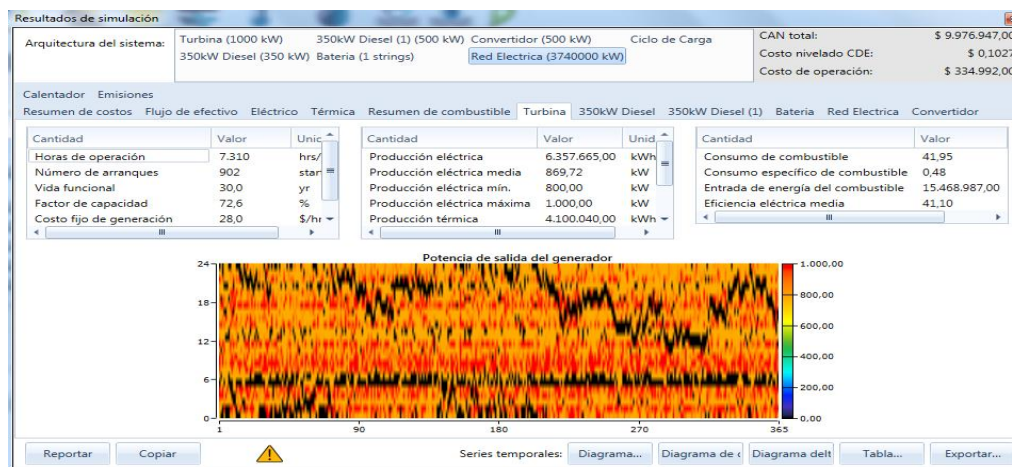


Figura 49: Resultados del análisis producción eléctrica en la turbina
Elaborado por: Jiménez Chafía Marcela Adriana (2017)

Análisis: Tiene una capacidad de 72,6% con un costo fijo de generación de 28 \$/hora con un rango de producción eléctrica entre 800 KW y 1000 KW. Con una vida funcional de 30 años, costos de generación de 28 \$/hora y un costo marginal de generación es de 0,00000182 \$/KWh, con una carga eléctrica que está en un rango de hasta 700 KW por exceso de la biomasa, la carga térmica en la turbina es de 500 KW y pueden llegar hasta los 1500KW como se describe en la Tabla 26.

Tabla 26: Producción eléctrica en la turbina.

Generador: Turbina		
Cantidad	Valor	Unidades
Horas de operación	7310	hrs/año
Número de arranques	902	starts/año
Vida funcional	30	año
Costo fijo de generación	28,05	\$/hr
Producción eléctrica	6357688	KWh/año
Producción eléctrica media	870	KW
Producción eléctrica mínima	800	KW
Producción eléctrica máxima	1000	KW
Consumo de combustible	313	L/año
Consumo de combustible específico	0,48	L/KWh
Entrada de energía del combustible	15469015	KWh/año
Eficiencia eléctrica media	41	%

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

4.5.3 Costos de producción energética de los grupos electrógenos

En la Tabla 27 están los costos de inversión del grupo electrógeno.

Tabla 27: Costos de inversión del grupo electrógeno

	COSTO	2014	2015	2016	2017
	INVERSION				
GRUPO	\$75.000,00				
ELECTROGENO					
3406 (350 kW)					
pago crédito a CFN		\$13.500,00	\$12.900,00	\$12.300,00	\$11.700,00
plazo 10 años interés					
8%					
COMBUSTIBLES	\$52.416,00	\$52.416,00	\$52.416,00	\$4.607,07	\$4.607,07
MANTENIMIENTO	\$8.985,60	\$8.985,60	\$9.434,88	\$9.906,62	
MANO DE OBRA	\$33.336,00	\$33.336,00	\$36.669,60	\$40.336,56	
SERVICIO TECNICO	\$4.100,00	\$4.100,00	\$4.305,00	\$4.305,00	
GRUPO					
ELECTROGENO					
3406 (350 kW)					
Existente					
COMBUSTIBLES	\$52.416,00	\$52.416,00	\$52.416,00		
SERVICIO TECNICO	\$4.100,00	\$4.100,00	\$4.305,00	\$4.305,00	\$4.520,25
REPARACIÓN				\$40.000,00	
TOTAL GRUPO	\$230.353,60	\$168.853,60	\$172.446,48	\$115.760,26	\$20.827,32

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Análisis: La planta extractora para este análisis, cuenta con dos grupos electrógenos que generan 350 KW cada uno, con una inversión inicial de \$230.353,60 dólares, con un costo de combustible constante de \$52.416,00 dólares, con una variación o gasto en reparación de \$40.000,00 dólares para año 2016, su tiempo de funcionamiento se divide en 4 horas de encendido para cada generador ya que es el tiempo que soportan. En el diseño propuesto se ingresan los costos de inversión para el generador del grupo electrógeno. (Ver Figura 40).

Resultados de Combustibles

En lo que respecta a la energía restante del combustible, se asume que ésta se convierte en calor, la ratio de recuperación de calor es el porcentaje de ese calor que puede recuperarse para servir la carga térmica. (Ver Figura 50).

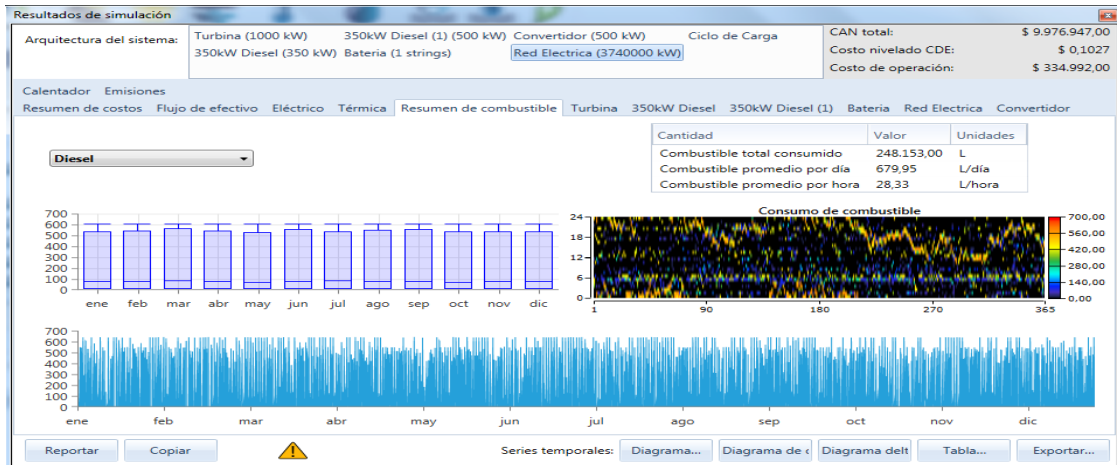


Figura 50: Resultados del consumo diésel del grupo electrógeno
Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Análisis: El combustible que utiliza el grupo electrógeno es diésel, con un promedio de 679,95 L/día, con un costo de \$52.416 dólares, y una producción eléctrica de aproximadamente 700kW por grupo electrógeno al año. (Ver Figura 50).

