



Universidad de Cienfuegos

Facultad de Ingeniería

Departamento de Mecánica

Tesis en opción al título de Ingeniero Mecánico.

TÍTULO: *Evaluación de los parámetros que afectan el índice de consumo de combustible en la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.*

AUTOR: *Enrique Salazar González.*

TUTORES: *Dr. Enrique Arturo Padrón Padrón.*

Ing. Dainel Sánchez Durán.

Junio 2019

“Año 61 de la Revolución”



Hago constar que el Trabajo de Diploma titulado: “Evaluación de los parámetros que afectan el índice de consumo de combustible en la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas”, fue realizado en la “Universidad de Cienfuegos” Carlos Rafael Rodríguez como parte de la culminación de los estudios en la carrera Ingeniería Mecánica, por el autor Enrique Salazar González, autorizando a que el mismo sea utilizado por la institución para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no pueda ser presentado en eventos ni publicado sin la aprobación de la propia Universidad.

Firma del autor

Los abajo firmantes, certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdos de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura, referido a la temática señalada.

Firma de Tutor(es).

Información Científica

Nombres, Apellidos y Firma

Jefe de Departamento.

Nombre, Apellidos y Firma



Cienfuegos, 20 de junio del 2019.

“Año 61 de la Revolución”

**AVAL Empresa de Mantenimiento a Grupos Electrónicos Fuel-Oil,
UEB Cienfuegos, Provincia Cienfuegos.**

Hago constar que el Trabajo de Diploma presentado en opción al título de Ingeniero Mecánico: “Evaluación de los parámetros que afectan el índice de consumo de combustible en la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas”, realizado por el alumno Enrique Salazar González y tutorado por el Dr. Arturo Padrón Padrón, fue realizado en la Provincia de Cienfuegos específicamente en el Poblado de Yaguaramas, donde radica la Central Eléctrica. La tesis está adecuadamente estructurada respondiendo a los objetivos trazados, presenta una razonada frecuencia en la comprobación técnica práctica de la hipótesis que da respuesta a la solución del problema planteado en la investigación. El resultado de este trabajo permite arribar a conclusiones muy útiles para que en un futuro se puedan implementar como solución a un problema nacional y de interés de muchas entidades.

Director UEB Cienfuegos

Nombre y Apellidos.

Firma y Cuño

Pensamiento.





*“Nosotros no estamos esperando que nos caiga el
maná del cielo y que aparezca mucho petróleo,
porque hemos encontrado, afortunadamente, algo
más importante, el ahorro de energía, que es como
encontrar un gran yacimiento”*

FIDEL CASTRO RÚZ.

5 de Mayo de 2006.

Dedicatoria.



A mis padres:

Esperanza María González Eiríz y Enrique Salazar Estrada.

En la vida siempre contamos con personas especiales que nos hacen reír, nos consuelan al llorar, nos ayudan a levantar el ánimo cuando la pasamos mal y comparten con orgullo los momentos felices. A esas personas tan especiales siempre hay que decirles lo importantes que son para nosotros...

Por darme la vida y hacer lo posible para verme lograr todos mis sueños, es que nunca terminaré de agradecer su presencia en mi vida. No cabe duda de que soy afortunado por tener padres como ustedes, por eso hoy les regalo lo más grande, con lo que todo este tiempo soñaron y que siempre les prometí que sería mi gran regalo.

Agradecimientos.



Agradezco a mis padres, por ser mi motor impulsor y todo mi apoyo, gracias por todo su amor, por guiarme a alcanzar mis sueños y aspiraciones y sobre todo gracias por compartir cada minuto de mi vida siempre con una sonrisa cálida y un abrazo tierno dispuestos a alumbrar mi camino.

Agradezco a mi tutor Arturo Padrón, por darme la mano en el momento que no había quien lo hiciera y por ayudarme a alcanzar mi meta.

Agradezco al personal de la empresa EMGEF, en especial a los Ing. Marcell Marrero y Yunier Amador que me brindaron su ayuda incondicional para la realización de esta tesis.

Agradezco al personal técnico de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas en especial al Ing. Dainel Sánchez Durán y a Osvaldo por su ayuda constante en la realización de esta tesis.

Agradezco a aquellos amigos verdaderos que me brindaron su apoyo cuando más lo necesité.

Agradezco a Gabriel, a Rey, al Chino, a José Ramón, Álvaro, Aparicio, Jaime, John, Alberto, al Wilí, al Kani, a Yair y a otros más, porque juntos compartimos buenos y malos momentos a lo largo de estos años, haciendo de nosotros una gran amistad que quedará para la historia.

Agradezco también a personas que siempre son muy importantes en mi vida y que me apoyaron para continuar cursando esta carrera cuando estuvo casi perdida, a esas personas presentes hoy aquí, gracias por sus consejos y amistad.

...a todos los que de una forma u otra ayudaron en mi formación personal y profesional, a todos, ¡MUCHAS GRACIAS! Y ojalá la vida me dé la oportunidad de retribuir su preocupación y entrega...

RESUMEN:

La política energética de Cuba en los últimos años ha estado encaminada a la introducción paulatina de grupos electrógenos en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) lo que ha beneficiado el incremento de Sistemas de Generación Distribuida dando lugar a la próspera transformación del sistema electro energético nacional, el cual, tiene como principal estrategia la explotación de estas centrales eléctricas para solucionar de forma rápida y económica los problemas existentes con la generación de electricidad al Sistema Eléctrico Nacional. Hoy en día la energía eléctrica se genera mayormente mediante el uso de combustibles fósiles es por eso que dentro de las formas más utilizadas en la generación distribuida está el uso de motores de combustión interna (diésel y fuel-oil).

La necesidad de hacer que tales sistemas operen cada vez de manera más eficiente es sin lugar a dudas una problemática planteada lo cual justifica el desarrollo de trabajos de investigación cuyos objetivos estén orientados con este fin. La investigación que se presenta tiene como objetivo general evaluar los parámetros que inciden en el aumento del índice de consumo de combustible dentro de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas; está estructurado en tres capítulos, además cuenta con conclusiones, recomendaciones, bibliografía nacional e internacional y anexos. Los resultados derivados de esta investigación pueden contribuir a la elevación de la eficiencia energética de este tipo de instalaciones.

Palabras Claves: Central eléctrica, índice de consumo, eficiencia energética, combustible y parámetros.

ABSTRACT:

The energy policy of Cuba in the recent years has been aimed at the gradual introduction of generators in the National Electric System (SEN), which has benefited the increase in Distributed Generation Systems, giving rise to the prosperous transformation of the national electric power system, which, has as main strategy the exploitation of these power plants to solve quickly and economically the existing problems with the generation of electricity to the National Electric System. Nowadays, electric power is generated mainly through the use of fossil fuels, which is why the use of internal combustion engines (diesel and fuel oil) is one of the most used forms of distributed generation.

The need to make function such systems more and more efficiently is undoubtedly a problem raised which justifies the development of researches whose objectives are oriented to this end. The research presented has the general objective of evaluating the parameters that affect the increase of the fuel consumption index within the Fuel-Oil Yaguaramas Power Plant; it is organized in three chapters, also it has conclusions, recommendations, national and international bibliography and annexes. The results derived from this research can contribute to the elevation of the energy efficiency of this type of facilities.

Key words: Power plant, consumption index, energy efficiency, fuel and parameters.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.	1
Capítulo I. Generalidades.....	4
1.1 La Generación Distribuida.	4
1.1.1 Definición de Generación Distribuida.....	4
1.1.2 Antecedentes de la Generación Distribuida.....	5
1.1.3 Surgimiento de la Generación Distribuida en Cuba.	6
1.2 Ubicación Geográfica de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.....	6
1.3 Lineamientos de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.....	7
1.4 Características generales de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.....	8
1.5 Distribución de sistemas en la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.	9
1.5.1 Sistemas de recepción y transporte de combustibles.	10
1.5.1.1 Recepción del combustible.	10
1.5.1.2 Almacenamiento de combustibles.	11
1.5.1.3 Sedimentación del combustible HFO.....	12
1.5.1.4 Bombas de alimentación de combustible.....	12
1.5.1.5 Transferencia y purificación del combustible.	14
1.5.2 Sistema de tratamiento de agua.	17
1.5.3 Sistema de compresores.	17
1.5.4 Caldera de vapor.	18
1.5.5 Sistema de control y monitoreo automático.	20
1.5.6 Arranque en negro.	21
1.5.7 Sistema Motor-Generador (MDU).....	21
1.5.7.1 El motor de combustión interna HIMSEN 9H21/32.	23
1.5.7.1.1 Partes principales del motor HIMSEN 9H21/32.	24

1.5.7.1.2 Ciclos de trabajo del motor Himsen 9H21/32.....	27
1.5.7.1.3 Principales Sistemas del Motor.....	28
1.5.7.1.4 Funcionamiento del turbocargador.	30
1.5.7.2 El Generador Eléctrico.....	32
1.5.8 Unidad de Tableros Eléctricos (ETU).....	32
1.6 Materias Primas.....	34
1.6.1 Combustible.....	34
1.6.2 Aceites lubricantes.....	35
1.6.3 Aguas tratadas como refrigerantes.....	36
1.7 Eficiencia energética.....	37
1.8 Datos medioambientales de la central eléctrica.....	38
CAPITULO II ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE CONSUMO.....	40
2.1 Generalidades sobre el índice de consumo de combustible.....	40
2.2 Resultados alcanzados por la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.	40
2.3 Portadores energéticos en la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.	42
2.3.1 La Electricidad como portador energético.....	42
2.3.2 El Fuel-Oil como portador energético.	47
2.3.2.1 Índice de consumo de combustible fuel-oil.	47
2.3.2.2 Diagrama Ishikawa del índice de consumo de combustible.....	49
CAPITULO III ANÁLISIS ECONÓMICO.....	61
3.1 Generalidades.	61
3.2 Los consumos internos en la Central Eléctrica Fuel-oil Yaguaramas.	61
3.2 Los principales elementos del costo de producción expresados en forma monetaria son:	62
3.2.1 Gastos en materiales y materias primas.....	63

3.2.2 Gastos en Combustibles y Lubricantes.....	63
3.2.3 Gastos en Energía Eléctrica.	64
3.2.4 Gastos en salarios.	64
3.2.5 Costos generados por la amortización de equipos.	65
3.2.6 Total de Gastos Directos.	66
3.2.7 Total de Gastos Indirectos.	66
3.2.8 Total de gastos de la Central Eléctrica Fuel-oil Yaguaramas en 2018...	67
3.2.9 Costo de Generación por cada MWh.....	67
CONCLUSIONES GENERALES.....	69
RECOMENDACIONES:	70
BIBLIOGRAFÍA.	72
ANEXOS.	77

INTRODUCCIÓN.

Hasta hace pocos años en Cuba las centrales termoeléctricas llevaban todo el peso en la generación de electricidad, solo una pequeña parte le correspondía a la generación eólica e hidroeléctrica. A raíz de esta situación surgen ciertos problemas con la generación de electricidad, existían enormes pérdidas en el transporte de la energía desde las centrales termoeléctricas hasta el consumidor, debido a que entre ambos había cientos de kilómetros de distancia. Además, las propias centrales comenzaron a deteriorarse obligando al país a realizarles fundamentalmente reparaciones capitales.

Comenzó entonces con todos estos problemas un crecimiento de la demanda de energía eléctrica que el país por su situación económica no podía satisfacer. En un principio se tomó como alternativa comenzar a cortar la energía principalmente en los horarios pico de consumo de electricidad hasta que apareció entonces en el campo de la generación de electricidad el concepto de generación distribuida. Esta consiste en la generación de energía eléctrica por medio de pequeñas fuentes, se caracteriza generalmente por encontrarse instalada en puntos cercanos al consumidor y por reducir los flujos de energía por la red disminuyendo así las pérdidas en esta. Estas plantas de generación a pequeña escala pueden tener instaladas tecnologías de cogeneración, pilas de combustibles, microturbinas, energía solar fotovoltaica, pequeños sistemas de energía eólica o motores de combustión interna.

Con esta situación el estado cubano emprendió una investigación sobre la ubicación de emplazamientos diésel de generación distribuida en lugares cercanos al consumidor. Posteriormente se comenzó a instalar emplazamientos consumidores de fuel-oil como combustible, reduciendo así su costo de explotación y mantenimiento. Estas centrales de fuel-oil se fueron explotando intensamente por el país debido a su situación, por esta razón, el desarrollo de la generación distribuida en el país debe estar dirigido a satisfacer los programas sociales y otros trazados por la Revolución para lo cual se necesita promover o potenciar la eficiencia energética y reducir el costo de explotación, disminuyendo el índice de

consumo de combustible e incrementando el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía, ya sean en régimen aislado o integradas a la red eléctrica.

La Generación Distribuida constituye un nuevo concepto entonces para la producción y venta de energía eléctrica hoy en día y las plantas de fuel-oíl no son una excepción por lo que la eficiencia energética de las plantas eléctricas actuales se impone como una prioridad, siendo así la determinación de los principales factores que inciden en los índices de rentabilidad en las unidades de generación un aspecto de vital importancia lo cual es uno de los objetivos fundamentales de este trabajo.

Problema científico.

La Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas presenta un incremento del índice de consumo de combustible, lo que en largos períodos de trabajo afecta la eficiencia de la instalación.

Hipótesis.

Si se evalúan los parámetros que afectan críticamente el índice de consumo de combustible entonces se contribuirá al mejoramiento de los niveles de eficiencia de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

Objetivo general.

Evaluar los parámetros que inciden en el aumento del índice de consumo de combustible en la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

Objetivos específicos.

1. Desarrollar una búsqueda bibliográfica relacionada con las Centrales Eléctricas Fuel-Oil con tecnología HYUNDAI de 1.7 MW.
2. Definir los factores que provocan incremento del índice de consumo de combustible.
3. Evaluar los parámetros que se encuentra afectando críticamente el índice de consumo de combustible.

4. Determinar el índice de consumo de combustible real con el que se encuentra operando actualmente la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.
5. Analizar cómo afecta económicamente el incremento del índice de consumo de combustible a la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

Organización del informe:

En el primer capítulo: Se lleva a cabo una búsqueda bibliográfica acerca del funcionamiento de todos los equipos y sistemas dentro de las Centrales Eléctricas Fuel-Oil con tecnología HYUNDAI de 1.7 MW existentes en Cuba y en el mundo.

En el segundo capítulo: Se definen los factores que dentro de una Central Eléctrica Fuel-Oil influyen en el aumento del índice de consumo de combustible y se evalúan así los parámetros que se encuentran críticos e inmersos en el aumento del índice de consumo de combustible real y actual de la instalación.

En el tercer capítulo: Se analiza la influencia económica que tiene para la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas el incremento de su índice de consumo de combustible.

Capítulo I. Generalidades.

Introducción del Capítulo.

En este capítulo se hace una revisión bibliográfica de conceptos y teorías necesarias para una mejor comprensión de los capítulos posteriores. Se explica claramente que es la generación distribuida, como se puede encontrar en nuestro país, sus ventajas y desventajas y además se resume generalmente el funcionamiento de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas incluyendo todos sus sistemas, procesos y componentes.

1.1 La Generación Distribuida.

1.1.1 Definición de Generación Distribuida.

La Generación In-Situ, Generación Dispersa, o más conocida como Generación Distribuida (GD) no está definida internacionalmente, son de capacidades pequeñas, están conectadas a las redes de medio y bajo voltaje y no contribuyen al control del voltaje y frecuencia.

A continuación, se presentan algunas definiciones dentro de las más ilustrativas:

- Producción de electricidad con instalaciones que son suficientemente pequeñas en relación con las grandes centrales de generación, de forma que se puedan conectar casi en cualquier punto de un sistema eléctrico.
- Es la producción de electricidad por generadores colocados, o bien en el sistema eléctrico de la empresa, en el sitio del cliente, o en lugares aislados fuera del alcance de la red de distribución.
- Es la generación de energía eléctrica a pequeña escala cercana a la carga, mediante el empleo de tecnologías eficientes, destacando a la cogeneración, con la cual se maximiza el uso de los combustibles utilizados.(Trebolle, 2006)
- Según el IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers):"Generación Distribuida es la producción de electricidad con instalaciones que son suficientemente pequeñas en relación con las grandes centrales de generación, de forma que se puedan conectar casi en

cualquier punto de un sistema eléctrico. Es un subconjunto de recursos distribuidos". (Nimpitiwan., 2005)

✚ En resumen, se plantea que: la Generación Distribuida es la generación o el almacenamiento de energía eléctrica a pequeña escala, lo más cercana al centro de carga, con la opción de interactuar con la red eléctrica y en algunos casos, considerando la máxima eficiencia energética. (Fernández, 2016)

1.1.2 Antecedentes de la Generación Distribuida.

La industria eléctrica debido al crecimiento demográfico y a la demanda de bienes y servicios, evolucionó hacia el esquema de Generación Centralizada, precisamente porque la central eléctrica se encontraba en el centro geométrico del consumo, mientras que los consumidores crecían a su alrededor. Sin embargo, se tenían restricciones tecnológicas de los generadores eléctricos de corriente continua y su transporte máximo por la baja tensión, que era de 30 a 57 kilómetros. Con el tiempo, la generación eléctrica se estructuró como se conoce hoy en día, es decir, con corriente alterna y transformadores, lo que permite llevar la energía eléctrica prácticamente a cualquier punto alejado del centro de generación. Bajo este escenario, se perdió el concepto de Generación Centralizada, ya que las grandes centrales se encuentran en lugares distantes de las zonas de consumo, pero cerca del suministro del combustible y el agua.

En los años setenta, factores energéticos (crisis petrolera), ecológicos (cambio climático) y la demanda eléctrica (alta tasa de crecimiento) a nivel mundial, plantearon la necesidad de alternativas tecnológicas para asegurar, por un lado, el suministro oportuno y de calidad de la energía eléctrica y, por el otro, el ahorro y el uso eficiente de los recursos naturales. Una de estas alternativas tecnológicas es generar energía eléctrica lo más cerca posible al lugar del consumo, precisamente como se hacía en los albores de la industria eléctrica, incorporando ahora las ventajas de la tecnología moderna y el respaldo eléctrico de la red del sistema eléctrico. A esta modalidad de generación eléctrica se le conoce como Generación Dispersa, o más cotidianamente, Generación Distribuida.

Una de las formas de utilización de la generación distribuida es el uso de motores de combustión interna (motores diésel y fuel-oil). Cuba se encuentra inmersa en un proceso de transformaciones en el sistema electro energético nacional, en el cual, su principal estrategia es la explotación de estas plantas para solucionar de forma rápida y económica los problemas existentes con la generación en el SEN. (Ministerio de la Industria Básica., 2002)

1.1.3 Surgimiento de la Generación Distribuida en Cuba.

Desde hace varios años Cuba venía afrontando problemas con el suministro de energía eléctrica debido al envejecimiento y deterioro de las redes eléctricas y las plantas térmicas. Este quebrantamiento en las centrales se debía, a los años de explotación de estas, a los daños provocados por los huracanes en las líneas de transmisión, su transmisión y distribución que dejaban sin servicio eléctrico a vastas regiones del país durante semanas. La salida de operación de la planta “Antonio Guiteras” en Matanzas, por ser la mayor del país, produjo adicionalmente, serias afectaciones debidas, precisamente, al gran déficit de generación que provocaba su ausencia por su gran potencia (300 MW). A raíz de estos problemas se decide por la máxima dirección del país y los especialistas de la Unión Eléctrica, adquirir un grupo apreciable de plantas "pequeñas", que contribuirían a mejorar la confiabilidad del sistema eléctrico cubano, comenzando así el surgimiento de parques eólicos, sistemas de paneles fotovoltaicos y estas pequeñas centrales eléctricas, siendo así la actual presencia de 29 instalaciones de fuel-oil y diesel a lo largo de todo el país, donde nuestra provincia de Cienfuegos es líder en la producción de energía eléctrica pues la UEB Cienfuegos posee 3 plantas de fuel-oil dentro de las cuales se encuentra la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

1.2 Ubicación Geográfica de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

La construcción y operación de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas está ubicada en la entrada del poblado de Yaguaramas, municipio Abreus. Se localiza muy cerca del Sistema de Paneles Solares Fotovoltaicos (5 MW) de tecnología China, ambos se encuentran conectados a la Subestación Eléctrica Yaguaramas

110kv. En la tabla 1.1 se muestra con quienes limita la instalación y en la figura 1.1 se detalla una foto de satélite de la ubicación real de la Central Eléctrica.

Tabla 1.1 Colindantes de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

Norte	Este	Sur	Oeste
Subestación Yaguaramas 110kV	Carretera Aguada - Cienfuegos	Paneles Fotovoltaicos (5MW)	Poblado de Yaguaramas.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 1.1 Ubicación real de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

Fuente: Google Maps.

1.3 Lineamientos de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

Misión: Generar electricidad al sistema electro energético nacional para incrementar la disponibilidad y confiabilidad del mismo, logrando de esta forma un servicio eléctrico continuo y de calidad.

Visión: Ser líderes nacionales como Central Eléctrica de Fuel-Oil, reconocido por su excelencia en la generación de energía eléctrica, distinguiéndose por ser un colectivo de trabajadores motivados, comprometidos y con alto sentido de pertenencia.

1.4 Características generales de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

La planta emplea la tecnología HYUNDAI de Corea; consta de tres baterías de cuatro unidades de 1,7 MW cada una, con una capacidad de 20.4 MW de generación total por la planta y de aporte al SEN, está compuesta principalmente de:

- Transformadores y Contenedores de celdas de interconexión.
- Motor Generador MDU y Unidad Eléctrica ETU.
- Plantas de tratamiento de combustible y tratamiento químico de agua.
- Compresores, Caldera, Bombas de varios tipos.
- Tanques para: Fuel-Oíl, Diésel, Diésel centrifugado y Aceite usado.
- Sistema Contra incendio: Tanque 300 m³ y su propio sistema de bombeo.
- Laboratorio Químico.
- Oficinas administrativas, almacenes y talleres

Tabla 1.2 Distribución de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

Distribución Central Eléctrica FUEL-OIL Yaguaramas.	
Central Yaguaramas	3 Baterías
Batería	4 MDU
MDU	12 Unidades de conjunto motor –generador.
HTU	3 Unidades de Tratamiento de Hidrocarburos.
Estación de compresores	3 Unidades que abastecen aire para el arranque de las 12 unidades.
Bombas	39 Bombas de combustible y 3 de lodo.
Calderas	3 Calderas que generan vapor para toda la central.
HTU Aceite	3 Purificadoras.
HTU HFO	6 Purificadoras.
Sistema contra incendios	1 Unidad para toda la Central.
PTQA	1 Planta para toda la Central
Área de recepción de combustible	Capacidad para recibir 1700 m ³ .

Fuente: Elaboración propia.

1.5 Distribución de sistemas en la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

Los elementos principales que posee un emplazamiento de este tipo se dividen en dispositivos de una batería y componentes comunes. Estos últimos son únicos para toda la central eléctrica. Dentro de ellos está la sala de control y monitoreo remotos, la planta de tratamiento de agua (WTU) y el generador de arranque en negro (BSG). Cada batería está compuesta por cuatro conjuntos motor-generator (MDU), una planta de tratamiento de combustible y aceite (HTU), una unidad de control eléctrico (ETU), dos compresores (uno de alta y otro de baja presión), una caldera recuperativa y un transformador de enlace con el sistema eléctrico nacional. Su esquema de funcionamiento se indica en la figura 1.2. (CNCI, 2007b)

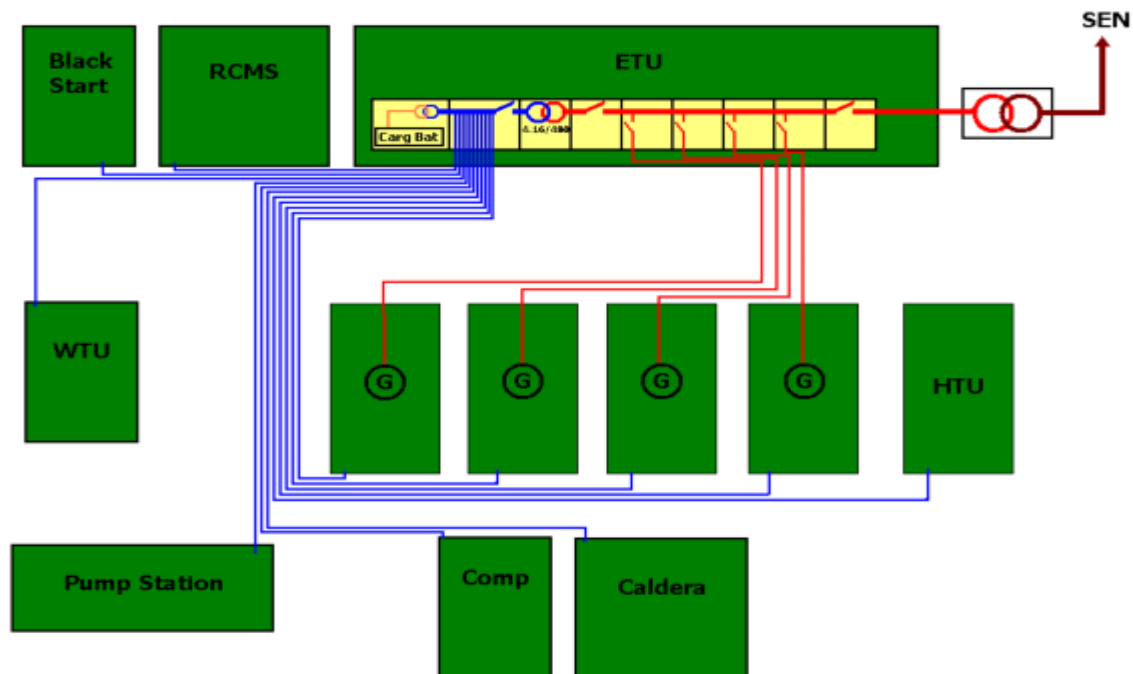


Figura 1.2 Representación de una batería de fuel-oil.

Fuente: (CNCI, 2007)

1.5.1 Sistemas de recepción y transporte de combustibles.

1.5.1.1 Recepción del combustible.

El combustible es transportado por medio de pailas con capacidad de (25000 L) desde la Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos” hasta las instalaciones de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas recorriendo así una distancia de 20 km aproximadamente.



Figura 1.3 Descargue de pailas en el área de recepción de combustible.

Fuente: (Central Santa Elena II. Ecuador)

La Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas cuenta con un sistema de recepción de combustibles conformado por 2 tomas de recepción de combustible pesado (HFO) Y 2 tomas de recepción de combustible diésel, el sistema indicado inicia con las bombas de recepción que permiten descargar el combustible de las pailas y enviarlos hacia los tanques de almacenamiento, pasando previamente por filtros y flujómetros.



Figura 1.4 Bomba de Recepción de Fuel-Oil. Tipo: Tornillo, Q: 25 m³/H, P: 3,5 bar

Fuente: Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.



Figura 1.5 Bomba de Recepción de Diesel. Tipo: Tornillo, Q: 25 m³/H, P: 3,5 bar
Fuente: Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

1.5.1.2 Almacenamiento de combustibles.

El combustible pesado HFO es enviado hacia dos tanques con capacidad de 1000 m³ y 700 m³ para su almacenamiento.



Figura 1.6 Tanque de Fuel-Oil. Tipo API, Atmosférico Vertical, Cap. 700 m³
Fuente: Planta Termopichincha. Sacha. Ecuador

El combustible diesel es llenado en dos tanques con capacidad para 100 m³ y 80 m³; se recibe en la misma estación de recepción de combustibles, a través de su sistema de bombeo independiente.



Figura 1.7 Tanques de almacenamiento de Diesel (Cap. 100 m³ y 80 m³)
Fuente: Planta Termopichincha. Sacha. Ecuador.

1.5.1.3 Sedimentación del combustible HFO.

La Sedimentación del combustible pesado HFO se lleva a cabo en los mismos tanques de almacenamiento, puesto que se rota su uso para lograr este objetivo. La sedimentación implica el asentamiento por gravedad de las partículas sólidas suspendidas en un líquido.

Puede dividirse en dos clases: sedimentación de materiales arenosos y sedimentación de limos. Por lo general, en la sedimentación se conlleva a la separación del agua contenida en el combustible por efectos de condensación, o también por efectos mismos de la refinación, también se generan sólidos residuales como son los sedimentos arenosos productos de que se trata de un combustible pesado o residuo de petróleo. (Morante, 2014)

1.5.1.4 Bombas de alimentación de combustible.

El combustible es suministrado a las unidades HTU para su mejoramiento de condiciones de temperatura y viscosidad para utilización en las unidades de generación, es bombeado hasta las mismas a través de un sistema de bombeo, el cual tiene dos bombas, una de servicio y una en stand by, la cual trabaja de manera alternada de acuerdo a la programación de mantenimientos.



Figura 1.8 Sistema de bombas de alimentación.
Fuente: Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

Este combustible requiere ser puesto en condiciones aptas para ser inyectado en los motores, para lo cual se utiliza las bombas de transferencia o trasiego, que son las que nos permiten llevar el combustible tanto de Fuel-Oil como de Diesel de los tanques de almacenamiento hacia las unidades de tratamiento de combustible.



Figura 1.9 Bomba de Traslado de Fuel Oil. Tipo: Tornillo, Q: 10 m³/H, P: 3,5 bar.
Fuente: Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.



Figura 1.10 Bomba de Trasiego de Diesel. Tipo: Tornillo, Q: 10 m³/H, P: 3,5 bar.
Fuente: Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

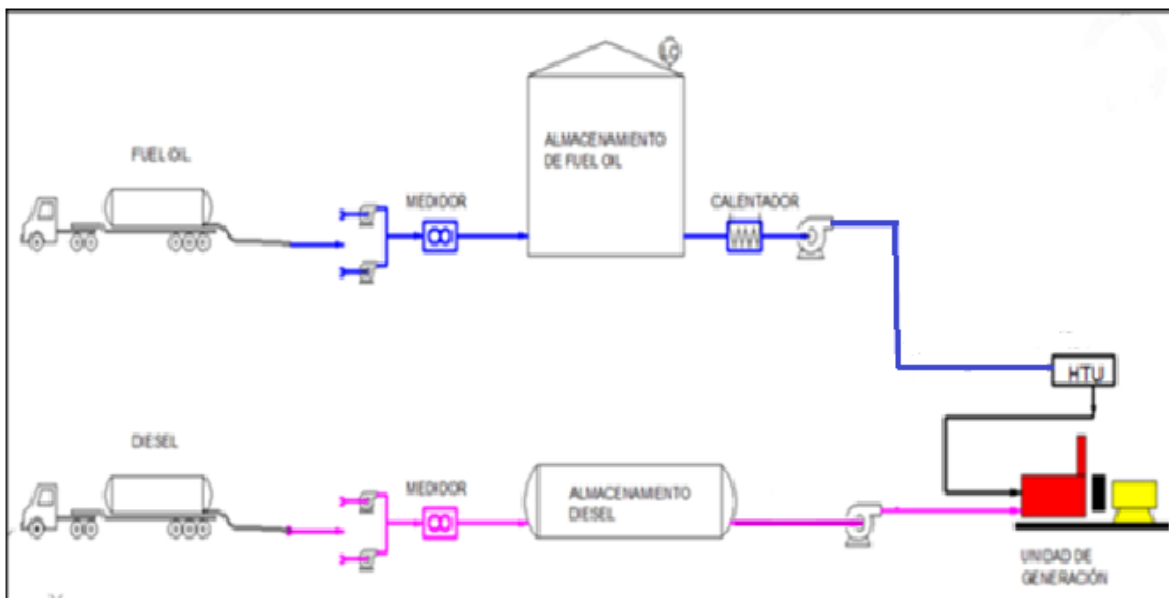


Figura 1.11 Diagrama de flujo de combustible en la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

Fuente: Elaboración propia a partir de Paint.

1.5.1.5 Transferencia y purificación del combustible.

La **planta de tratamiento de combustible y aceite** está diseñada para garantizar los parámetros de presión y viscosidad del combustible para que sean quemados eficientemente en el motor diesel (6 bar y 12 cSt), eliminar el contenido de sólidos y agua en el combustible y el aceite mediante un proceso de centrifugado (depuración). Posibilitar el funcionamiento del motor diesel con combustible ligero o pesado según sea la demanda.

Estas plantas están conformadas por 3 depuradoras (2 de combustible y una de aceite), bombas reforzadas, válvulas de 3 vías de suministro de combustible pesado y ligero, sistemas de control de viscosidad, un tanque de lodo, entre otros. La depuradora es un equipo altamente complejo, posee dos funciones fundamentales, una es extraer los sólidos presentes en el combustible o el aceite y la otra es extraer el agua de ambos si no está en estado de emulsión (mezclados casi homogéneamente por la agitación mecánica). Este equipo basa su principio en incrementar la fuerza separadora de dos líquidos insolubles incorporando fuerza centrífuga a estos. Las depuradoras de aceite trabajan continuamente realizándole el centrifugado de cada motor durante una hora uno por uno, o sea, en una planta de 4 motores la depuradora necesita 4 horas para limpiar el aceite de cada motor por separado. (CNCI, 2007b)



Figura 1.12 Vista interior de la Unidad de Tratamiento de Hidrocarburos (HTU).

Fuente: Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

De las depuradoras de combustible solo una de ellas trabaja continuamente y la otra espera de reserva. La depuración del fuel-oil se realiza a 98°C y el aceite a 90°C . El principio de este sistema es girar el combustible a altas revoluciones con el objetivo de lograr la separación de partículas y líquidos ajenos al combustible.



Figura 1.13 Purificadora de combustible HFO (CH30-GOF)
Fuente: Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

La alimentación consiste tanto de líquidos como de sólidos, y es colocada dentro de la cámara de rotación centrífuga desde la parte superior mediante una entrada estacionaria (1). Entonces es acelerado en un distribuidor (2), ante de entrar a la pila de discos (3). El verdadero proceso de separación tiene lugar entre los discos, con la parte líquida moviéndose a través de la pila de discos hacia el orificio del centro de la cámara de centrifugado. (CNCI, 2007b)

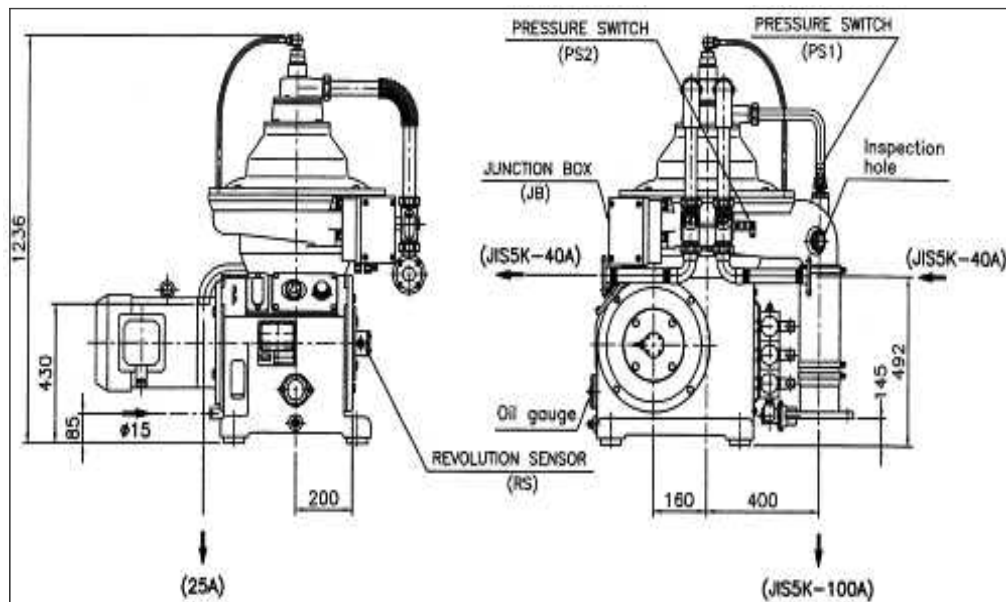


Figura 1.14 Esquema de una purificadora de combustible HFO (CH30-GOF).
Fuente: Manual HYUNDAI.