Análisis de los resultados de producción eléctrica en el grupo electrógeno antiguo.

En la Figura 51 se muestra los resultados de la producción eléctrica del grupo electrógeno antiguo. (Ver Figura 51).

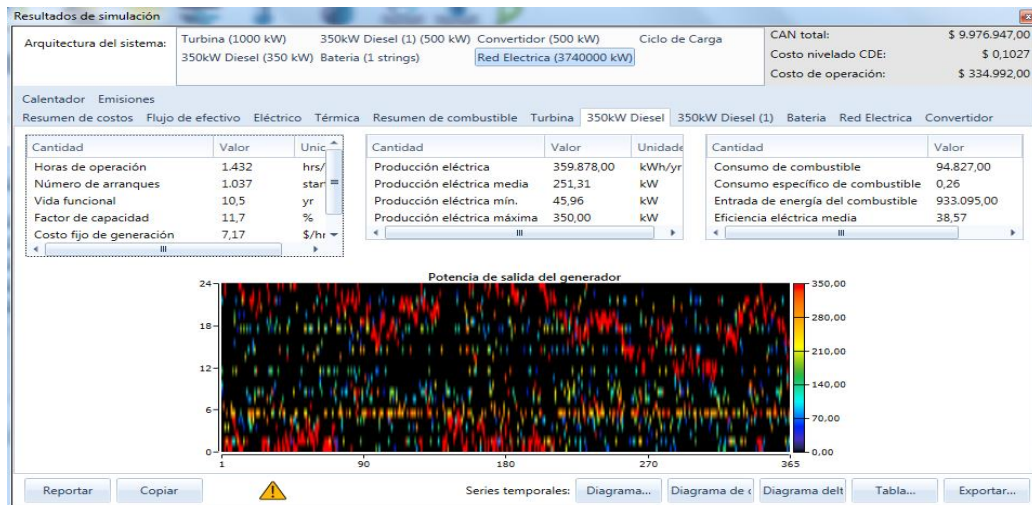


Figura 51: Resultados de producción eléctrica en el grupo electrógeno nuevo
Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Análisis: Con un eficiencia eléctrica media de 38,57 KW, una producción eléctrica media de 251,31 KW, costo de generación de 7,17 \$/hora y un costo marginal de 0,0313 \$/KWh. (Ver Tabla 28).

Tabla 28: Resultados de producción eléctrica del grupo electrógeno actual.

Generador: 350kW Diésel		
Cantidad	Valor	Unidades
Horas de operación	1432	hrs/año
Número de arranques	1037	starts/año
Vida funcional	10	año
Costo fijo de generación	7,17	\$/hr
Costo marginal de generación	0,03	\$/KWh
Producción eléctrica	359878	KWh/año
Producción eléctrica media	251	KW
Producción eléctrica mínima	46	KW
Producción eléctrica máxima	350	KW
Consumo de combustible	94827	L/año
Consumo de combustible específico	0,26	L/KWh
Entrada de energía del combustible	933095	KWh/año
Eficiencia eléctrica media	39	%

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Análisis de los resultados de producción eléctrica en el grupo electrógeno nuevo.

En la Figura 52 se muestran los resultados de la producción eléctrica del grupo electrógeno nuevo. (Ver Figura 52).

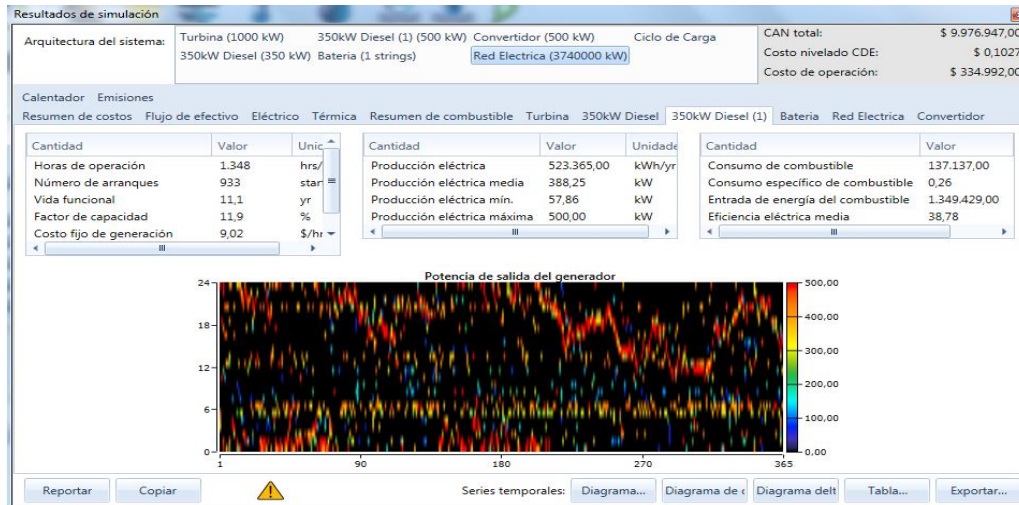


Figura 52: Resultados de producción eléctrica en el grupo electrógeno nuevo
Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Análisis: Con un eficiencia eléctrica media de 38,78 KW, una producción eléctrica media de 388,25 KW y costo de generación de 9,02 \$/hora. (Ver Tabla 29).

Tabla 29: Resultados de producción eléctrica del grupo electrógeno nuevo.

Generador: 350kW Diésel (1)		
Cantidad	Valor	Unidades
Horas de operación	1348	hrs/año
Número de arranques	933	starts/año
Vida funcional	11	año
Costo fijo de generación	9,02	\$/hr
Costo marginal de generación	0,03	\$/KWh
Producción eléctrica	523351	KWh/año
Producción eléctrica media	388	KW
Producción eléctrica mínima	58	KW
Producción eléctrica máxima	500	KW
Consumo de combustible	137134	L/año
Consumo de combustible específico	0,26	L/KWh
Entrada de energía del combustible	1349395	KWh/año
Eficiencia eléctrica media	39	%

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

La potencia de salida del grupo electrógeno muestra picos de hasta 500 kW, con una carga eléctrica total servida de hasta 1500 kW. (Ver Figura 53).



Figura 53: Picos de producción eléctrica en el grupo electrógeno nuevo
Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

4.5.4 Costos de producción energética de la red eléctrica.

Los costos de inversión del tendido eléctrico, se muestran en la Tabla 30.

Tabla 30: Costo de inversión para la red eléctrica.

	COSTO	2014	2015	2016	2017
INVERSION					
TENDIDO					
ELECTRICO 500 A	\$325.436,80				
1000 KW					
pago crédito a CFN		\$58.578,62	\$55.975,13	\$53.371,64	\$50.768,14
plazo 10 años interés 8%					
AMPLIACIÓN A 1000				\$25.000,00	
KW					
FACTURACIÓN		\$350.064,00	\$350.064,00	\$560.102,40	\$560.102,40
ANUAL \$0,0935					
CENTAVOS/KW					

Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Análisis: La planta extractora requiere de una inversión económica de \$325.436,80 dólares para el tendido eléctrico de 500 KW con un costo anual de \$0,0935 centavos /KW, con posibilidades de aumentar su potencial eléctrico a 1000 KW, con un costo de \$25.000,00 dólares, el diseño propuesto se ingresa los costos de inversión para el tendido de la red eléctrica.

Análisis de los resultados de producción eléctrica con la red pública eléctrica.

En la Figura 54 se muestran los resultados de la producción eléctrica con el tendido eléctrico de la red pública. (Ver Figura 54).

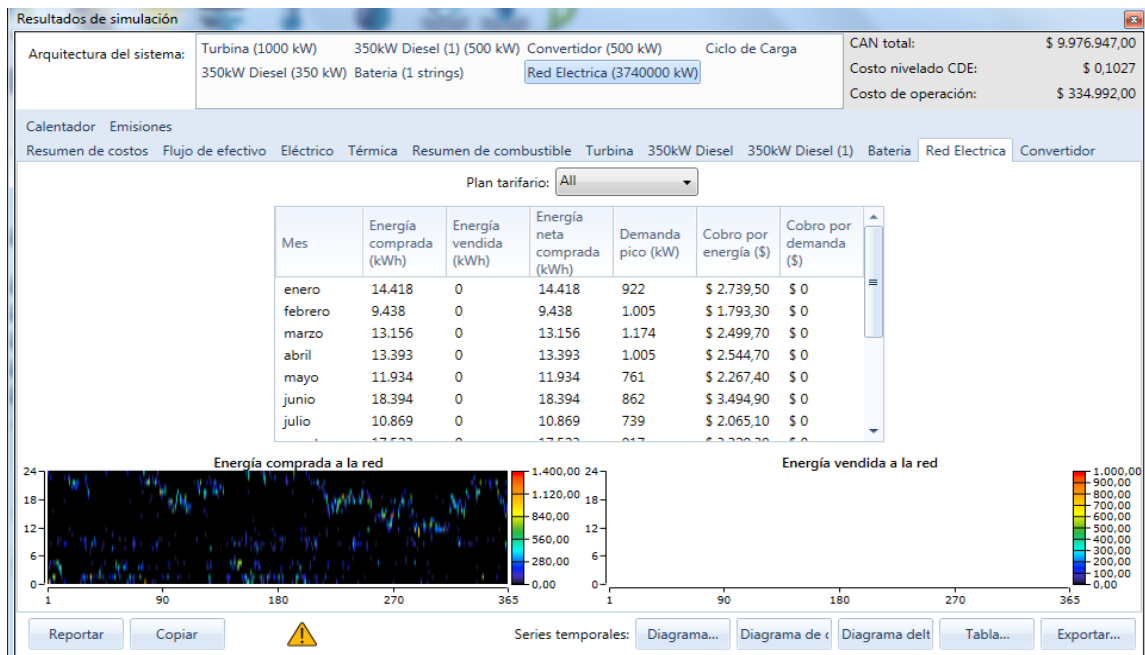


Figura 54: Plan tarifario del tendido eléctrico
Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Análisis: Se comprara energía eléctrica a la red pública, con potencial eléctrico anual 166.911 KWh, el costo por energía anual es de \$31.713 dólares, no hay venta de energía y una demanda pico de energía eléctrica anual de 1312 KWh , como se muestra en la Tabla 31. Los picos de producción eléctrica excesiva por la turbina son mucho más altos de hasta 600 KW, mientras que la compra de energía a la red pública no sobrepasa los 500 KW. (Ver Figura 55).

Tabla 31: Resultados de la producción eléctrica con la red pública eléctrica.

GRID	Energía comprada (KWh)	Energía vendida (KWh)	Compras netas (KWh)	Demanda pico (KW)	Cargo por energía (\$)	Cargo por demanda (\$)
Enero	14.418	0	14.418	922	2.740	0
Febrero	9.449	0	9.449	1.005	1.795	0
Marzo	13.156	0	13.156	1.174	2.500	0
Abril	13.393	0	13.393	1.005	2.545	0
Mayo	11.934	0	11.934	761	2.267	0
Junio	18.394	0	18.394	862	3.495	0
Julio	10.869	0	10.869	739	2.065	0
Agosto	17.523	0	17.523	917	3.329	0
Septiembre	14.628	0	14.628	872	2.779	0
Octubre	15.484	0	15.484	1.312	2.942	0
Noviembre	15.337	0	15.337	784	2.914	0
Diciembre	12.326	0	12.326	837	2.342	0
Anual	166.911	0	166.911	1.312	31.713	0

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)



Figura 55: Picos de producción eléctrica del tendido eléctrico

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

4.5.5 Análisis de los Resultados de Costos de Inversión del sistema híbrido.

Los costos de inversión total de la planta extractora de aceite, tienen una estimación de crecimiento anual de 1,05 para el sistema híbrido, como se muestran en la Tabla 32:

Tabla 32: Costo de inversión del sistema híbrido.

COSTO INVERSION		2014	2015	2016	2017
CALDERA DURAY 3					
UNIADES					
MANTENIMIENTO		\$72.548,89	\$109.226,65	\$184.556,33	\$184.556,33
MANO DE OBRA	\$70.200,00	\$70.200,00	\$73.710,00	\$77.395,50	\$81.265,28
TRATAMIENTO DE AGUA	\$89.781,12	\$89.781,12	\$94.270,18	\$94.270,18	\$98.983,68
Costo Evacuación Desechos		\$42.000,00	\$47.880,00	\$50.400,00	\$54.600,00
TOTAL CALDERA	\$159.981,12	\$274.530,01	\$325.086,82	\$406.622,01	\$419.405,29
GRUPO ELECTROGENO 3406 (350 KW)					
Pago crédito a BAN plazo 10 años		\$13.500,00	\$12.900,00	\$12.300,00	\$11.700,00
COMBUSTIBLES	\$52.416,00	\$52.416,00	\$52.416,00	\$4.607,07	\$4.607,07
MANTENIMIENTO	\$8.985,60	\$8.985,60	\$9.434,88	\$9.906,62	
MANO DE OBRA	\$33.336,00	\$33.336,00	\$36.669,60	\$40.336,56	
SERVICIO TECNICO	\$4.100,00	\$4.100,00	\$4.305,00	\$4.305,00	
GRUPO ELECTROGENO 3406 (350 KW) Existente					
COMBUSTIBLES	\$52.416,00	\$52.416,00	\$52.416,00		
SERVICIO TECNICO	\$4.100,00	\$4.100,00	\$4.305,00	\$4.305,00	\$4.520,25
REPARACIÓN				\$40.000,00	
TOTAL GRUPO	\$230.353,60	\$168.853,60	\$172.446,48	\$115.760,26	\$20.827,32
TENDIDO ELECTRICO 500 A 1000 KW					
Pago crédito a BAN plazo 10 años		\$58.578,62	\$55.975,13	\$53.371,64	\$50.768,14
AMPLIACIÓN A 1000 KW				\$25.000,00	
FACTURACIÓN ANUAL 0,0935 CENTAVOS/KW		\$350.064,00	\$350.064,00	\$560.102,40	\$560.102,40
TOTAL HIBRIDO		\$ 721.368,98	\$ 778.722,17	\$ 1.016.813,03	\$ 937.866,87
Costo por KW		0,12	0,13	0,17	0,11