1.5.2 Sistema de tratamiento de agua.

Necesariamente para el buen funcionamiento de los procesos industriales donde interviene el agua se necesita un tratamiento previo para evitar daños en los diferentes sistemas. El propósito de **la planta de tratamiento de agua** es garantizar las características físicas y químicas del agua que demanda el fabricante. El agua en la central de fuel-oil se utiliza para tres objetivos fundamentales, uno es el enfriamiento del motor, aceite y aire de carga, otro es alimentar a la cadera para producir vapor y el último es garantizar el funcionamiento de las purificadoras de aceite y combustible. En la planta de tratamiento de agua existen al ingreso del agua filtros mecánicos de arena y carbón para eliminar sólidos, barro, arena, bacterias, olores, colores y sabores que trae de su fuente externa, ya sean ríos, presas, o pozos. Más adelante el agua pasa a través de la unidad de ósmosis inversa donde se le extraen los iones de calcio y magnesio que acreditan el agua como dura. Ambos procesos eliminan por completo las impurezas físicas y químicas del agua dejándola ligeramente por debajo del valor neutro de pH, o sea, algo ácida. A raíz de esto al agua se le añade un compensador básico (hidróxido de sodio) para llevar el pH al valor neutral (pH=7). Este último proceso exige que la adición del compensador básico sea manual con la ayuda de un peachesímetro y un conductímetro. La planta posee dos bombas de suministro modelo P-801 AB-00 con una capacidad de trabajo de $3 \text{ m}^3 / \text{h}$ a una presión de 2.5 bar. Dichas bombas una se encuentra una trabajando y otra de reserva. Las bombas que laboran en la extracción del agua en el proceso de ósmosis inversa lo hacen a igual flujo que las suministradoras, pero a mayor presión (13 bar). (CNCI, 2007b)

1.5.3 Sistema de compresores.

Cada batería tiene dos **compresores** de aire del tipo recíprocante (uno de alta y otro de baja presión), movidos por motores eléctricos de 7.3 kW de potencia en el caso del de alta presión y 5.3 kW en el de baja presión. Cada compresor garantiza el suministro de aire comprimido a los consumidores de su batería, aunque existe una válvula que permanece normalmente cerrada que brinda una conexión entre baterías diferentes. En particular la función de los compresores es garantizar el suministro de aire comprimido al motor de arranque del motor diesel, a las válvulas

solenoides de parada del motor, a las válvulas de tres vías de entrada y salida de fuel-oil, a la planta de tratamiento de agua, a la planta de tratamiento de aceite y a las válvulas de bypass de la caldera. (CNCI, 2007b)

1.5.4 Caldera de vapor.

La **caldera** de una central de fuel-oil de generación distribuida es recuperativa, ya que utiliza la energía en forma de calor de los gases de escape antes de expulsarse a la atmósfera para producir vapor y calentar agua. Básicamente es un intercambiador de calor de tubos de agua, o sea, los gases de escape viajan a un colector común para más tarde ponerlos en contacto con la superficie exterior de los tubos por donde circula el agua tratada de abajo hacia arriba, el agua por su parte circula en el mismo sentido que los gases de escape de los motores. Los parámetros de presión y temperatura del vapor se regulan por una válvula llamada bypass que se ubica a la entrada de la caldera regulando el flujo de los gases de escape que pasan por la caldera. La caldera recuperativa en particular tiene una presión nominal de 7 bar (aunque está diseñada para una presión de 11 bar), una producción de vapor de 1000 kg/h, un flujo de gases de escape de 53200 kg/h, los gases entran a 295 °C y salen a 250 °C por la chimenea, la altura de la chimenea es de 21 m, un flujo de agua de alimentación de 7 m³/h, y posee circulación forzada. Su domo es de 1100 mm y 2476 mm de diámetro y longitud respectivamente, un peso de 3.05 ton, una capacidad de 2 m³, una temperatura de operación de 169.6 °C y una presión de trabajo de 7 bar. (CNCI, 2007b)

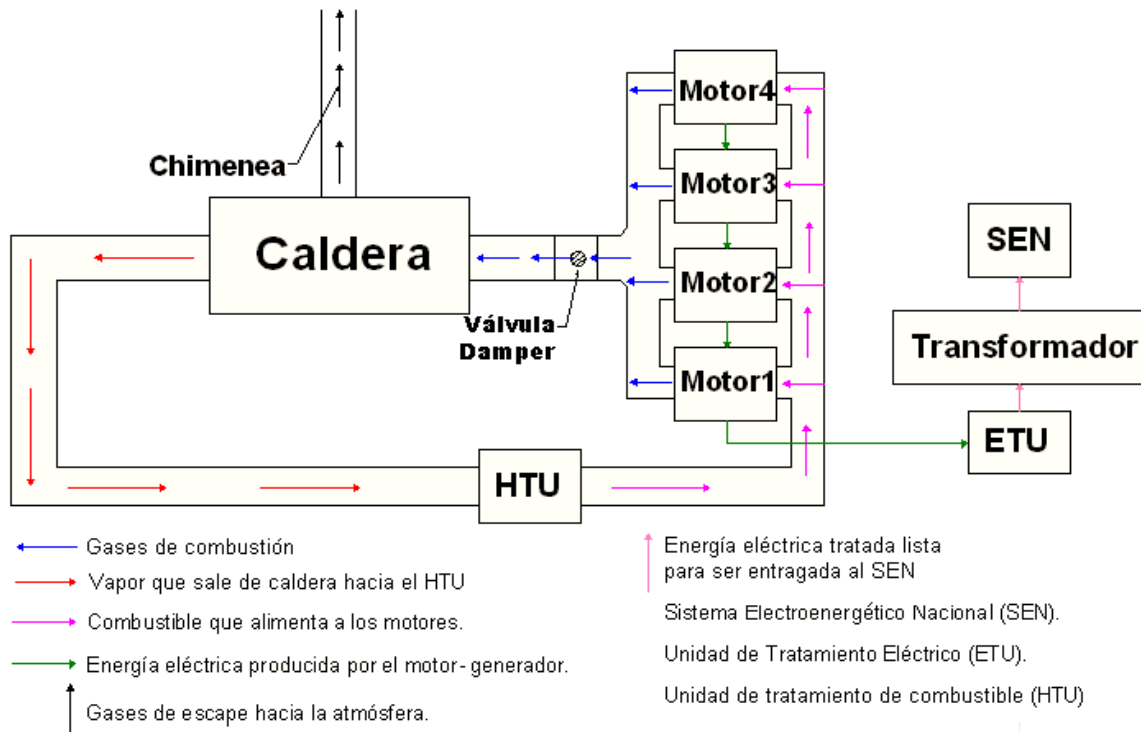


Figura 1.15 Esquema de funcionamiento de una batería de una Central Eléctrica de Fuel-Oil.
Fuente: (Reyes, 2011)

Volviendo a los gases de escape de los motores fuel-oil se puede afirmar que estos a su paso arrastran determinadas impurezas que se van depositando en la superficie exterior de los tubos de agua, creando una capa que obstruye la transferencia de calor de los gases al agua. Por tanto esta caldera además de tomar vapor para calentar el fuel-oil dedica un por ciento de ese vapor en un mecanismo de auto soplado por atomización de la superficie exterior de los tubos, eliminando así las impurezas depositadas. Este sistema funciona cada 40 segundos de forma giratoria, enviando así suficiente vapor para la limpieza adecuada de la superficie externa del tubo, mejorando también la transferencia de calor que es el principal propósito de este dispositivo. En general el vapor producido por la caldera recuperativa se emplea para el calentamiento del combustible y el aceite que garantizan el trasiego, en la combustión del fuel-oil, en la purificación del aceite y el combustible, y en el sistema de auto limpieza de los tubos de la caldera. (CNCI, 2007b)



Figura 1.16 Caldera de vapor recuperativa.
Fuente: Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

1.5.5 Sistema de control y monitoreo automático.

La **sala de control y monitoreo** es el lugar donde se opera todo el emplazamiento. Posee en su interior una consola de mando con una computadora que a través de su pantalla brinda acceso a los parámetros, mediciones, alarmas, señalizaciones, disparos y al mismo tiempo permite operar cualquier equipo. Cada consola de control está diseñada para 16 grupos motor-generator, o sea, 4 baterías. Estas poseen en su panel horizontal los botones de parada por emergencia de cada uno de los motores, las llaves para los modos de control y funcionamiento de frecuencia, voltaje y factor de potencia. En el panel vertical además del monitor de la computadora posee las lámparas de señalización de alarmas. Los paneles de control se dividen en 3 secciones. La primera es el control de los dispositivos auxiliares (ventiladores de enfriamientos, bombas y válvulas), la segunda se encarga de la señalización y control del motor y el generador (control de velocidad y voltaje), y la tercera brinda las mediciones de los principales parámetros eléctricos (potencia, voltaje, temperatura y corriente). (CNCI, 2007b)



Figura 1.17 Sistema de control automático de HTU.

Fuente: Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

1.5.6 Arranque en negro.

En particular **el generador de arranque en negro** es un grupo electrógeno diesel de emergencia, pequeño, destinado a alimentar a los consumidores imprescindibles para el arranque de solo un grupo motor-generador en situaciones de pérdida total de energía eléctrica. El arranque del emplazamiento en estas condiciones se denomina “arranque en negro”.

Este generador a pesar de estar diseñado para el arranque de un solo motor posee enlace electrónico con otros motores de diferentes baterías con el objetivo de arrancar otro, en causa de que el motor enlazado tenga problemas. Los componentes principales que este generador alimenta son los compresores de aire y bombas de trasiego de diesel y pre-lubricación de los motores. En general el conjunto de generador de arranque en negro está formado por un motor diesel de 50 kW de potencia, un generador eléctrico trifásico de 480 V y 60 Hz de voltaje y frecuencia respectivamente, un tanque de diesel, una batería y un panel de control. (CNCI, 2007b)

1.5.7 Sistema Motor-Generador (MDU).

La unidad moto generadora está ubicada dentro de un contenedor que cuenta con 3 ventiladores de tiro forzado en la parte trasera y 2 de tiro inducido en la parte delantera del recinto, con el objetivo de mantener dentro del mismo una temperatura que no exceda los 45° C y la humedad relativa a más del 90 %. Cuenta además

con una serie de válvulas neumáticas de tres vías que sirven para el cambio de combustible a las unidades individualmente, un tanque de aceite para el enfriamiento de toberas y encima del contenedor un radiador con 4 ventiladores para el enfriamiento del agua del motor. (HYUNDAI HHI, s. f.)

Este aire caliente por el funcionamiento del motor es obligado a salir a la atmósfera por 2 ventiladores de tiro inducido de una capacidad de $10200 \text{ m}^3 / \text{hora}$ de flujo de aire cada uno, sumando entre ambos un caudal de $20400 \text{ m}^3 / \text{hora}$ de aire. Este flujo de aire caliente se une en un conducto a todo el ancho del contenedor con 660 mm de ancho encima de los paneles de control. Posteriormente este aire caliente es evacuado al exterior por una campana que expulsa el aire por encima de los ventiladores del intercambiador de calor de líquido refrigerante. La diferencia entre el volumen de aire que entra y el que sale es de $22800 \text{ m}^3 / \text{hora}$, que a su vez es el que consume el turbo compresor para el aire de admisión del motor. El diámetro de cada uno de los 5 ventiladores (2 de tiro inducido y 3 de tiro forzado) es de 550 mm. (CNCI, 2007a)

El grupo **motor-generador** está compuesto por un motor diésel HIMSEN 9H21/32, el generador eléctrico HYUNDAI 1.7 MW y los paneles de control. El motor diésel 9H21/32 está diseñado para consumir también fuel-oil como combustible, tiene una potencia mecánica de 1800 kW, 9 cilindros en línea y 900 rpm de velocidad nominal. El generador eléctrico HYUNDAI es trifásico sincrónico, con una potencia nominal de 1701 kW, un voltaje nominal de 4.16 kV, corriente nominal de 295.1 A y una frecuencia de 60 Hz.

El nombre HIMSEN significa “Motor de Velocidad Media de Alta Tecnología” y corresponde a la fábrica que diseñó este motor perteneciente a la compañía HYUNDAI. La designación del modelo 9H21/32S nos brinda sucesivamente mediante sus letras y números información como por ejemplo que posee 9 cilindros, el diámetro de los cilindros es 21 cm, la carrera del pistón es 32 cm y que es un motor estacionario. Cuentan con un diseño contenedorizado, son capaces de trabajar a una temperatura que oscila entre -54°C y 45°C . En nuestro país estos

motores laboran a una temperatura promedio de 32 ° C y a una humedad promedio del 80 %. (CNCI, 2007a)

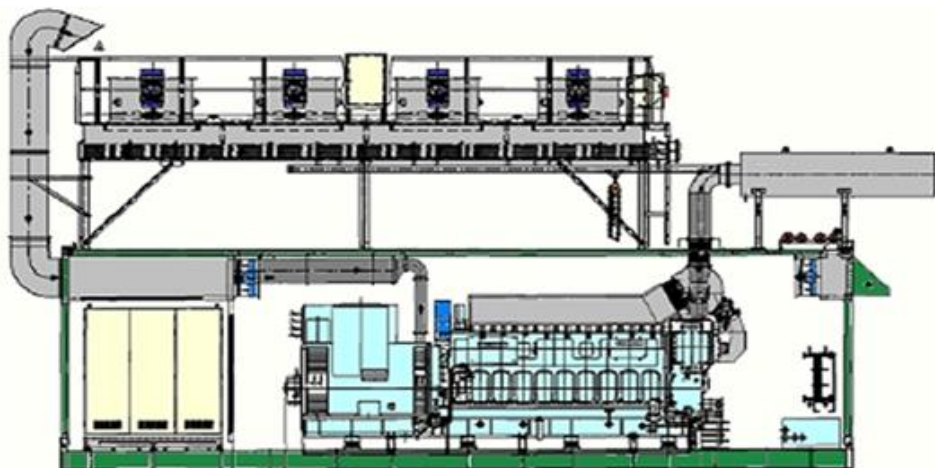


Figura 1.18 Conjunto Motor-Generador.

Fuente: Manual HYUNDAI.

1.5.7.1 El motor de combustión interna HIMSEN 9H21/32.

Tabla 1.3 Características generales del motor HIMSEN 9H21/32.

De 4 tiempos, vertical, inyección directa, acción simple con turbocargador y enfriado intermedio.	
Tipo de motor	
Configuración de los cilindros	En línea
No de cilindros	9
Velocidad	900 rpm
Potencia del cilindro	200 kW
Carrera de pistón.	320mm
Volumen de barrido.	11.1 dm3
Velocidad media del pistón	9.6m/s
Razón de compresión	17:1
Potencia de motor	1800 kW
Orden de encendido por cilindro	1-3-5-7-9-8-6-4-2

Fuente: (CNCI, 2007a)

La posición de los cilindros es en línea con un diámetro y una carrera de 210 x 320 mm respectivamente, el volumen de barrido por el cilindro es de 11.1 dm³ y la relación de compresión es de (17:1). La dirección de rotación del motor es a favor de las manecillas del reloj visto desde el lado del volante. Su sistema de distribución está compuesto por un árbol de levas, un engrane libre, dos bombas de agua de alta y baja temperatura acopladas al cigüeñal y por último una bomba de lubricación. La cantidad de cilindros es 9 con el orden de encendido 1 – 3 – 5 – 7 – 9 – 8 – 6 – 4 – 2. En particular el cilindro número 9 tiene 900 rpm de velocidad específica y 9.6 m/s de velocidad media del pistón, 200 kW de potencia y 24.1 bar de presión efectiva.



Figura 1.19 Vista interior del MDU.

Fuente: Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

Estos motores son altamente económicos y ecológicos debido a que tienen una alta relación de carrera contra diámetro del cilindro, una alta relación de compresión y una alta presión de inyección de combustible, poseen una estructura simple y robusta en cuanto a número de componentes del motor y al acceso fácil y directo de los dispositivos para el mantenimiento. (CNCI, 2007a)

1.5.7.1.1 Partes principales del motor HIMSEN 9H21/32.

Como muestra la figura 1.20 este motor está compuesto por la tapa de cilindro o culata, el bloque (block), cilindros, pistones, anillos, biela, árbol del cigüeñal, árbol de levas, elevadores, balancines, volante, rodamientos, antivibrador, engranes

auxiliares, válvulas de admisión y escape, una bancada común, entre otros. El motor Hyundai posee una tapa por cilindro debido a su tamaño, dicha culata es la tapa que se encuentra situada en la parte superior del cilindro y su función principal es sellar el gas expandido. Cada tapa individual tiene 2 válvulas de admisión y 2 de escape fabricadas de acero aleado especial resistente al calor, asientos para dichas válvulas soldados con endurecimiento superficial reemplazable, mando de las válvulas mediante varillas, balancines y puentes, y una lubricación. (Herrera, 2010) (CNCI, 2007a)

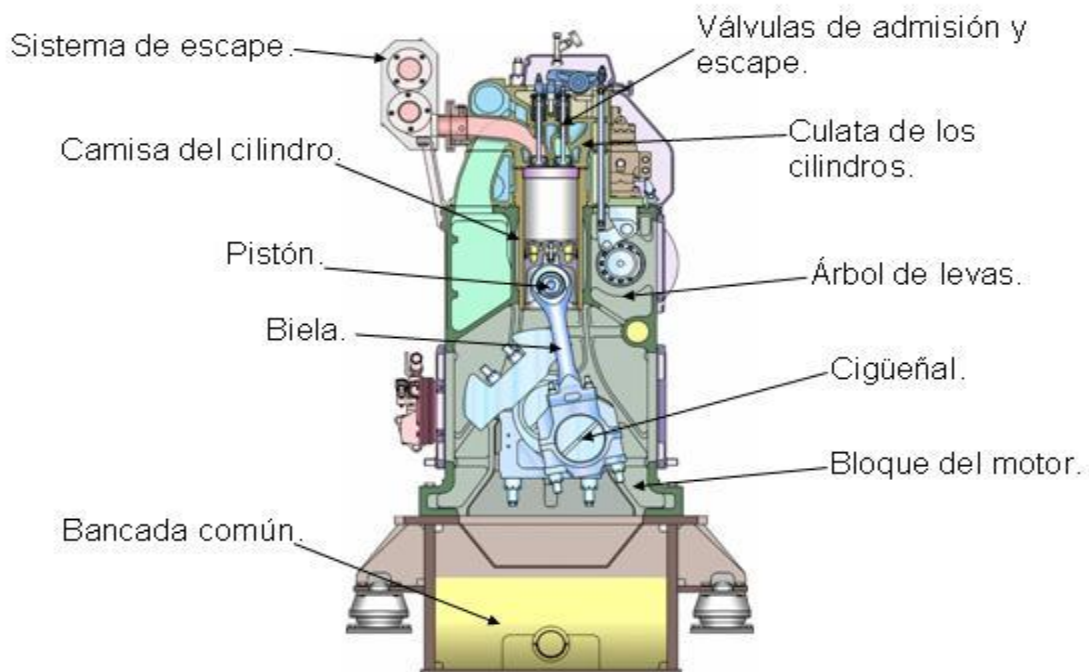


Figura 1.20 Principales partes del motor HIMSEN 9H21/32.