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Análisis: Para el grupo electrógeno nuevo y la conexión eléctrica a red pública, la empresa en este análisis debe realizar un préstamo a la Corporación Financiera Nacional B.P. a un monto de 8% de interés para 10 años, los costos en mantenimiento, mano de obra y reparación son altos y los costos por KW están en un rango de \$0,12 al \$0,17 de dólar hasta el año 2017, como se muestran en la Tabla 32.

Análisis de los resultados del Costo Neto actual del sistema híbrido.

El costo actual neto (o costo de ciclo de vida) de un componente, es la resta entre el valor actual de todos los costos de instalar y operar ese componente durante el ciclo de vida de un proyecto, y el valor actual de todas las ganancias obtenidas durante el ciclo de vida del mismo. En la Figura 56 se muestran los resultados del costo neto del sistema híbrido. (Ver Figura 56).

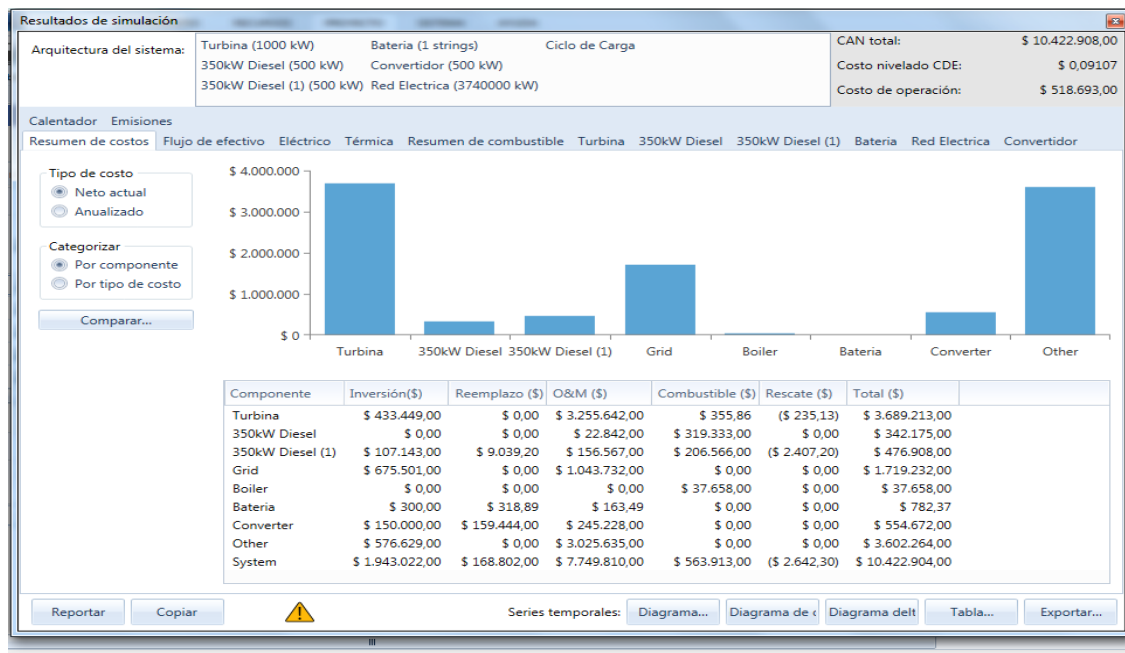


Figura 56: Resultados de costos netos del sistema híbrido
Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Análisis: Los costos netos por componentes del sistema híbrido se observa que la turbina tiene costos en mantenimiento, mano de obra y reparación altos, el costo en combustible es muy pequeño, mientras que para los grupos electrógenos el costo en combustible es el muy alto, pero

con un total de inversión pequeña, la red eléctrica por la compra de energía de 500kW, es alta por la mano de obra y mantenimiento, como se muestran en la Tabla 33:

Tabla 33: Costo actuales netos del sistema híbrido.

Costos Netos						
Componente	Inversión (\$)	Reemplazo (\$)	O&M (\$)	Combustible (\$)	Rescate (\$)	Total (\$)
Turbina	433.449	9.693	3.083.768	2.516	-9.659	3.519.766
350kW Diésel	173.838	16.396	116.523	186.797	-528	493.026
350kW Diésel (1)	137.880	12.437	146.893	270.136	-935	566.411
Grid	675.501	0	853.718	0	0	1.529.219
Boiler	0	0	0	31.887	0	31.887
Batería	300	292	152	0	0	744
Converter	150.000	146.169	227.293	0	0	523.462
Otros	3.744.000	0	0	0	0	3.744.000
Sistema	5.314.968	184.986	4.428.346	491.336	-11.122	10.408.514

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Análisis de los resultados del Costo Anualizado del sistema híbrido.

El costo anualizado sirve como una medida útil para comparar los costos de los diferentes componentes, pues mide su relativa contribución al costo actual neto total. También permite una comparación entre componentes con costos bajos de inversión y costos altos de operación y componentes con costos altos de inversión y costos bajos de operación. (Ver Figura 57).

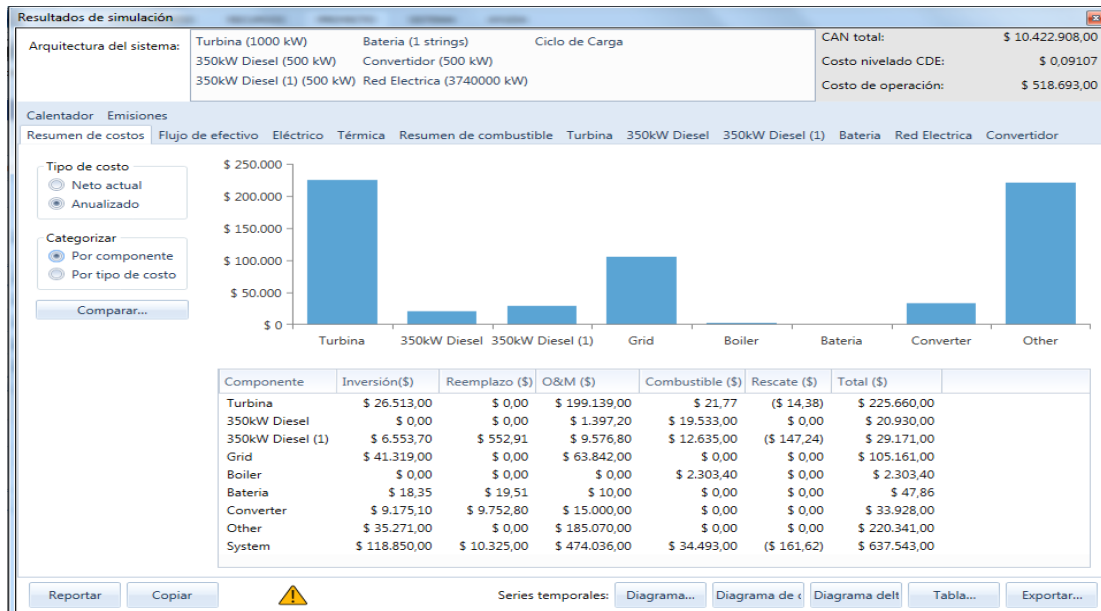


Figura 57: Resultados del costo anualizado del sistema híbrido
Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Análisis: El costo anualizado por componentes claramente nos muestra que el costo de mantenimiento es mucho más alto que el costo de inversión. Los costos anualizados de cada componente del sistema y del sistema completo aparecen en la tabla de resumen de costos, que se encuentra en la ventana de Resultados de Simulación, como se muestran en la Tabla 34.

Tabla 34: Costo anualizados del sistema híbrido.

Costos anualizados						
Componente	Inversión (\$)	Reemplazo (\$)	O&M (\$)	Combustible (\$)	Rescate (\$)	Total (\$)
Turbina	28.605	640	203.510	166	-637	232.283
350KW Diésel	11.472	1082	7.690	12327	-35	32.536
350KW Diésel (1)	9.099	821	9.694	17827	-62	37.379
Grid	44.579	0	56.340	0	0	100.919
Boiler	0	0	0	2.104	0	2.104
Batería	20	19	10	0	0	49
Converter	9.899	9.646	15.000	0	0	34.545
Otros	247.082	0	0	0	0	247.082
Sistema	350.756	12.208	292.245	32.425	-734	686.900

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Análisis de los Resultados del Costo Anualizado por costos del sistema híbrido.

En la Figura 58 se muestran los resultados del costo anualizado por costos de gastos en el sistema híbrido. (Ver Figura 58).

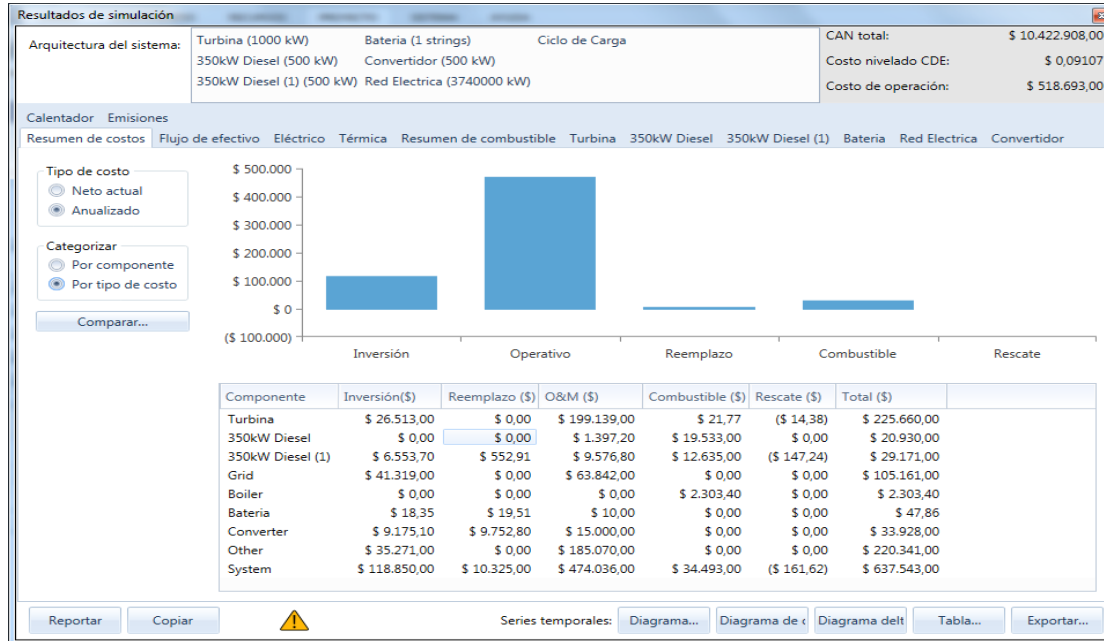


Figura 58: Resultados del costo anualizado por costos del sistema híbrido
 Elaborado por: Jiménez Chafla Marcela Adriana (2017)

Análisis: El costo anualizado por costos, por inversión son mucho menores a los costos de operación y mantenimiento, como el de reemplazo está calculado con la depreciación de maquinaria es muy bajo, el costo de los combustibles también bajo pero para 30 años. (Ver Figura 58).

Análisis de los resultados de la producción eléctrica total del sistema híbrido.

El costo nivelado de energía (CDE) como el costo promedio por KW/h de energía eléctrica útil producida por el sistema, se divide el costo anualizado de producción de energía (el costo total anualizado menos el costo de la carga térmica) entre el total de carga eléctrica servida, se muestran los resultados del costo anualizado por costos del sistema híbrido. (Ver Figura 59).