Fuente: Elaboración propia a partir del Manual HYUNDAI.

El block es la estructura principal del motor que sustenta todas las partes en funcionamiento para mantenerlas alineadas. Su material es hierro fundido gris, cuenta además con una gran cámara de aire, canales de aceite fundidos y amplias ventanas en la caja del cigüeñal para un fácil mantenimiento. El bloque del motor Hyundai no tiene agua refrigerante en su interior por lo que no corre el peligro de la corrosión. **Los cilindros** son tubos huecos en los que los pistones se deslizan alternativamente de arriba hacia abajo para aprovechar la explosión de los gases

quemados. La camisa del cilindro es húmeda, tiene una altura de 583 mm y un diámetro de 290 mm, está hecha de una aleación especial de hierro fundido, con pasajes de aceite para su lubricación. Posee una distribución optimizada de temperaturas y esfuerzos para la operación con combustible pesado. **Los pistones** son el extremo movable de la cámara de combustión, poseen una altura de 254 mm y un diámetro de 210 mm, su función es transmitir la fuerza de la expansión de los gases. Su corona y falda están fabricadas de un acero aleado especial forjado. **Los anillos o aros** de los pistones ayudan a sellar los gases en combustión y aprovechar la mayor cantidad de energía que sea posible, además de controlar el consumo de aceite. El juego de aros está formado por 2 anillos de compresión con recubrimiento cerámico del anillo superior y un anillo raspador de aceite. **La biela** o barra de conexión es la unión entre el pasador del pistón y el cigüeñal, su función es transformar la fuerza lineal del pistón en movimiento torsional al cigüeñal, además de llevar el suministro de aceite al pistón para su enfriamiento. La barra de conexión debe absorber la fuerza del pistón sin permitir ningún nivel de flexión. Sus cojinetes de aluminio trimetálicos con gran área de rodamiento están fijados en el cigüeñal. La biela del motor Himsen Hyundai además de las características antes mencionadas tiene una alta capacidad de carga, cuenta con una optimización de masa de oscilación y está fabricada de un acero especial forjado en troquel. La labor del **árbol de cigüeñal** es cambiar el movimiento lineal del pistón en movimiento giratorio y continuo. Se encuentra apoyado en el bloque por cojinetes de aluminio bimetalicos con una gran área de rodamiento, de acuerdo a su disposición y forma está determinado el orden de encendido del motor. El árbol se fabricó de un acero aleado forjado en troquel con flujo granular continuo.

El árbol de levas no es enterizo, o sea, es accionado directamente por el cigüeñal y su función es sincronizar la apertura de las válvulas de admisión y escape. Está fabricado de un acero aleado forjado en troquel y su diámetro es grande para lograr una alta presión de inyección. Por cada cilindro el árbol de levas posee 3 levas, válvulas de admisión y escape, y sistema de inyección de combustible. El sistema de inyección de combustible de alta presión (hasta 2000 bar) está compuesto por una bomba de rodillos integrada y una tubería de inyección forjada en troquel en el

bloque de acero. **El volante** almacena la energía y suaviza los pulsos de fuerza de los pistones. Mediante él se puede transmitir fuerza a otro equipo (generador). **Los cojinetes** de este motor en general están provistos de una parte de fácil sustitución reduciendo así la posibilidad de daño al cigüeñal o al árbol de levas que son componentes mucho más caros. (CNCI, 2007a) (Herrera, 2010)

El antivibrador se usa para reducir la vibración torsional en el eje de cigüeñal. También se conoce al antivibrador como balanceador armónico o amortiguador de vibración torsional. **Los engranes de sincronización** se utilizan para unir el conjunto entre el eje del cigüeñal, el árbol de levas, los árboles de balance, los sistemas de encendido y otros accesorios, de manera que todos los eventos ocurran en el motor al mismo tiempo. **La bancada común** del motor Himsen Hyundai está fabricada de acero soldado metalizado, es una estructura rígida, tiene un montaje flexible y una amplia capacidad de aceite. (CNCI, 2007a)

1.5.7.1.2 Ciclos de trabajo del motor Himsen 9H21/32.

El primer tiempo de 4 que posee este motor, o sea, la **admisión** se describe mediante el aumento del volumen de la cámara de combustión al bajar el pistón tomando a través de la válvula de admisión un caudal de aire de $12.428 \text{ kg} / \text{m}^3$ entregados por el turbocompresor mejorando así con este dispositivo el llenado de la cámara de combustión, dicho aire entra con una densidad de 1.147 kg/m^3 a 33°C de temperatura. Cuando el pistón llega a su punto muerto inferior, comienza a moverse hacia arriba comprimiendo el aire con una relación de 17:1. En este proceso de **compresión** al llegar el pistón al punto muerto superior tiene al aire comprimido a un $17/8$ de su volumen original, aumentando su presión y temperatura hasta los 400°C . Al inyectarse el fuel-oil cuando el pistón está en su punto muerto superior debido a la alta temperatura de la compresión del aire, el combustible comienza a reaccionar y a quemarse provocando así la **explosión** dentro del cilindro, que al estar ambas válvulas cerradas le da una fuerza de empuje al cilindro que lo lleva a su punto muerto inferior. El **escape** se produce cuando el pistón comienza a subir expulsando por la válvula de escape un caudal de $13.680 \text{ kg} / \text{m}^3$ a una temperatura de 427°C hacia los múltiples de escape. Más

tarde antes de llegar a la caldera recuperativa los gases de escape tienen una densidad de 0.621 kg / m^3 y una temperatura de 295°C . De esta manera se resumen los cuatro ciclos de trabajo de este motor. (CNCI, 2007a)

1.5.7.1.3 Principales Sistemas del Motor.

Dentro de los principales sistemas del motor Himsen Hyundai modelo 9H21/32 está el sistema de lubricación, el sistema de admisión y el sistema de enfriamiento. ***El sistema de lubricación de aceite*** de estos motores se divide en dos subsistemas, uno externo y otro interno.

El sistema interno es el que suministra aceite para lubricación o enfriamiento a todas las partes móviles del interior del motor, mediante canales incorporados en los componentes del motor. Las partes de este sistema son un enfriador de aceite de lubricación del tipo plato, una bomba de aceite de lubricación del tipo engrane movida por el motor, una bomba de prelubricación movida por un motor eléctrico de tipo tornillo. Esta última es recomendable utilizarla cuando el motor es detenido y el combustible está circulando. Tiene además una válvula de termostato de aceite de lubricación del tipo de elemento de cera trabajando a un rango de temperatura de 60 a 69°C , un filtro de aceite del tipo carrete de papel doble con un cartucho de seguridad de acero inoxidable, una válvula de regulación de presión que ajusta la presión del aceite de entrada después del filtro a 5 bar , un filtro centrífugo y un tanque de sumidero húmedo. *El sistema externo* de lubricación es necesario no solo para la limpieza, sino también para el calentamiento del combustible para el arranque rápido del motor. El sistema comprende cinco elementos, el primero es un separador de aceite lubricante dimensionado para operación continua y para varios motores, un filtro o malla de succión con una dimensión de malla entre 0.8 y 1 mm ubicado antes de la bomba de separación movida por un motor independiente. El sistema cuenta también con un calentador para el separador que calienta el aceite desde 65 hasta 85°C y por último con un sumidero para la ventilación del cárter del motor. De manera general para que estos sistemas de lubricación del motor e incluyendo la lubricación del turbo cargador trabajen eficientemente, tienen que utilizar un aceite pesado y de mediana alcalinidad, con un consumo en su uso aproximadamente 1250 litros. (CNCI, 2007a)

El sistema de enfriamiento tiene como función principal la regulación de la temperatura de trabajo del motor. Esto asegura que el motor opere al rango más eficiente y que tenga una larga vida útil. Altas temperaturas en un motor pueden provocar diversos problemas, incluyendo el pre encendido, detonaciones, quemaduras de pistones y válvulas, ralladuras de camisas y graves daños en el sistema de lubricación. Bajas temperaturas conducen a dificultades tales como sedimentos, acumulación de agua en la caja de cigüeñal, pobre economía y desgaste en el motor. Dentro de las partes del sistema de enfriamiento están las camisas de agua, el termostato, la bomba de agua y conducción, el refrigerante, el radiador o intercambiador de calor, el ventilador, los conductos y los colectores de agua, mangueras y cubiertas. El motor Himsen Hyundai 9H21/32 tiene dos circuitos de agua de enfriamiento, el sistema interno que incluye el motor, el enfriador del aire de carga y el enfriador de aceite lubricante, y el sistema de enfriamiento externo comprende el suministro de agua de enfriamiento al sistema interno. El sistema de enfriamiento interno se divide en dos sistemas, uno de alta y otro de baja temperatura y muchos de los elementos de estos circuitos son modularizados y montados directamente en módulo de alimentación. Ambos circuitos cuentan con una bomba movida por el motor, una válvula termostato de cera tipo divisoria y un enfriador de aire de carga. Se diferencian en que el circuito de baja temperatura posee un enfriador de aceite de lubricación y el de alta temperatura tiene camisas de agua en el motor y culata de los cilindros. Las conexiones externas están separadas para agua de baja temperatura y alta temperatura. El sistema externo de lubricación consta de dos circuitos de enfriamiento, uno de alta y otro de baja temperatura. Las conexiones externas son proporcionadas para los circuitos de dos ramas. La central de enfriamiento para cada motor consiste en radiadores enfriados por ventiladores. El sistema de enfriamiento externo posee además una válvula de auto apagado que garantiza el precalentamiento del motor, lo cual prevé el flujo de agua de enfriamiento dentro del motor durante la acción del precalentamiento. (CNCI, 2007a)

El sistema de admisión de estos motores es capaz de suministrar el aire limpio a la temperatura y cantidad correcta para la posterior combustión. El sistema en

general está compuesto por filtros que limpian el aire de modo que quede libre de las partículas abrasivas que pueden afectar la vida del motor y un turbo cargador para empujar el aire dentro del cilindro. El uso de este dispositivo calienta el aire, lo cual requiere que sea enfriado posteriormente por enfriadores intermedios para lograr un llenado eficiente del cilindro. Por último el sistema posee el múltiple de admisión que se encarga de introducir la misma cantidad de aire a todos los cilindros del motor para así garantizar una combustión uniforme de todos los cilindros. (CNCI, 2007a)

1.5.7.1.4 Funcionamiento del turbocargador.

Este elemento tiene la peculiaridad de aprovechar la fuerza con la que salen los gases de escape para impulsar una turbina colocada en la salida del múltiple de escape, dicha turbina se une mediante un eje a un compresor que se encuentra en la entrada del múltiple de admisión, con el movimiento giratorio que le transmite la turbina a través del eje común, el compresor eleva la presión del aire que entra a través del filtro y consigue que mejore la alimentación del motor. El turbo impulsado por los gases de escape alcanza velocidades por encima de las 100.000 rpm, por tanto, hay que tener muy en cuenta la lubricación de los cojinetes donde se apoya el eje común de la turbina y el compresor.

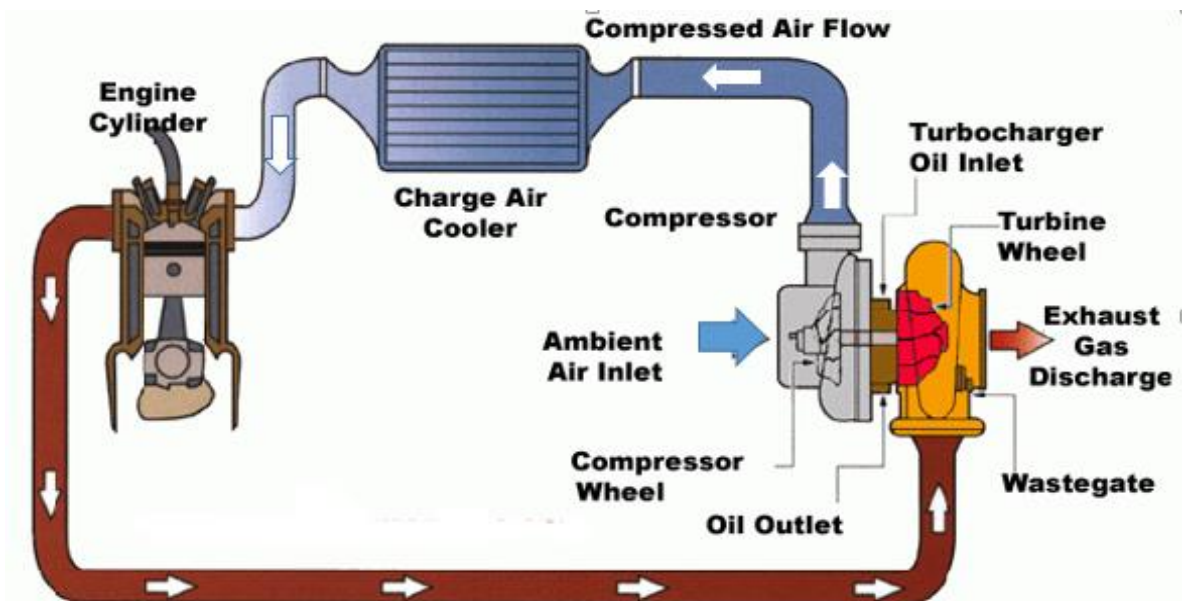


Figura 1.21 Esquema de flujo de gases a la entrada y salida del motor.

Fuente: (<https://www.google.com/search>)

Temperatura de funcionamiento:

Las temperaturas de funcionamiento en un turbo son muy diferentes, teniendo en cuenta que la parte de los componentes que están en contacto con los gases de escape pueden alcanzar temperaturas muy altas (650°C), mientras que los que están en contacto con el aire de aspiración solo alcanzan 80°C . Estas diferencias de temperatura concentrada en una misma pieza (eje común o flecha) determinan valores de dilatación diferentes.

El turbo se refrigera por el aceite de lubricación del eje común o flecha; por el aire de la aspiración, cediendo una determinada parte de su calor al aire que fuerza a pasar por las aspas del compresor.

La compresión del aire de admisión por parte del compresor del turbo, hace que el aire que va dirigido a las cámaras de combustión se caliente. Este calentamiento del aire no resulta nada favorable para el motor, ya que no solo dilata el aire de admisión de forma que le resta densidad y con ello riqueza en oxígeno, sino que, además, un aire demasiado caliente en el interior del cilindro dificulta la refrigeración de la cámara de combustión durante el barrido al entrar el aire a una temperatura superior a la del propio refrigerante líquido.

Intercooler o post-enfriador:

Para evitar el problema del aire calentado al pasar por las aspas del compresor del turbo, se han tenido que incorporar sistemas de enfriamiento del aire a partir de intercambiadores de calor. Estos intercambiadores de calor son radiadores que son enfriados ya sea por el líquido refrigerante del motor o por aire del ventilador de enfriamiento. Con el intercambiador de calor (se consigue refrigerar el aire aproximadamente un 40% desde 80° - 105° hasta 60° - 65°). El resultado es una notable mejora de la potencia y del par motor gracias al aumento de la masa de aire (aproximadamente del 25% al 30%). (CNCI, 2007a)

1.5.7.2 El Generador Eléctrico.

Fabricado por la HHI (Heavy Hyundai Industries) de Corea puede operar a un 110% de carga consta con un calentador de 220 V para eliminar humedades que no debe ser mayor a 90%, y un ventilador para extraer el calor cuando esté funcionando.

Tabla 1.4 Parámetros técnicos del Generador Eléctrico.

PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Potencia de salida nominal	kVA	2127
Potencia	kW	1701
Voltaje nominal	V	4160
Corriente nominal	A	295.1
Frecuencia nominal	Hz	60
Factor de potencia nominal	cos ϕ	0.8
Velocidad nominal	rpm	900
Numero de polos	-	8
Excitación	-	Sin escobilla, auto excitable
Voltaje de excitación	V	95
Corriente de excitación	A	6.5

Fuente: Elaboración propia a partir de la chapa técnica del generador.

1.5.8 Unidad de Tableros Eléctricos (ETU).

En la Unidad de Tableros Eléctricos (ETU) se realiza un control de las cargas provenientes de las 12 unidades de generación. Los tableros, son equipos eléctricos que concentran dispositivos de protección, control y medición y permiten realizar acciones de maniobra de interruptores (apertura /cierre) de transformadores de potencia, control y sincronización del motor, etc.

Permite controlar el comportamiento del sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, y minimizar la probabilidad de ocurrencias de fallas. La ETU en cuyo interior se encuentran los tableros de control eléctrico; los operadores de control son los encargados de registrar y calibrar los parámetros de generación en cuanto a voltaje, frecuencia, potencia reactiva, activa y aparente. La unidad está compuesta por 13 paneles y su conexión comienza por la barra de 4.16 kV, la cual está conectada a los generadores eléctricos de cada motor, sus baterías, un cargador de baterías, un panel del interruptor de enlace con el sistema, 4 paneles de los interruptores de conexión con los 4 generadores de la batería de generación, un transformador seco de uso de la central y 2 paneles del interruptor del lado de alta y baja del transformador de uso de la central. (CNCI, 2007a)



Figura 1.22 Parte interna del ETU (Pizarras electrónicas)

Fuente: Central Santa Elena II. Sacha. Ecuador.

Por último el transformador de enlace con el sistema eléctrico nacional es el que garantiza que la energía producida de la planta llegue al sistema eléctrico nacional que es su destino final, exceptuando cuando se está en presencia de un desastre natural y se esté generando en modo de isla. Esta unidad cuenta con un transformador donde se realiza el aumento de voltaje de 4,16 kV a 33 kV en el transformador de 33 kV ingresa la potencia generada de 4160 V la misma que es elevada hasta 33000 V los cuales son transferidos hacia la subestación Yaguaramas que se encuentra precisamente al lado de esta instalación lo que es realmente favorable pues evita el alto por ciento de pérdidas eléctricas por distancia.(GDECU, 2008)



Figura 1.23 Transformador de 33 kV.

Fuente: Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

1.6 Materias Primas.

Las materias primas son los materiales que necesita una industria para obtener los productos que elabora. La generación distribuida de electricidad mediante grupos electrógenos que queman fuel-oil utilizan tres materias primas; los aceites lubricantes, el agua tratada como refrigerante y el propio fuel-oil como combustible.

1.6.1 Combustible.

El combustible que utilizan los motores Himsen Hyundai 9H2132 es el fuel-oil. Su composición es variable y consiste en una mezcla de hidrocarburos. En la tabla 1.5 se muestran según la Norma ISO 8217 las principales características del fuel-oil. Dentro de sus propiedades principales está la resistencia a fluir o viscosidad, la cual varía en dependencia a su temperatura. La temperatura máxima de precalentamiento del fuel-oil está limitada a 155 °C para evitar la vaporización del sistema de fuel. (Herrera, 2010)

Tabla 1.5 Características generales del Fuel-Oil.

Característica	Valores	Observaciones
Viscosidad	máx.700 cSt a 50 ⁰ C máx.50 cSt a 100 ⁰ C	Rango del sistema de inyección (12-18 cSt).
Densidad (15 ⁰ C)	máx.1010 kg/m ³	Requiere tratamiento especial.
Punto de inflamación	min. 60 ⁰ C	
Punto de fluidez	máx. 30 ⁰ C	
Carbono residual	máx.20% m/m	
Cenizas	máx.0.15 % m/m	
Sedimentos totales	máx.0.1 máx. m/m	
Agua	máx.1 %v/v	
Azufre	máx.5 % m/m	
Vanadio	máx.600 mg/kg	
Aluminio + silicio	máx. 80 mg/kg	
Partículas sólidas	máx. 20 mg/kg	

Fuente: (Herrera, 2010)

Estas y otras características están sujetas a constantes variaciones en el motor causando altos consumos o en el peor de los casos una avería. El significado de dichas alteraciones suelen ser desperfectos en los sistemas de los motores. En el

anexo 1 se muestran estas variaciones, su significado y las causas que provocan en el motor.

1.6.2 Aceites lubricantes.

Un aceite lubricante está compuesto por la base lubricante y aditivos. La base lubricante es el componente más importante del aceite. Define las propiedades más importantes como las de antidesgaste, antioxidante, índice de viscosidad, etc. Es importante afirmar que la base lubricante no se deteriora, sino se contamina. Al agotarse los aditivos comienza con un proceso de degradación denominado oxidación del aceite tornándose totalmente ácido. Por su parte los aditivos se encargan de mejorar e incluir propiedades en la base lubricante. Dentro de los aditivos más conocidos están inhibidores de la oxidación, inhibidores de la corrosión, los antidesgaste y los inhibidores de herrumbre.

Las funciones principales de los aceites lubricantes son:

- Disminuir el rozamiento.
- Reducir el desgaste.
- Evacuar el calor (refrigerante).
- Facilitar el lavado y la dispersión de las impurezas.
- Minimizar la herrumbre y la corrosión que puede ocasionar el agua y los ácidos residuales.
- Transmitir potencia.
- Reducir la formación de depósitos duros (carbono, barnices, lacas, etc.).
- Sellar.

Dentro de los análisis realizados a los aceites lubricantes está el de **viscosidad**. La resistencia a fluir del aceite determina su capacidad de soportar cargas. Además mediante la viscosidad se puede medir el estado del aceite en cuanto al grado de fricción fluida. Otro de los exámenes es el **punto de inflamación**. Dicho punto es un índice de las fracciones más volátiles de aceite y permite determinar el grado de dilución ocasionado por presencia de combustible. Los **insolubles** son los contaminantes formados por materias carbonosas, partículas metálicas, herrumbre y todo tipo de basura precedente de cualquier medio. **El número total de bases**

(TBN) es el análisis más importante de los lubricantes. Es una medida de la capacidad del aceite para neutralizar los ácidos procedentes de la combustión y los producidos por la propia oxidación del aceite. El TBN se escoge de acuerdo al % de azufre. **El porcentaje de agua** no es más que la cantidad de agua presente en cien partes del aceite. (Herrera, 2010)

Tabla 1.6 Selección del TBN respecto al contenido de azufre.

Contenido de azufre (%).	TBN.
1	11-15
1-2	15-20
2-3	20-30
3-5	30-40

Fuente: (Herrera, 2010)

Los **metales** es otro examen muy importante para los aceites lubricantes. Se define como la cantidad presente en el aceite de distintos metales que forman parte de la composición de las piezas que son lubricadas. Alguno de ellos son el hierro, plomo, cobre, cromo aluminio, estaño, molibdeno, calcio, magnesio, entre otros. El anexo 2 muestra las variaciones, el significado y las causas de estas propiedades.

1.6.3 Aguas tratadas como refrigerantes.

Las aguas se dividen en cuatro clasificaciones; la atmosférica (lluvia, rocío), la superficial (ríos, lagos), la subterránea (pozos) y las salobres (mares, océanos). Todas estas clasificaciones poseen una composición diferente. Las impurezas se incorporan al agua de diferentes maneras. Por ejemplo en los pozos las aguas poseen sales como calcio y magnesio provenientes de rocas. Se necesita en las industrias eliminar esas impurezas ya que producen incrustaciones y otros problemas no deseados. En la tabla 1.7 se muestran las características fundamentales que debe poseer el agua tratada.

Tabla 1.7 Características del agua tratada.

Propiedad.	Valor
Dureza total.	1mg/L.
Conductividad.	1mS/cm.
pH	7.0-8.0.
Cloruros.	25 ppm.
Sulfatos.	25 ppm.
Hierro.	0.05 ppm.
Amoniaco	0.05 ppm.
Nitritos.	Ausencia.
Nitratos.	Menos de 25 ppm.
Oxígeno disuelto.	Más de 5 ppm.

Fuente: (Herrera, 2010)

Es importante destacar que no existe ningún proceso químico simple para eliminar estas impurezas. Sin embargo se conocen dos procesos que eliminan este problema; el intercambio iónico y la ósmosis inversa. Para este último se necesitan menos reactivos químicos disminuyendo la contaminación ambiental. Este proceso de ósmosis inversa se describe mediante una membrana filtradora. El agua llena de impurezas o el agua dura se hace pasar con ayuda de la presión por esta membrana, filtrándose las impurezas y obteniendo un agua pura. Esta agua se controla mediante análisis de dureza total, cloruros, pH, conductividad, alcalinidad, hierro total y fosfatos. En el anexo 3 se muestran las posibles variaciones de estas propiedades con su significado y sus causas. (Herrera, 2010)

1.7 Eficiencia energética.

La operación económica de un sistema de potencia es muy importante para recuperar y obtener beneficios del capital que se invierte. Las tarifas que fijan las instituciones reguladoras y la importancia de conservar el combustible presionan a las compañías generadoras a alcanzar la eficiencia máxima posible. (Colectivo de Autores, 2005)

En Cuba el problema es el ahorro y el costo del combustible fósil. La máxima eficiencia minimiza el costo del kWh a los consumidores y también el costo que presenta a la compañía el suministro de este kWh ante el alza constante de precios de combustible, mano de obra, materia prima y mantenimiento. Para cualquier condición de carga específica, el despacho económico determina la salida de

potencia de cada central generadora o planta y de cada unidad generadora dentro de una planta que minimizará el costo total de combustible necesario para alimentar la carga del Sistema Eléctrico Nacional. Las pérdidas mínimas pueden tener muchas variantes dependiendo de cómo se controla el flujo de potencia en el sistema.

1.8 Datos medioambientales de la central eléctrica.

Las emisiones de gases de escape alcanzan un flujo volumétrico de 14062 m³/h en una máquina lo que significa que en este emplazamiento de 12 unidades cada una hora se expulsan 168744 m³ con un contenido de dióxido de azufre y óxido nitroso que varía según las características del fuel-oil. (López, 2010)

Existen tres tipos de desechos fundamentales el primero y más peligroso es el lodo generado por las centrifugas en el HTU el cual es acumulado en tanques de 100m³ para su posterior extracción por parte de la empresa de CUPET que es la que tiene licencia para transportar este tipo de desechos peligrosos, el segundo es el aceite que ha perdido sus propiedades y ha sido extraído de las máquinas con el mismo destino del lodo y el tercero con menos grado de peligrosidad es el agua dura o de rechazo producido por la PTQA que es vertida al sistema de alcantarillado. El ruido de estos motores no excede a 1m del motor y a 1.5 m de altura los 90db ya que cuenta con un contenedor con materiales acústicos que reducen el mismo. (López, 2010)

Conclusiones del capítulo.

1. La Generación Distribuida, exige regímenes de operación, considerando la máxima eficiencia energética en cada una de estas instalaciones por lo que se hace necesario mantenerla eficaz.
2. La Generación Distribuida plantea la necesidad de empleo de alternativas tecnológicas para asegurar, por un lado, el suministro oportuno y de calidad de la energía eléctrica y, por el otro, el ahorro y el uso eficiente de los recursos energéticos, siendo así la reducción del índice de combustible, una vía para lograr estos objetivos.
3. Una central eléctrica de fuel-oil se divide en componentes de una batería (motor-generator, planta de tratamiento de combustible y aceite, compresores, unidad de control eléctrico y caldera recuperativa) y componentes comunes (generator de arranque en negro, planta de tratamiento de agua y sala de control).
4. La Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas cuenta con 3 baterías de generación que poseen 4 unidades moto generadoras, 1 unidad de tratamiento de combustible y aceite, 1 unidad de compresores de aire y 1 caldera de vapor recuperativa cada una, cuenta con 1 planta de tratamiento químico de agua, 39 bombas que cumplen diferentes funciones y 1 sistema contra incendio para casos de emergencia.

CAPITULO II ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE CONSUMO.

2.1 Generalidades sobre el índice de consumo de combustible.

La UNE (*Unión Nacional Eléctrica*) establece un valor de índice en dependencia de las pruebas de las 72 horas al inicio de la puesta en marcha de estos emplazamientos, el valor ronda los 210 g/kWh, el mismo varía según la temperatura media de los meses por esto el plan oscila entre 208 y 212 g/kWh.

El índice de consumo específico (C_e): es el indicador que mide la cantidad de combustible que se necesita para generar un kWh se expresa en g/kWh y la UNE lo halla de la siguiente manera: (GDECU, 2008)

$$C_{e_{real}} = \frac{(Consumo_{Diesel Gen.}(l) * \rho_{Diesel}(\frac{g}{l}) + Consumo_{fuel}(l) * \rho_{fuel}(\frac{g}{l}))}{Generación Bruta}$$

Donde:

C_e = Índice de consumo específico.

$\rho_{fuel-oil}$ = Densidad del combustible Fuel-Oil.

$\rho_{diésel}$ = Densidad del combustible Diésel.

2.2 Resultados alcanzados por la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

En el año 2018 el emplazamiento consumió una cantidad de 24,341 millones de litros de combustible Fuel-Oil y Diésel con los que se generaron 99440.93 MWh lo que equivale a un índice de consumo de 218.1 g/kWh, en ese año se puede ver que el índice de consumo promedio está por encima de los 212 g/kWh que es el plan impuesto por la UNE, en el gráfico 2.1 se muestra el comportamiento del consumo de combustible, la generación de energía a la SEN y el índice de consumo específico de combustible en el período de 2013-2018 en la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas. (Beatriz, 2018)

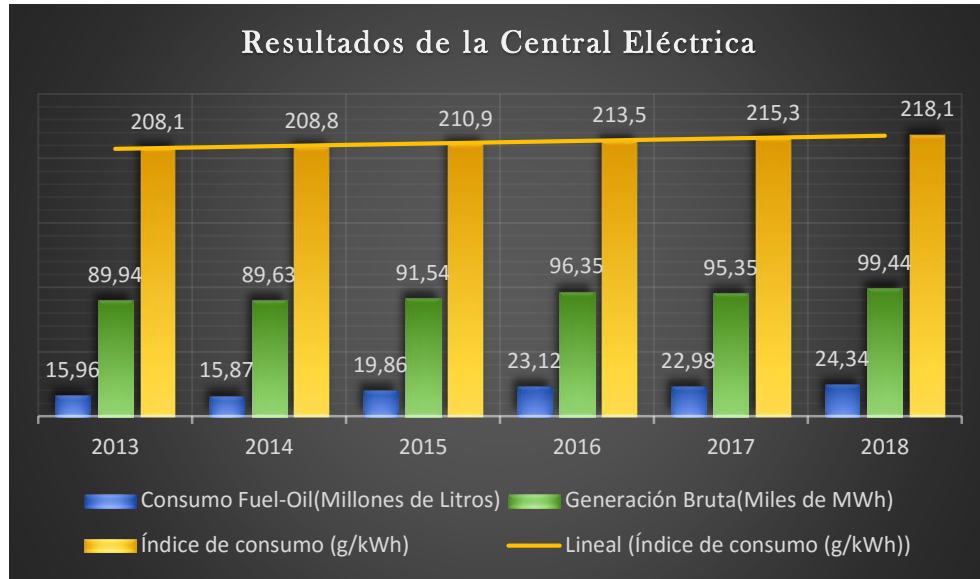


Gráfico 2.1 Resultados obtenidos por la entidad en el período 2013-2018.

Fuente: Elaboración propia a partir de Excel. Datos tabla 2.1

En el gráfico 2.2 se describe solo la tendencia ascendente del índice de consumo de combustible en los últimos cinco años dentro de la Central Eléctrica debido a un grupo de factores que serán analizados posteriormente.

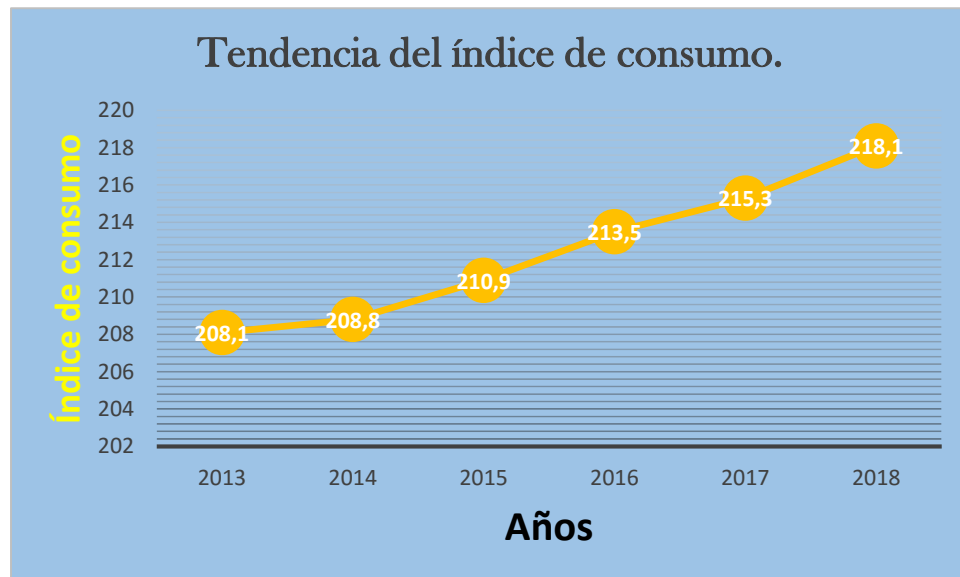


Gráfico 2.2 Tendencia del índice de consumo en los últimos cinco años.

Fuente: Elaboración propia a partir de Excel.

2.3 Portadores energéticos en la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

En cuanto a consumo de portadores energéticos veamos que el fuel-oíl y la electricidad son los primeros renglones, por lo que se decidió incidir específicamente en el fuel-oil como factor de mayor incidencia en el índice de consumo, indicador básico dentro de este tipo de instalaciones.

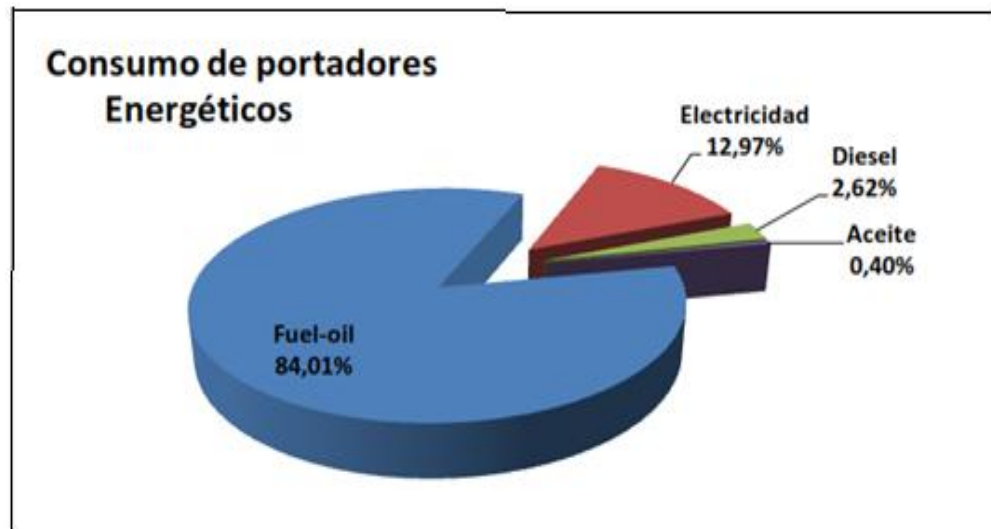


Gráfico 2.3 Principales portadores energéticos dentro de la Central Eléctrica.
Fuente: Elaboración propia.