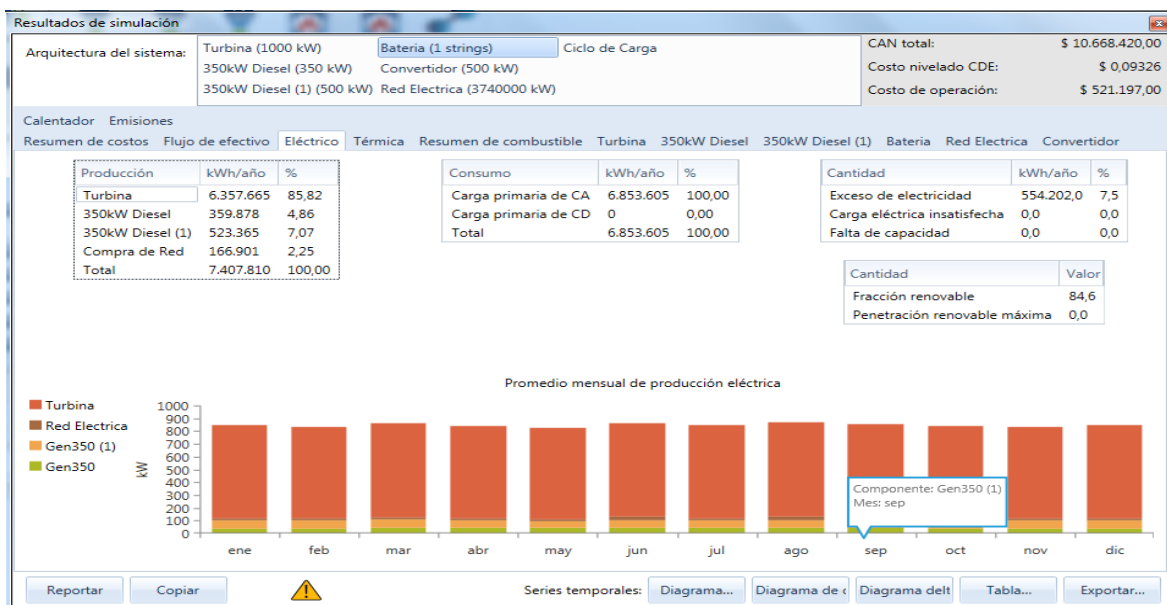


Figura 59: Resultados del costo anualizado por costos del sistema híbrido
Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Análisis: El costo de la energía con el sistema híbrido propuesto nos da un total de producción del 100% a un costo promedio de 0,0936 KW/h con un exceso de electricidad de 7,5% que se lo puede distribuir en las oficinas de la empresa, con total de energía eléctrica producida de 7.407.810 KWh/año de producción de energía durante todo el año, como se muestran en la Tabla 35.

Tabla 35: Resultados de la producción eléctrica total del sistema híbrido

Componente	Producción(KWh/año)	Fracción (%)
Turbina	6.357.688	86
Grupo electrógeno	359.878	5
Grupo electrógeno 1	523.351	7
Compras a la red	166.911	2
Total	7.407.828	100

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Análisis de los resultados térmicos del sistema híbrido

En la Figura 60 se muestran los resultados de la simulación de la carga térmica. (Ver Figura 60).

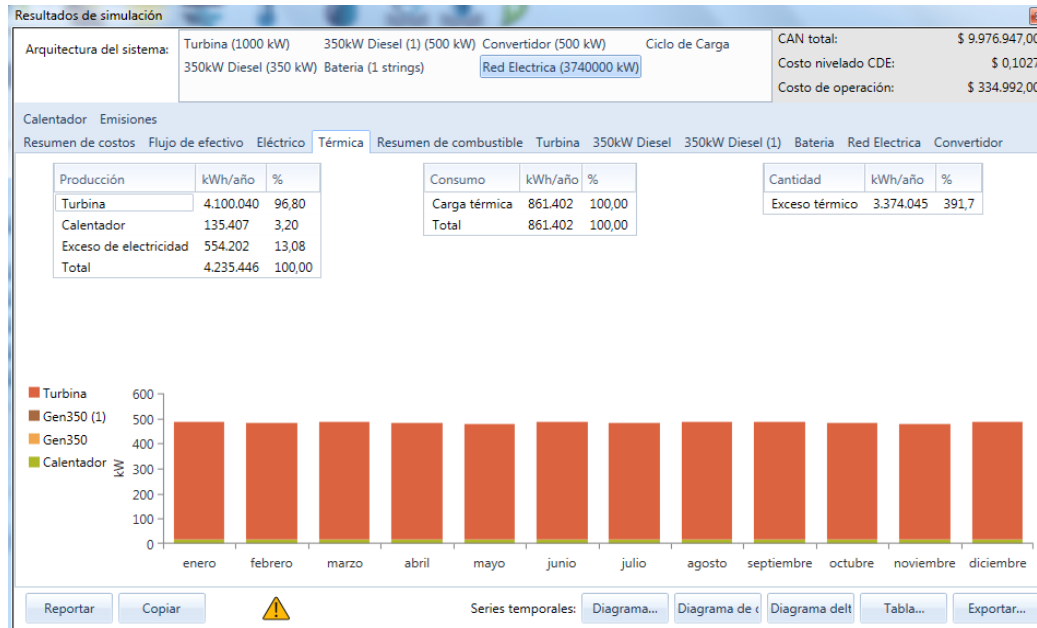


Figura 60: Resultados del análisis térmico en la turbina
Elaborado por: Jiménez Chafía Marcela Adriana (2017)

Análisis: La carga térmica tiene un exceso de 391,7 % por el hecho que debería ser repartida para 3 calderas pero solo se cuenta con una caldera que funciona al 100%, para esta carga hay un exceso de electricidad de 13,08%, con un potencial eléctrico de hasta 500 kW durante todo el año produciendo 4100,040 kWh/año solo en la turbina siendo el 96,80% y el otro 3,20% está distribuido en el calentador y exceso de electricidad. (Ver Figura 60).

4.5.6 Análisis de costo actual neto ponderado para el sistema híbrido.

El costo actual neto total (CAN total) equivale al valor actual de todos los costos en los que se incurren durante el tiempo de vida, menos el valor actual de las ganancias obtenidas a lo largo del ciclo de un proyecto, esto incluyen: costo de inversión, de reemplazo, de O&M, de combustible, sanciones por emisiones, así como los costos de compra de energía a la red.

Para el cálculo del costo ponderado se toma como referencia que la empresa cuenta con una inversión por parte de la Corporación Financiera Nacional (BANE) con la concesión de un préstamo para comprar el grupo electrógeno y la conexión a la red nacional eléctrica, con un interés del 8% anual según lo acordado con la entidad financiera como se muestran en la Tabla 36:

Tabla 36: Costo ponderado del sistema híbrido

WAC (COSTO PONDERADO)				
TASA DE DESCUENTO	VALOR	ESTRUCTURA	COSTO	PONDERACION
CAPITAL CFN	\$576.628,99	100%	\$8	\$8
TOTAL DE INVERSION	\$576.628,99	1		8%

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

Para los cálculos del **TIR** y el **VAN**, el tiempo de recuperación de la inversión, esta será calculada para 10 años que es el tiempo en el que se pagara el préstamo, para 20 años que es el tiempo de recuperación de la inversión por defecto del software HOMER Pro y 30 años que es el tiempo estimado por la empresa para ver las ganancias del proyecto, en todo los casos el proyecto presenta una viabilidad muy grande, como se muestran en la Tabla 37:

Tabla 37: Valor actual neto y Tasa interna de retorno del sistema híbrido

	GANANCIA VIABILIDAD	TIEMPO DE RECUPERACION
TIR	\$ 5.934.567,39	10 años
VAN	\$ 5.357.938,40	
TIR	\$ 9.151.921,17	20 años
VAN	\$ 8.575.292,18	
TIR	\$ 10.981.834,54	30 años
VAN	\$ 10.405.205,55	