2.3.1 La Electricidad como portador energético.

El consumo de electricidad por la entidad, nombrado Insumo Eléctrico forma parte de la generación bruta y es causante de que deje de entregarse un porcentaje de energía al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), a continuación se calcula lo que fue el insumo de la entidad en el año 2018 que según las normas de la UNE este se calcula de la siguiente forma: (GDECU, 2008)

$$I = G_B - G_N$$

$$I = 99440.9 \text{ MWh} - 97126.3 \text{ MWh}$$

Donde: $I = 2314.6 \text{ MWh}$

GN: Generación Neta (entregada al SEN) en el año 2018.

GB: Generación Bruta (entregada por los generadores) en el año 2018.

I: Insumo (energía consumida por el equipo tecnológico) en el año 2018.

Este tipo de central consume energía eléctrica en varios puntos claves:

- Motor (MDU).
- Unidad de preparación del combustible (HTU).
- Compresores.
- Estación de recepción y trasiego.
- Calderas.
- Planta de tratamiento químico de agua (PTQA).

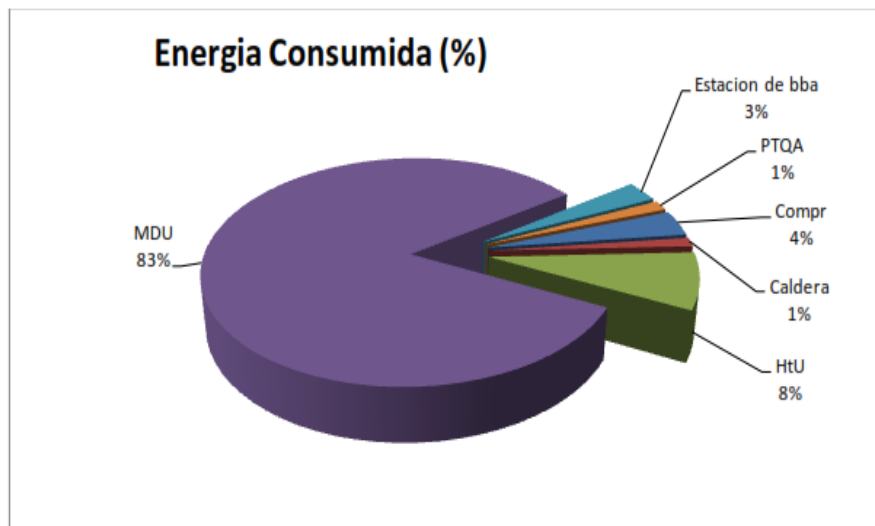


Gráfico 2.4 Porcentos de energía que consume cada sector en la instalación.

Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar se encuentra el motor que consume más del 80 % de la energía eléctrica de la central; los mayores consumidores de electricidad en el MDU son los cuatro ventiladores extractores de calor de los radiadores que en el clima cálido de Cuba no alcanzan para enfriar el agua y por lo tanto no paran, los por cientos de consumo en la unidad moto-generadora se representan en el gráfico 2.5.

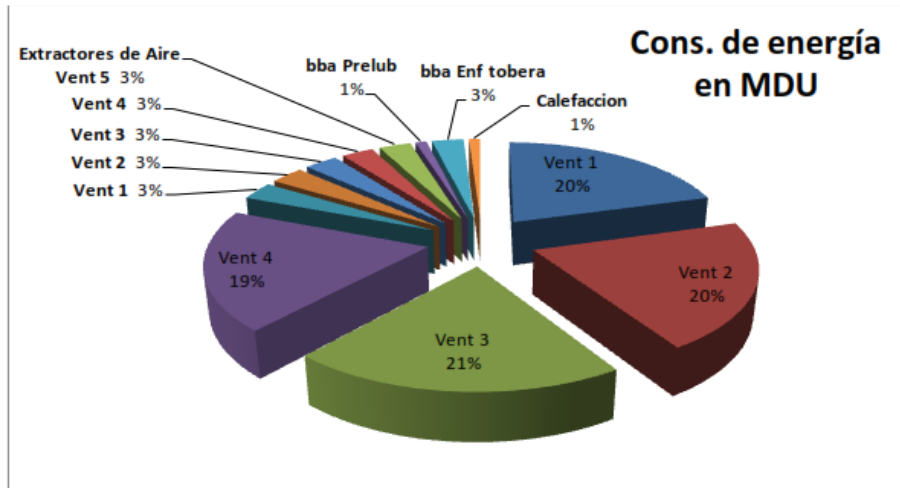


Gráfico 2.5 Consumo de energía en el MDU.

Fuente: Elaboración propia.

En un segundo plano está el HTU con un 8%; en el gráfico 2.6 vemos que las purificadoras consumen un 76% de la energía consumida en esta instalación, la purificadora de fuel-oil trabajan a un régimen constante turnándose a mitad del día y la de aceite trabaja automáticamente cambiando de motor en motor hasta que apagan, esta última no puede estar apagada con los motores funcionando por más de 72 h según dice el manual de operaciones. Las bombas de mayor importancia están dobles con el objetivo de garantizar que la batería no pare en caso de problemas, estas se van turnando para alargar su vida útil.

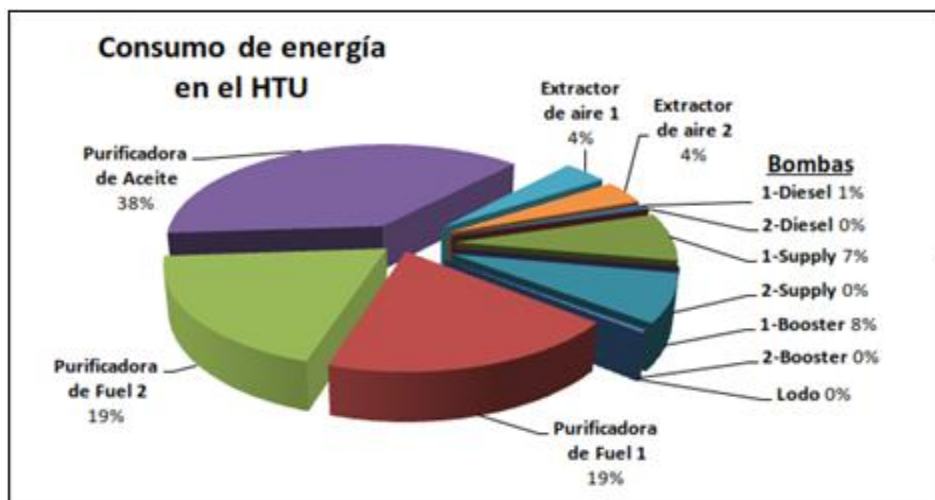


Gráfico 2.6 Consumos de energía en el HTU.

Fuente: Elaboración propia.

Los compresores tienen el tercer lugar de consumo en la central eléctrica con un 4% producto de las fugas de aire por las bridas de las tuberías y el motor de arranque, hay que mencionar que muchas veces el aire de los compresores no alcanza para arrancar los motores lo cual demora el arranque del emplazamiento hasta que estos vuelvan a tener la presión requerida.

En el cuarto lugar se encuentra la estación de bombas encargada de recibir el combustible y de mantener los tanques de los HTU llenos para el uso en las máquinas operación que se lleva a cabo cada una hora.

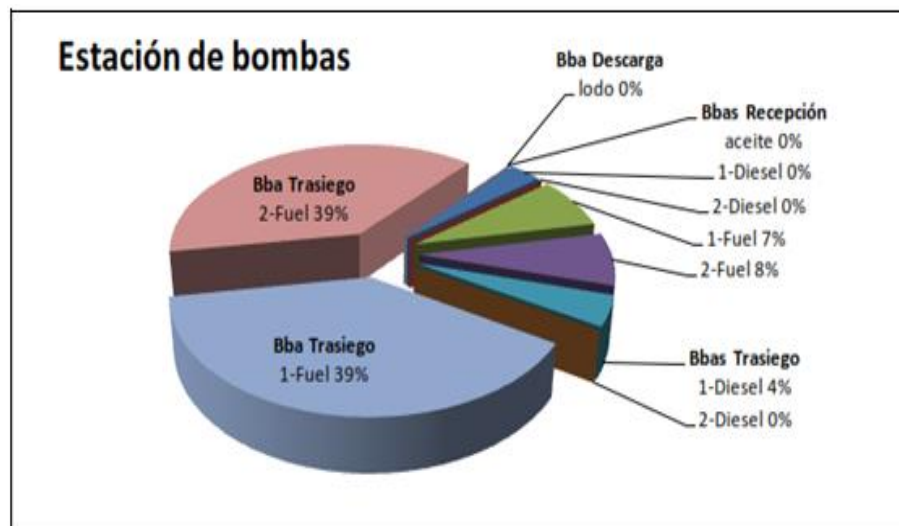


Gráfico 2.7 Consumo de energía en la estación de bombas.
Fuente: Elaboración propia.

La suma de los insumos de cada una de las instalaciones como se muestra en el gráfico 2.8 da como resultado el consumo de cada batería que es aproximadamente de 150 a 180 kWh diario dependiendo de la temperatura ambiente y el porcentaje de carga de los motores.

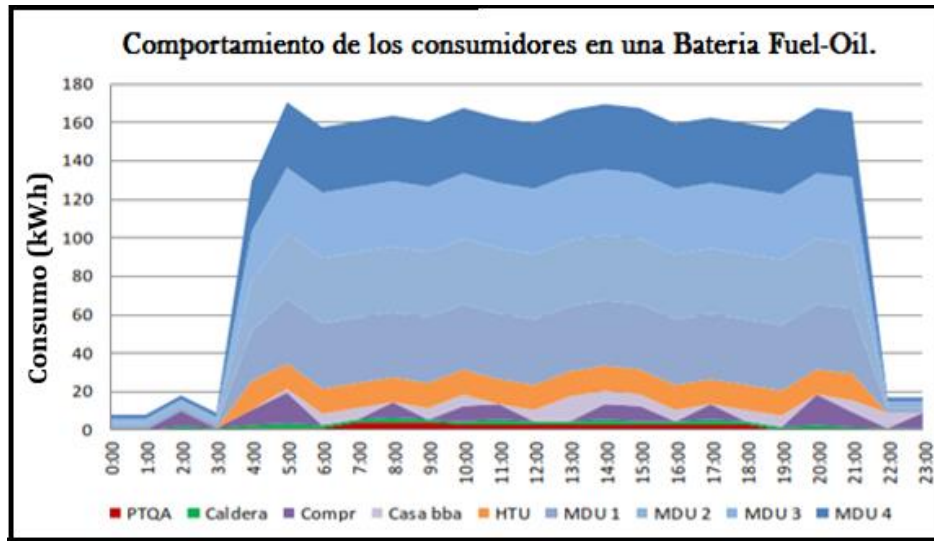


Gráfico 2.8 Esquema del insumo de una batería en 24 horas de trabajo.

Fuente: Elaboración propia a partir de Excel.

En el año 2018 el insumo de electricidad de la instalación fue de 2314.62 MWh que representa un 2.33 % de lo generado en el año por esta, siendo el valor máximo de un 3.5 %; el 83% de la energía del emplazamiento es utilizada en el MDU lo que serían 1921.13 MWh; específicamente en los ventiladores de los radiadores se consume el 80 % del insumo del MDU, que según cálculos realizados consumen anualmente 1536.9 MWh; solo lo consumido por estos ventiladores de los radiadores es el doble de lo consumido por el resto del emplazamiento que es 777.7 MWh, todo este insumo forma parte de energía que se deja de entregar al SEN por lo que necesitaría consumir un poco menos para mejorar los resultados del emplazamiento en cuanto a este aspecto.

En el gráfico 2.9 se muestra la relación entre el insumo eléctrico real y el plan del año 2018 de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas donde se aprecia que este factor se cumplió correctamente según lo estipulado.

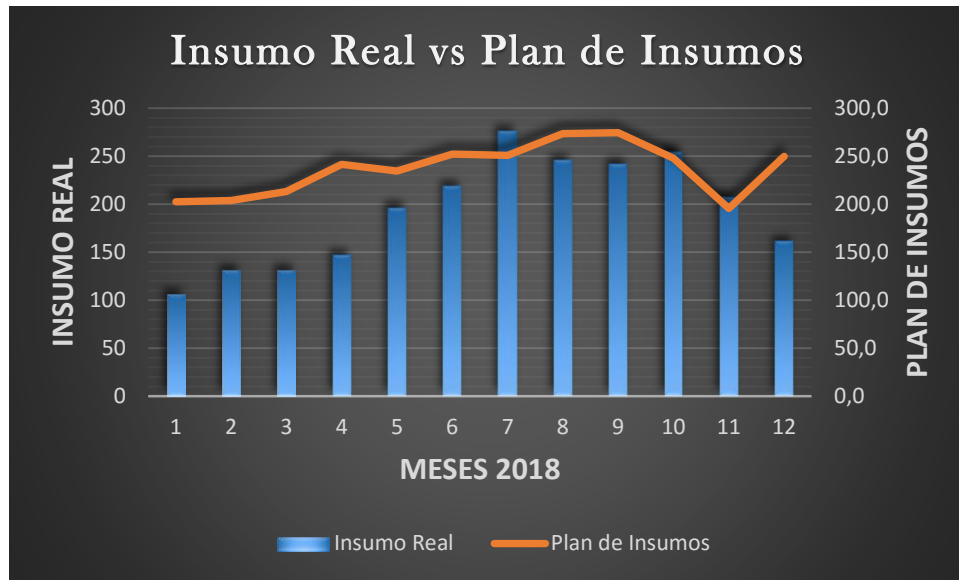


Gráfico 2.9 Insumo Real vs Plan de Insumos en el año 2018.

Fuente: Elaboración propia a partir de Excel.

2.3.2 El Fuel-Oil como portador energético.

Cuando se analiza al fuel-oil como primer portador energético de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas hay que tener en cuenta que es el componente elemental del índice de consumo de combustible; puesto que es el combustible básico en el funcionamiento de los motores para generar energía eléctrica en la instalación. A continuación se refleja el análisis de todos los parámetros influyentes en el incremento de dicho índice de consumo de combustible, para lo cual se explica cómo es que afecta cada uno y a qué nivel de criticidad se encuentra.

2.3.2.1 Índice de consumo de combustible fuel-oil.

Tabla 2.1 Relación del índice de consumo por meses con respecto al plan anual 2018.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
CE	214.8	215.5	212.9	213.9	215.4	217.6	221	222.3	221.1	222.3	218.2	214.6
Plan	214	214	214	214	214.2	214.2	215.2	215.2	215	215	214.6	214

Fuente: Elaboración propia según datos UEB Cienfuegos.

En el gráfico 2.10 se puede ver el comportamiento del índice de consumo en el año 2018 con respecto al plan anual de donde se puede llegar a la conclusión de que el valor promedio del año es 218.1 g/kWh y aparece por encima de 212 g/kWh que es el valor máximo del rango permisible que exige la UNE desde sus inicios, los cuales han ido variando debido al deterioro de la tecnología y al cambio climático.

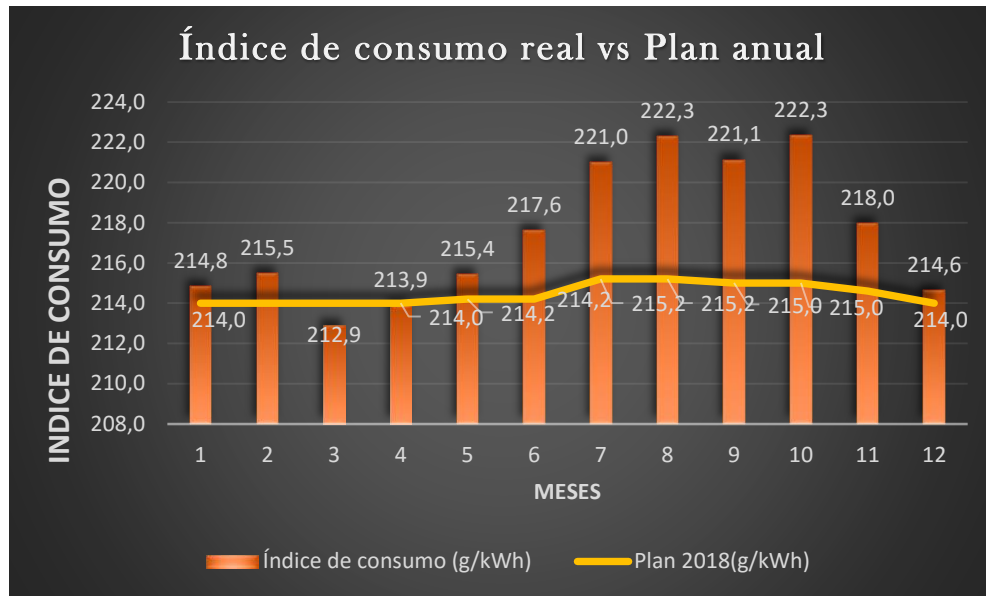


Gráfico 2.10 Comportamiento del índice de consumo vs plan anual en el año 2018.

Fuente: Elaboración propia a partir de Excel.

Índice de consumo de combustible promedio del año:

Datos:

$$\rho_{fuel} = 0.9498 \frac{g}{m^3}$$

$$\rho_{diesel} = 0.8318 \frac{g}{m^3}$$

Consumo *fuel-oil*: 12271214 litros

Consumo *diesel* generación: 12069969 litros

Generación Bruta: 99440930 kWh

$$C_{e_{real}} = \frac{(Consumo_{Diesel} Gen.(l) * \rho_{Diesel} (\frac{g}{l}) + Consumo_{fuel}(l) * \rho_{fuel} (\frac{g}{l}))}{Generación Bruta}$$

$$C_{e_{real}} = \frac{(12069969 * 831.8) + (12271214 * 949.8)}{99440930 \text{ kWh}}$$

$$C_{e_{real}} = 218.1 \text{ g/kWh}$$

Índice de consumo de combustible (Mayo-2019):

Datos:

$$\rho_{fuel} = 0.9498 \frac{g}{m^3}$$

$$\rho_{diesel} = 0.8318 \frac{g}{m^3}$$

Consumo *fuel-oil*: 1754836 litros

Consumo *diesel generación*: 37123 litros

Generación Bruta: 7571430 kWh

$$C_{e_{real}} = \frac{(\text{Consumo Diesel Gen. (l)} * \rho_{Diesel} (\frac{g}{l}) + \text{Consumo fuel (l)} * \rho_{fuel} (\frac{g}{l}))}{\text{Generación Bruta}}$$

$$C_{e_{real}} = \frac{(37123 * 831.8) + (1754836 * 949.8)}{7571430 \text{ kWh}}$$

$$C_{e_{real}} = 224.2 \text{ g/kWh.}$$

2.3.2.2 Diagrama Ishikawa del índice de consumo de combustible.

Cuando se comienza a realizar un análisis detallado sobre cuantos factores influyen directamente en el aumento del índice de consumo de combustible dentro de una Central Eléctrica, se llega a la conclusión de que a todo lo largo del emplazamiento hay sistemas y equipos que necesitan parámetros funcionando en correctas condiciones por lo que son muchos elementos los que afectan directamente a dicho índice de consumo de combustible.

En el figura 2.11 se encuentran relacionado los parámetros técnicos que tienen incidencia directa en el indicador antes mencionado, estos se resumen dentro de cuatro procesos generales que presenta la instalación que son la Recepción del Combustible, el Régimen de Explotación, la Preparación del Combustible y los Parámetros Termotécnicos, los cuales recogen factores que afectan en el índice de consumo de combustible.

Los que se encuentran subrayados de color verde son indicadores que en esta planta se encuentran controlados adecuadamente, sin embargo los que están subrayados de color azul, de una manera ligera, pero se encuentran afectando directamente el indicador, mientras que los marcados de color rojo sí que tienen el gran peso sobre el aumento del índice de consumo de la instalación.

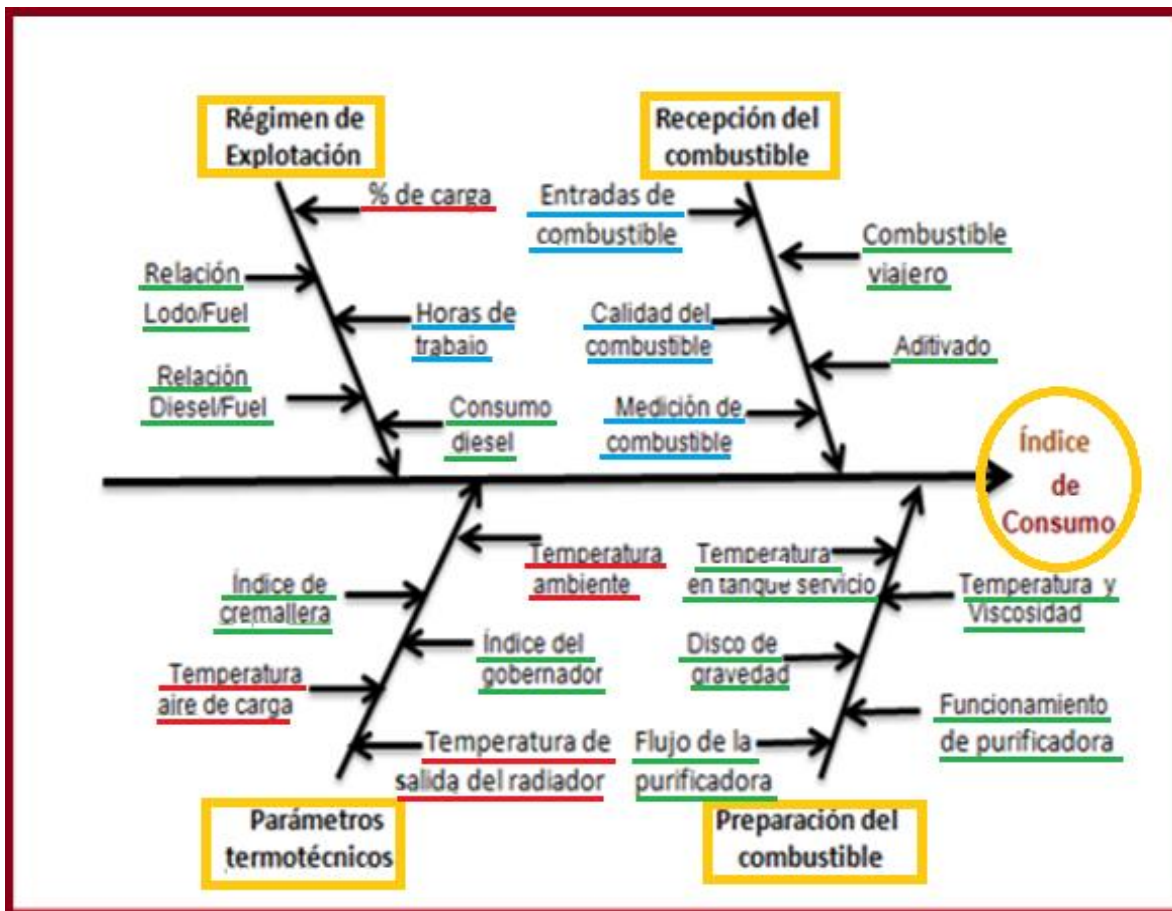


Figura 2.11 Diagrama de Ishikawa del índice de consumo de combustible.

Fuente: (UEB Cienfuegos)

Dentro de la Recepción de Combustible se encuentra:

Entrada de Combustible: Cuando se recepciona combustible este provoca un constante movimiento dentro del tanque no dejando que ocurra un reposo total ni un enfriamiento del combustible, lo que da lugar a una contracción que refleja cambios en la densidad y volumen de este. Es por ello que a mayor entrada de combustible, mayor presencia de fuel-oil en los tanques, lo que provoca que se mantenga estable la temperatura del combustible en el tanque y cuando se lleven a

cabo las mediciones no exista un faltante teórico tan amplio. Aunque este es un parámetro que se encuentra afectado pues las pailas que transportan el combustible desde la Refinería hasta el emplazamiento presentan continuamente irregularidades con la cantidad de combustible que traen y esto está dado por los valores que indican los flujómetros del lugar de destino relacionado con la no presencia de estos en la central, teniéndose que guiar por las facturas ya que una medición del tanque luego de recibir dicho combustible no sería tampoco exacta como lo haría un flujómetro bien calibrado.

Calidad del Combustible: Es necesario tener en cuenta que la materia de servicio de la empresa tiene bien definido que si el combustible no cumple los requisitos no se puede recibir en la instalación porque va directamente en contra del motor; aunque el combustible que se recibe aún ha mantenido sus características estables desde los inicios de la instalación a pesar de que no presenta las características óptimas, porque cuanto mejor valor calórico tenga el fuel-oil mejor calidad presenta este para ser explotado.

Medición del Combustible: Una medición mal realizada donde exista un error de al menos 1mm significa un volumen de más que no se tiene en físico o un volumen que si se tiene y no se está contabilizando, aquí influye en gran medida que las cartas de aforo de los tanques es geométrica de modo que es menos exacta, siendo necesario llevar a cabo un aforo volumétrico para que todas las mediciones estén más cerca de lo exacto posible.

Aditivado: El aditivo que se usa es el (PENTOMAG 4400) y se proporcionan 0.55 L por cada 1000 L de fuel-oil lo que equivale a 13.5 L por cada paila de 24000 L de combustible que llega a la instalación. Su función es dispersar las grandes cadenas de asfalto que posee este combustible, lo que posibilita que este sea quemado con más facilidad, en resumen se logra una mejor combustión y se eliminan las incrustaciones entre bombas de combustible, inyectores, cámara de combustión, culata, sistema de escape y turbocompresor; por lo que hace más eficiente el motor preservando así la vida útil de las partes y piezas del motor ya que se eliminan las

incrustaciones es por esto que un correcto aditivado sí que favorece al índice de consumo de combustible.

Combustible Viajero: Este es un factor que se encuentra bien controlado por lo que no afecta al índice de consumo de combustible de la central pues cada paila que entrega combustible se escurre correctamente hasta el final no quedándose con fuel-oil dentro, que es el llamado combustible viajero.

Dentro del Régimen de Explotación se encuentra:

Horas de Trabajo: Según el diseñador de esta tecnología debería mezclarse diesel con fuel-oil para que a la hora de la combustión se reciba un combustible con mejores propiedades y no el fuel-oil solo, que es demasiado agresivo a pesar de ser tratado, por eso es que cuando un emplazamiento se encuentra trabajando continuamente consumiendo fuel-oil a un gran número de horas de trabajo como es el caso de Yaguaramas que ya posee las 60000 horas en cinco motores, se vuelve necesario adelantar los mantenimientos capitales dado por el desgaste de las partes y piezas de los motores se produce antes de lo previsto lo que provoca fallas mecánicas e indisposiciones en las máquinas e inclusive limitaciones de carga, las cuales provocan incremento del índice de consumo; es por eso que se necesita una adecuada Relación Diésel/Fuel-Oil que mantenga limpio a los sistemas mecánicos.

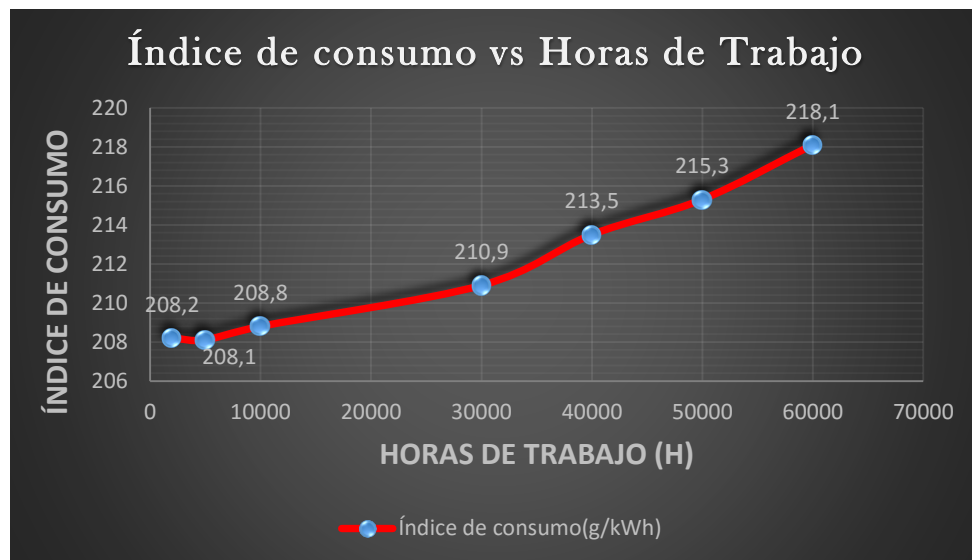


Figura 2.12 Influencia de las horas de trabajo con el índice de consumo.

Fuente: Elaboración propia a partir de Excel.

Consumo de Diésel: Este factor se encuentra favorable y en condiciones óptimas pues en el emplazamiento se lleva a cabo cabalmente el consumo de los 150 litros de diésel en cada arranque-parada con el fin de limpiar todo el sistema y evitar las incrustaciones que pudiera crear el fuel-oil.

% de Carga: Las gráficas de carga de estas unidades tienen su mejor eficiencia entre el 85% y el 95%, a mayor % de carga del motor, mayor salida de potencia del generador e inversamente, por lo que si trabajamos fuera de este rango la generación bruta disminuye considerablemente con un mismo consumo de combustible, además de que a menor % de carga el motor es más ineficiente y la combustión cada vez más incompleta lo que da lugar a un mal funcionamiento en general del sistema disminuyendo así la vida útil de los equipos y sus auxiliares lo que provoca que el valor del indicador Ce fuel-oil también lo haga porque son inversamente proporcionales. Siendo así en el año 2018 la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas dentro de su plan de disponibilidad tuvo un promedio de cargabilidad de 82.6 % dado por una potencia disponible de 202.6 MW de 244.8 MW instalada y un índice de consumo de 218.1 g/kWh.

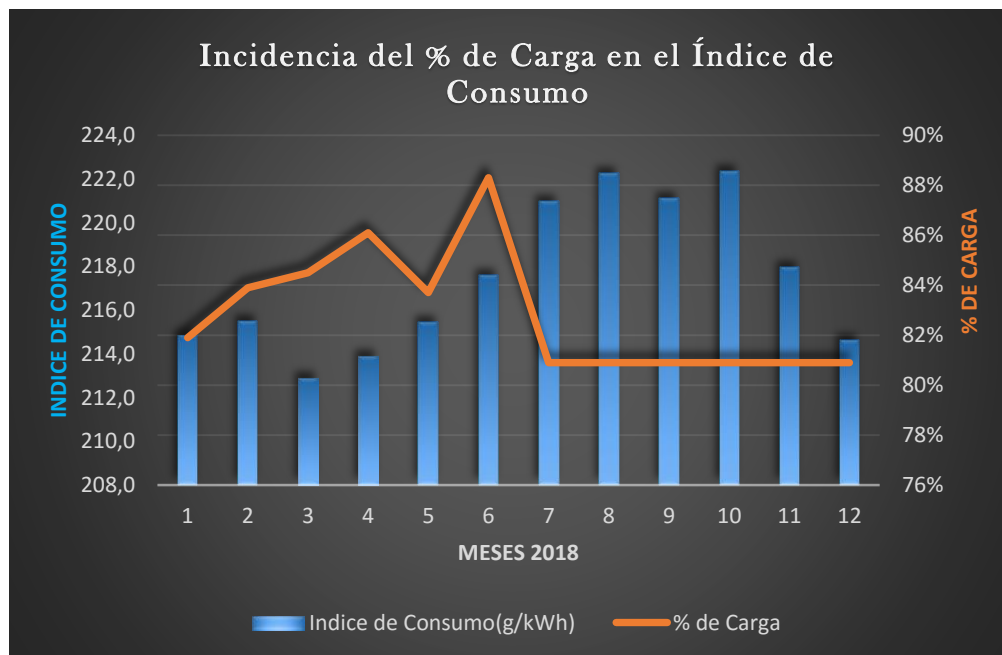


Gráfico 2.13 Relación entre el % de carga y el índice de consumo (2018).

Fuente: Elaboración propia a partir de Excel.

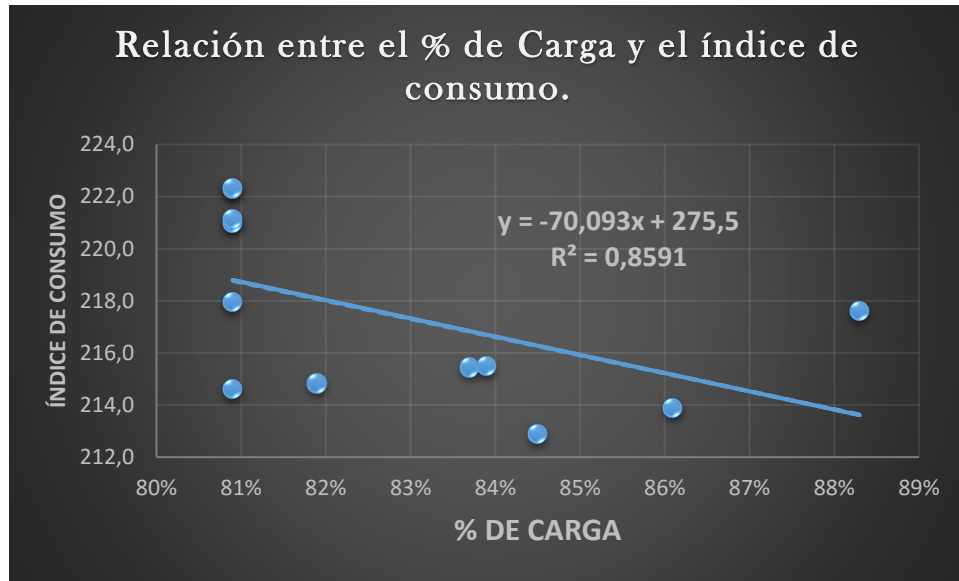


Figura 2.14 Relación entre el % de carga y el índice de consumo de combustible.

Fuente: Elaboración propia a partir de Excel.

En este gráfico se nota claramente la tendencia que presenta el índice de consumo a disminuir sus valores a medida que aumenta el % de carga de los motores pues se encuentran trabajando con un mejor nivel de eficiencia, de modo que continúan consumiendo la misma cantidad de combustible pero generando más potencia al generador e igualmente este genera mayor energía. De este modo se llega a la conclusión de que cuanto mayor sea el % de carga menor índice de consumo tendrá ese motor, y proporcional a esto será el comportamiento del indicador a nivel de emplazamiento.

Relación Lodo/Fuel: Esta relación es importante porque el lodo representa el 1 % del fuel-oil consumido en el día, si este porcentaje se va de parámetro es señal de que la purificadoras están teniendo problemas y están pasando fuel-oil para el lodo o lodo para dentro del combustible limpio, pero en la central este renglón se encuentra bien controlado.

Dentro de la Preparación del Combustible se encuentra:

Temperatura y Viscosidad: Es sumamente importante que el combustible sea introducido en la cámara de combustión a la temperatura y viscosidad establecida de lo contrario va a ser más difícil de quemar ese combustible lo que daría lugar a la combustión incompleta, la cual traería un sin número de consecuencias y dentro de ellas provocar incremento en el índice de consumo de combustible.

Disco de Gravedad: Es quien se encarga de mantener adecuadamente el Funcionamiento de la Purificadora debido a que es quien controla que el combustible no pase para el lodo o viceversa, es por eso que en dependencia de las características que traiga el combustible a su llegada es el tipo de disco que se incorpora, debido a que el combustible en esta central eléctrica se ha mantenido bastante estable, por lo que se han mantenido constantes los discos de gravedad en las purificadoras, pero una mala regulación de estos traería consigo una pérdida de combustible, afectando así la eficiencia y el Flujo de la Purificadora que debe de ser de 1900 l/h, de lo contrario esta estaría trabajando fuera de parámetros lo que sería proporcional al descontrol del índice de consumo de combustible por pérdidas.