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

HOMER Pro calcula el CAN total sumando el total de flujos de efectivo descontados en cada año del ciclo de vida del proyecto, es el valor a partir del cual se clasifican todas las configuraciones del sistema en los resultados de optimización, también es la base para calcular el costo total anualizado y el costo nivelado de energía como se muestran en la Tabla 38:

Tabla 38: Valor actual neto CAN del sistema hibrido

	GANANCIA VIABILIDAD	TIEMPO DE RECUPERACION
VAN	\$ 5.939.916	10 años
VAN	\$ 8.668.354	20 años
VAN	\$ 10.422.908	30 años

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

4.5.7 Análisis de Emisiones y Contaminantes del sistema hibrido.

En base a los datos recolectados sobre los combustibles que se utiliza en el diseño del sistema hibrido y los procesos para la obtención de energía eléctrica, HOMER Pro presenta el siguiente análisis de emisiones y contaminantes, como se muestran en la Tabla 39:

Tabla 39: Valores de la emisiones y contaminantes del sistema hibrido

Emisiones		
Contaminante	Emisiones	Unidades
Dióxido de carbono	759685	Kg/año
Monóxido de carbono	1510	Kg/año
Hidrocarburos incombustos	167	Kg/año
Material particulado	114	Kg/año
Dióxido de azufre	1772	Kg/año
Óxidos de nitrógeno	13696	Kg/año

Elaborado por: Jiménez Chafra Marcela Adriana (2017)

CONCLUSIONES:

- ✓ El potencial eléctrico con el que cuenta la planta extractora en la actualidad es de 670 KW que produce el generador eléctrico, con una disponibilidad de biomasa durante los 12 meses, con un rango de 300 a 400 ton/mes, una carga térmica con un exceso de 391,7%, la cogeneración eléctrica tiene un costo neto anual al 2017 de \$984.027,94 dólares y \$0,44 dólares el costo por KW/h.
- ✓ Con los datos del vapor que sale de las calderas y la turbina de vapor que trabaja a una presión de 22 bares y una temperatura de vapor de 260 °C, se calculó la eficiencia de generación de vapor en la caldera que es de 9,334%, con un costo de energía de \$1181,93377 \$/año, un costo operativo por combustible de \$12709,008 \$/año, la turbina alimenta a un alternador y genera una potencia eléctrica de 670 KW.
- ✓ El diseño del sistema híbrido, tiene una optimización con un margen de error de precisión de 0,01%, cubriendo la necesidad de potencial eléctrico al 100%, con un exceso de electricidad 7,5% a un costo promedio de 0,0936 KW/h con un incremento de más de 800 KW de generación de energía eléctrica durante todo el año, a un costo de \$0,10 dólares, por KW/h, durante los 30 años de vida funcional del proyecto.
- ✓ La empresa debe solicitar un préstamo de \$576.628,99 dólares a la Corporación Financiera Nacional del Ecuador (BANE), a un interés anual del 8%, con un rango de \$0,13 a \$0,22 de dólar por costo de KW/h durante los 30 años que dura el proyecto, según los datos estimados por la gerencia de la planta extractora.
- ✓ La viabilidad y rentabilidad económica de la empresa agroindustrial extractora de aceite de palma, presenta un TIR de \$10.981.834,54 dólares, valor que devuelve el proyecto libre de costos y gastos, con un VAN de \$10.405.205,55 dólares que representa que el proyecto es viable y factible, con una estimación de crecimiento anual 1,05, a un tiempo máximo de 30 años, según los datos estimados por la gerencia de la planta extractora.

RECOMENDACIONES:

- ✓ Para mejorar las condiciones actuales de planta extractora se podría sugerir un análisis de un ciclo combinado para la cogeneración eléctrica, que podrían tener eficiencias de uso mucho mayores que la central eléctrica simple de vapor mayores que 35% y así aprovechar en proporciones exactas el calor de proceso según los requerimientos de hasta 1,6 MW, y produciendo energía eléctrica de hasta 0,6 MW.
- ✓ Con la utilización de software o programas que permiten la simulación de sistemas de generación eléctrica híbrida o combinada se logra un diseño detallado y los análisis de costos y energético con un porcentaje de error muy bajo. Para los cuales se debe analizar el impacto de diversos factores de diseño sobre la estructura y operación del sistema híbrido óptimo.
- ✓ Se deberá realizar un estudio de la contaminación y emisiones de gases con el cuesco de palma africana, como obtener biocombustible y como desechar los residuos de la palma sin afectar al medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIBLIOGRAFÍA:

- ✓ AIGUASOL Sistemes Avançats d'Energia Tèrmica. (18 de 07 de 2017). *GUÍA BÁSICA DE REDES*. Obtenido de http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_20110502_Guia_Basica_Redde_de_Calor_y_de_Frio_ES_5e18b14a.pdf.
- ✓ Ávila O., García A. y Plaza J. (2014). *Fuentes de Energías Alternas*. 1^{ra} Edición. México. Lexington, KY
- ✓ Bermejo, J. A. R. (2013). *Análisis de la problemática e investigación de aspectos avanzados de la generación eléctrica con biomasa* (<http://purl.org/dc/dcmitype/Text>). Universidad de La Rioja. Recuperado a partir de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=40430>
- ✓ Ministerio del Ambiente. (2017). Recuperado 20 de Noviembre de 2017, a partir de <http://www.ambiente.gob.ec/biblioteca/>
- ✓ Cosme, R. (06 de 06 de 2014). *Ciclos de Potencia de Vapor*. Recuperado el 23 de 07 de 2017, Universidad Autonoma del Perú, Termodinamica, Ciclos de Pontencia y Combinados: https://www.slideshare.net/irisyaninacamposjime/ciclos-de-potencia-de-vapor-y-combinadostermodinamica?next_slideshow=1
- ✓ Constitucion de la Republica. (21 de 05 de 2017). *Reglamentos de la Constitucion de la Republica del Ecuador*. Obtenido de Reglamentos de la Constitucion de la Republica del Ecuador: <http://pdba.georgetown.edu/Parties/Ecuador/Leyes/constitucion.pdf>
- ✓ Corporacion Financiera Nacional. (13 de 08 de 2017). *Tasas de interes*. Obtenido de <https://contenido.bce.fin.ec/docs.php?path=/documentos/Estadisticas/SectorMonFin/TasasInteres/Indice.htm>
- ✓ Electricidad, A. de R. y C. de. (2017). *Agencia de Regulación y Control de Electricidad » Estadísticas del sector eléctrico ecuatoriano* (p. 105). Agencia de Regulación y Control de Electricidad. Recuperado a partir de <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/estadistica-del-sector-electrico/boletines-estadisticos/>

- ✓ Energía de Biomasa. (2015). Recuperado 19 de noviembre de 2017, a partir de <https://www.efigiegreenenergy.com/energia-de-biomasa>
- ✓ Fernández, J. M. (2013). *Compendio de Energía Solar, Fotovoltaica, Térmica y Termoeléctrica* (2013.^a ed.). Madrid: Mundi-Prensa.
- ✓ García, G. G. (2012). *Energía del Siglo XXI* (de la U, 2012). Bogotá: Mundi-Prensa. Recuperado a partir de www.mundiprensa.com
- ✓ José A. (2017). Cogeneración. Recuperado 19 de noviembre de 2017, a partir de <http://tiempoqueamar.blogspot.com/2009/03/cogeneracion.html>
- ✓ LODPEE. (21 de 02 de 2016). *Ley Organica del Servicio Publico Electrico*. Obtenido de Registro oficial: <http://www.iner.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2015/05/LOSPEE.pdf>
- ✓ López-Rodríguez, J.-C. (2014). *Diseño y control de los convertidores CC/CC para un sistema híbrido de generación eléctrica compuesto por paneles fotovoltaicos, aerogenerador y pila de combustible con electrolizador* (Tesis Doctoral). Universidad de Jaen.
- ✓ MAG. (2014). *Palma Africana, Boletín Situacional* (p. 1). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Recuperado a partir de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/situacionales-de-cultivo-2014>
- ✓ MEER. (18 de Julio de 2017). *Cogeneracion*. Obtenido de Cogeneracion: <http://www.energia.gob.ec/coogeneracion/>
- ✓ MEER. (2017). Estudio del Potencial de Cogeneración y Trigeneración en el Ecuador, Ministerio de Electricidad y Energía Renovables. Recuperado 19 de noviembre de 2017, a partir de <http://www.energia.gob.ec/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=2307&force=0>.
- ✓ MEER. (2017). MEER - Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. Recuperado 21 de noviembre de 2017, a partir de <http://www.energia.gob.ec/biblioteca/>
- ✓ Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos. (5 de 10 de 2017). *Balance Energético Nacional 2016*. Obtenido de Produccion de Energia: <http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/BALANCE-ENERGETICO-2016-PARTE-1.pdf>

- ✓ ONUDI.(2014).*1-Manual-de-capacitación-en-Optimización-de-Sistemas-de-Vapor.pdf* (Programa de energías Industriales) (p. 12). Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.
- ✓ OPDE S.A. (12 de 09 de 2017). *Tecnologías*. Obtenido de Sistemas Híbridos: <http://www.opde.net/es/tecnologias/sistemas-hibridos/>
- ✓ Ortiz Flores, R. (2012). *Generación Térmica* (Quinta). Bogotá: U2012.
- ✓ Senplades 2013-2017. (12 de 05 de 2017). *Objetivos Nacionales para un buen vivir*. Obtenido de Objetivos Nacionales para un buen vivir: <http://www.buenvivir.gob.ec/objetivos-nacionales-para-el-buen-vivir>
- ✓ Ramos Saravia, J. C., & Lozano Serrano, M. Á. (2012). *Optimización del diseño y operación de sistemas de cogeneración para el sector residencial comercial* (Ingeniería Mecánica). Universidad de Zaragoza.
- ✓ Sanz Amaya, D. (2014). *Análisis Y Optimización Energética De Una Planta De Cogeneración Para La Industria Azucarera* (Proyecto De Grado). Universidad Tecnológica De Pereira Facultad Ingeniería Mecánica Maestría En Ingeniería Mecánica Pereira, Pereira.
- ✓ Sarabia, J. C. (07 de 07 de 2016). *Optimización del diseño y operacion de sistemas de cogeneracion*. Obtenido de <http://zagan.unizar.es/record/9901/files/TESIS-2012-136.pdf>
- ✓ SENPLADES, D. D. R. (2014). Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas. *Registro Oficial, Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo*, (306).
- ✓ Sinagap. (26 de Junio de 2013). *Palma Cadenas Agroproductivas*. Obtenido de Palma Africana: http://sinagap.agricultura.gob.ec/phocadownloadpap/cultivo/2013/palma_afric%20ana.pdf
- ✓ Zagan. (13 de 06 de 2013). *Optimizacion del diseño de sistemas de cogeneracion*. Obtenido de <http://zagan.unizar.es/record/9901/?ln=es>

ANEXOS:

ANEXO A CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS CALDEROS

ANEXO B HOJA DE CONTROL DE LAS CALDERAS

ANEXO C GENERADOR A DIESEL EXISTENTE

ANEXO D DIAGRAMA DE LA RED ELECTRICA Y DE VAPOR

ANEXO E VALIDACION DE LOS INSTRUMENTOS

ANEXO A	CARACTERÍSTICA TÉCNICA DE LOS CALDEROS	A1
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Partes del Sistema: (Cada una) ✓ La caldera completa, es decir pre-fogón de tubos de agua y la caldera tubular. ✓ El recalentador ✓ El economizador ✓ El ventilador de tiro con regulación de mando manual. ✓ El ventilador de aire primario y el ventilador de distribución. ✓ El aislamiento y la caja metálica exterior. ✓ El control de nivel de agua por: ✓ Indicador de nivel con caja de reflexión Klinger. ✓ El indicador de nivel de cuadrante, modelo con flotador, type chaudré. ✓ El control de nivel de agua con flotador para nivel alto bajo - muy bajo. ✓ Un dispositivo de alimentación continua de agua, tipo modulante con válvula - reguladora. ✓ El sistema de alimentación de desechos combustibles. ✓ El plano de parrilla del tipo de volteo realizado en dos zonas longitudinales de barras giradas. ✓ Todas las válvulas y tuberías interiores con purgador continuo GESTRA y válvula de salida de vapor - tipo KSB. ✓ Válvulas de seguridad ✓ Válvula de drenaje y de purga rápida con palanca. ✓ Todos los aparatos de mando, de seguridad e instrumentos, entre otros: ✓ Manómetro, sistema Bourdon, diámetro 250 mm. ✓ Un registrador de presión graduado de 0 hasta 30 bares. ✓ Depresiómetros respectivamente para hogar, caja de humo y chimenea, tipo MECI o BAILEY. ✓ Un termómetro de lectura directa en el colector de vapor recalentado. ✓ Un dispositivo de toma de muestras de agua con serpentín enfriador. ✓ Todos los herrajes necesarios. ✓ Escaleras y pasarelas ✓ La chimenea del tipo auto - estable, altura mínima 18 m. ✓ El material refractario ✓ Sistema de control por computadora tipo iFIX scada montados por la cía. Intelware 		

ANEXO C	GENERADOR A DIESEL EXISTENTE	C1
---------	------------------------------	----



ANEXO D	DIAGRAMA DE LA RED ELECTRICA Y DE VAPOR	D1
---------	---	----