Temperatura en tanque de servicio: Es necesario que el combustible mantenga la temperatura adecuada desde la recepción y el trasiego hasta la centrifugación del mismo ya que el suministro hacia el tanque de servicio debe de ser a la temperatura establecida porque es fuel-oil limpio y requiere mayor importancia, por lo que si las purificadoras lo reciben con inestabilidad entonces le corresponde hacer un trabajo fuera de parámetros que provocaría que se pase combustible para el lodo lo que afecta el porcentaje lodo/fuel y trae consigo una pérdida considerable de combustible, lo que afecta directamente en el índice de consumo.

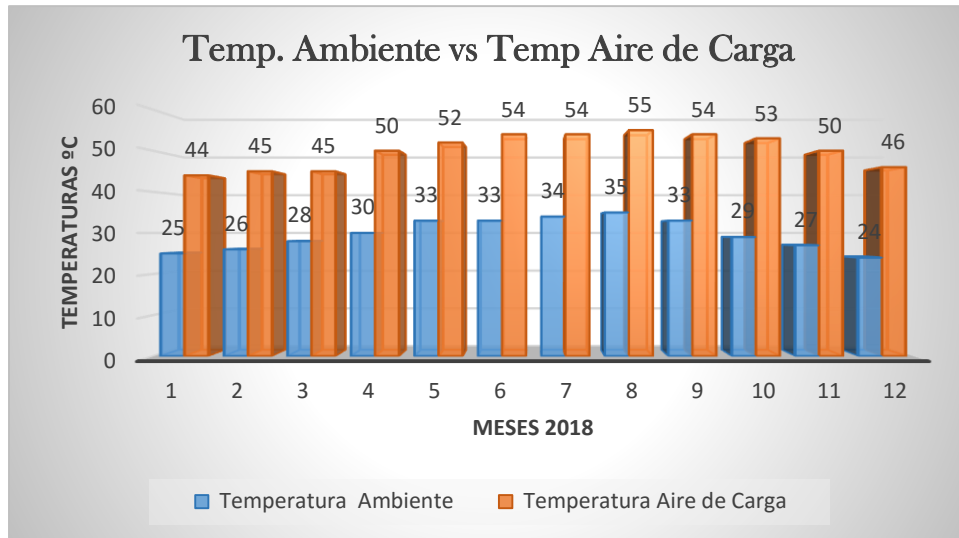


Gráfico 2.15 Relación entre la temperatura ambiente y la temperatura de aire de carga.

Fuente: Elaboración propia a partir de Excel.

Temperatura Ambiente: Los motores Himsen 9H21/32 de tecnología Hyundai vienen limitados a trabajar a una temperatura ambiente máxima de 32 °C, por lo que una vez que se encuentren trabajando con temperaturas superiores a esta se debe comenzar a derratear el motor según el fabricante, es decir bajarle la carga para que este no se vaya de parámetros ya que se encontrarían afectados la Temperatura de Aire de Carga y por lo tanto el sistema de admisión.

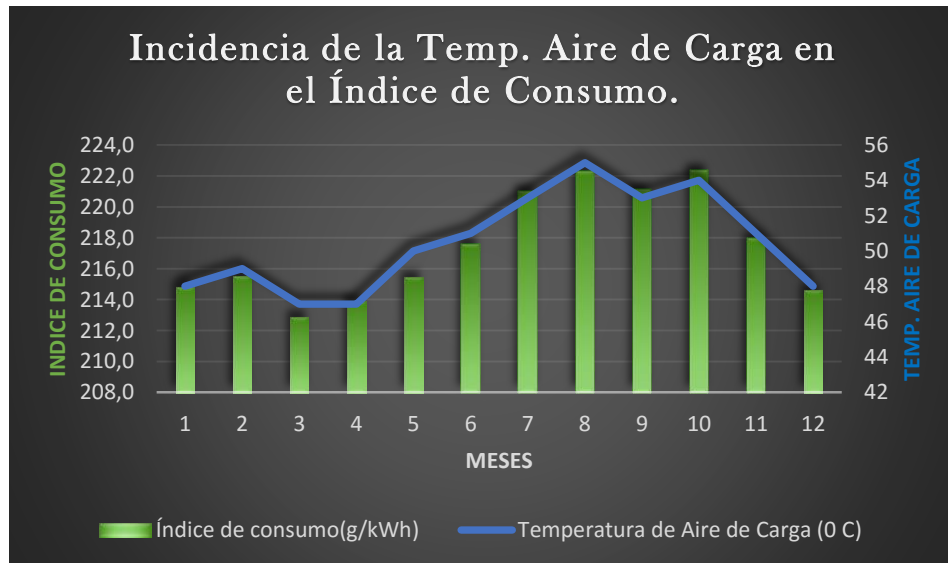


Gráfico 2.16 Temperatura de aire de carga vs índice de consumo.

Fuente: Elaboración propia a partir de Excel.

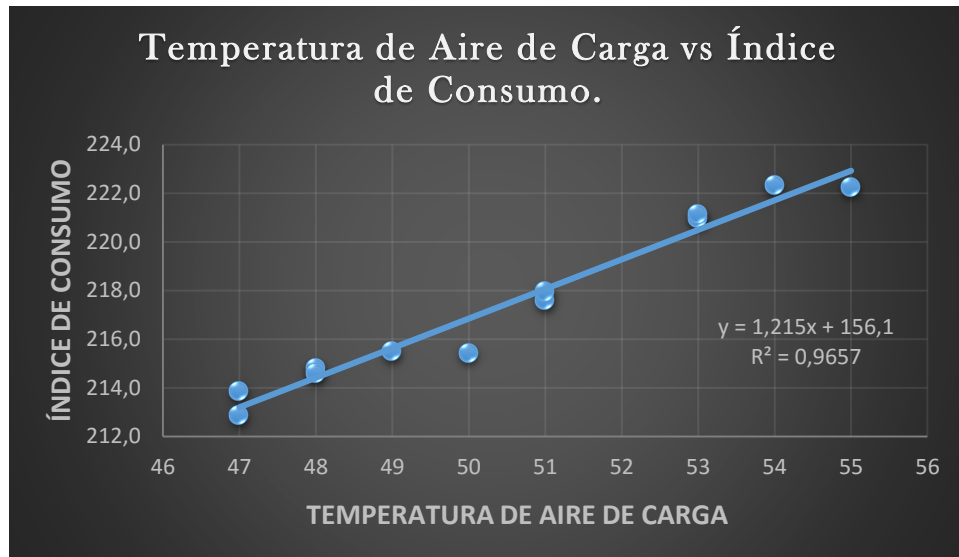


Figura 2.17 Tendencia de la temperatura de aire de carga en el índice de consumo.

Fuente: Elaboración propia a partir de Excel.

El gráfico anterior muestra claramente como a medida que aumenta la temperatura de aire de carga, proporcional a esta, lo es el índice de consumo de combustible, porque es la temperatura que actúa directamente en la combustión, la cual si se encuentra muy caliente provoca una disminución de la masa de aire y a su vez disminuye el oxígeno que es un factor sumamente importante dentro del triángulo de combustión, que son combustible, fuente de inyección y oxígeno, si uno de estos tiene problemas, la combustión será incompleta por lo que todos los parámetros estarían afectados dentro del conjunto motor-generator y no existirá una eficiencia adecuada, como se necesita.

La temperatura ambiente también afecta la temperatura de agua de baja del motor y aledañamente su sistema de enfriamiento, debido a que los ventiladores no alcanzan para enfriar el agua debido al cálido clima de Cuba por lo que permanece afectada permanentemente la Temperatura de Salida de los Radiadores, también la temperatura del aceite, la de los gases de la combustión y la de los gases de escape, en fin sería irregular el funcionamiento del motor y lógicamente su rendimiento no será eficiente por lo que el índice de consumo se incrementará.

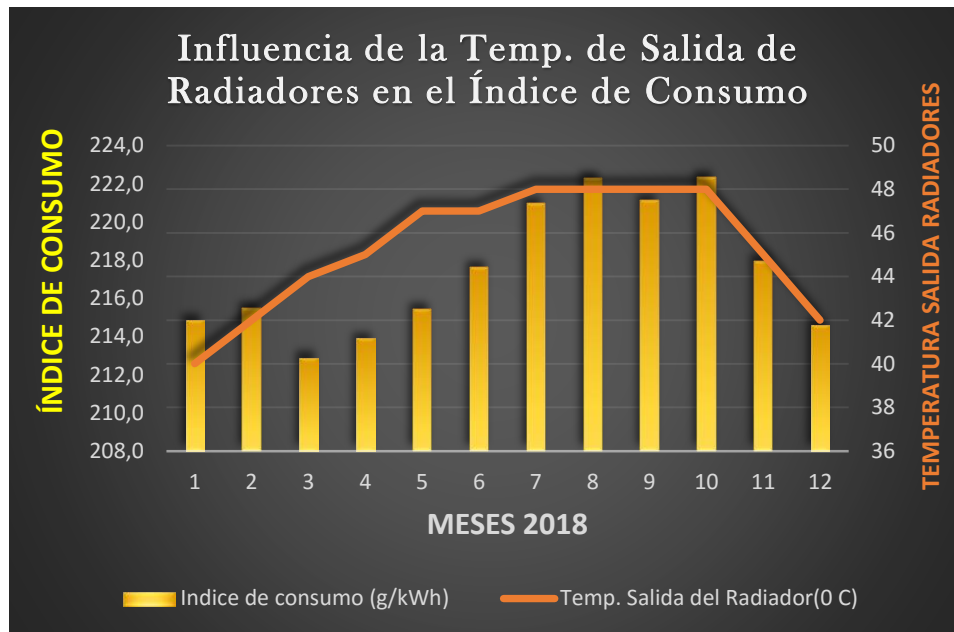


Figura 2.18 Influencia de la temperatura de salida del radiador en el índice de consumo.

Fuente: Elaboración propia a partir de Excel.

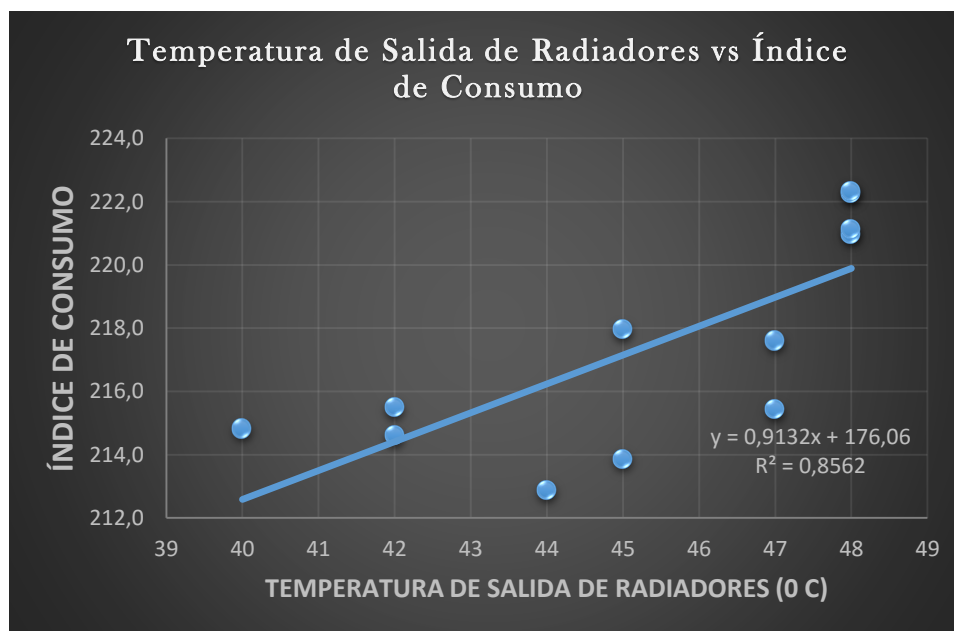


Figura 2.19 Influencia de la temperatura de salida de los radiadores en el índice de consumo.

Fuente: Elaboración propia a partir de Excel.

La tendencia que se demuestra en este grafico es la del aumento continuo del índice de consumo a medida que lo hace la temperatura de salida de los radiadores que son quienes alimentan el sistema de enfriamiento del motor y por lo tanto se afectan también los demás sistemas antes explicado.

Indice del Gobernador: Este motor para poder mover el generador necesita generar una potencia definida para la cual la inyección del combustible tiene que ser la adecuada y esta se controla según la regulación correcta del gobernador y junto a este el Índice de Cremallera pues estos son quienes dirigen la inyección directamente, si se lleva a cabo un exceso de inyección se estaría provocando una combustión incompleta que provocaría la ineficiencia del motor.

Conclusiones del capítulo.

- ❖ En los últimos años el índice de consumo de combustible de la Central Eléctrica Yaguaramas viene mostrado significativamente una tendencia ascendente.
- ❖ El Fuel-Oil es el portador energético que más se consume en el emplazamiento, representando más del 80 % del consumo de todos los energéticos del emplazamiento y sobre él deben realizarse las principales acciones de ahorro.
- ❖ El índice de consumo de combustible se encuentra actualmente por encima de los parámetros establecidos, lo que significa que hay que hacer énfasis en los factores que afectan este indicador críticamente.
- ❖ Los principales consumidores de electricidad son:
 - Los motores consumen más del 80 % de la energía eléctrica empleada por el emplazamiento, donde los mayores consumidores de electricidad en el MDU son los 4 ventiladores de los radiadores de 8kW.
 - El HTU constituyen un 8% de la energía de la planta, de donde las purificadoras lo hacen con un 76%.

- Los compresores representan un 4% de la energía total producto de las fugas de aire, las que deben ser selladas para su disminución.
 - La estación de bombas con un 3% es la encargada de recibir el combustible y de mantener los tanques de los HTU llenos para el uso en las máquinas proceso en el cual se usa el 78% de la energía de esta instalación.
5. El diagnóstico energético realizado ha permitido descubrir potenciales de ahorro, se ha identificado un grupo importante de áreas y equipos para reducir los consumos de fuel oil y electricidad, a continuación, se mencionan los más importantes:
- Consumir todo el combustible estipulado para los arranques y paradas.
 - Mantener la entrada del combustible fuel-oil a la máquina a los 130 °C y la viscosidad a 12 cSt.
 - Mantener estricta vigilancia sobre los parámetros de la purificadora para reducir la generación de lodo y evitar los derrames.
 - Tener la máquina en un 85% a 90% de carga (eficiencia máxima).
 - Asegurarse que la medición del combustible sea lo más exacto posible.
6. Con las medidas propuestas se reduce el insumo en un 66 % aproximadamente lo que en el año 2018 daría solamente 786,4 MW de consumo por la instalación, esto corresponde a un factor de insumo anual de 1.02 % o sea se reduciría un 1.31 %, que haría más eficiente la instalación.

CAPITULO III ANÁLISIS ECONÓMICO.

3.1 Generalidades.

Por medio de costos se expresa la eficiencia en el trabajo, además de ser un indicador generalizador de la calidad, que sirve como índice principal para medir el buen funcionamiento de una empresa en la utilización de los recursos disponibles, al comparar la producción obtenida y la magnitud de los gastos incurridos en la misma.

Dentro de los costos de producción se incluyen: los gastos de materias primas y materiales auxiliares empleados en la producción, los gastos en salarios, el costo de la energía consumida, los gastos generales producto de la amortización de los equipos y los gastos indirectos.

3.2 Los consumos internos en la Central Eléctrica Fuel-oil Yaguaramas.

Para poder llevar a cabo la generación de energía eléctrica en la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas se necesita un gasto anual considerable porque se le compran a distintas empresas los recursos necesarios como son a CUBALUB el aceite a un precio de 2.609 \$/Lt y a CUPET el diésel a 0.5792 \$/Lt y el Fuel-Oíl a 0.5057 \$/Lt; lo que equivale a 785.6 \$/Ton y 571.23 \$/Ton respectivamente incluyendo la transportación, del mismo modo para poder llevar a cabo los diferentes tipos de mantenimientos previstos a la instalación y a los equipos se necesitan materiales constructivos y no constructivos respectivamente, así como el pago de diferentes tipos de salarios que se le otorgan al personal de trabajo basado en la calidad de la producción; el insumo eléctrico de la instalación para funcionar y cumplir sus objetivos, la transportación que se lleve a cabo para diferentes gestiones empresariales y otros gastos aleatorios también forma parte de la inversión anual de la entidad.

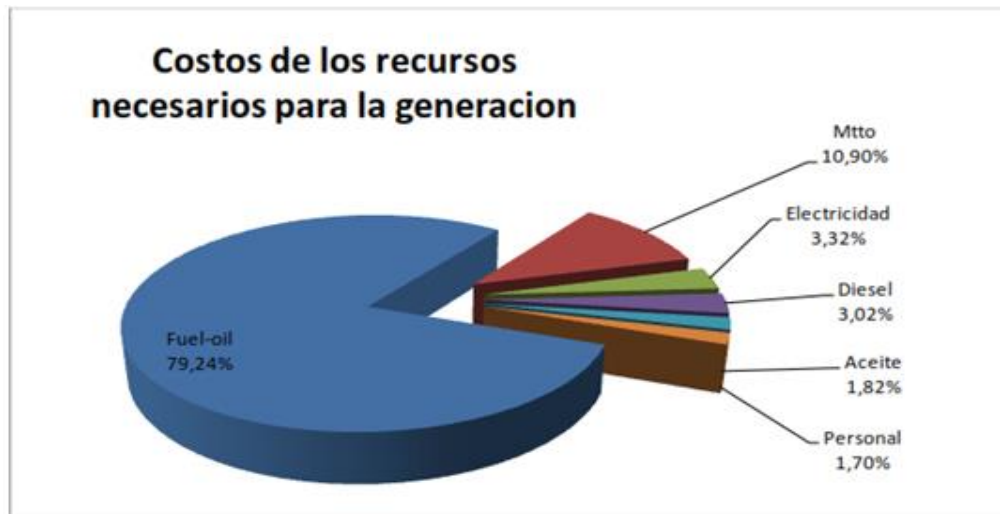


Gráfico 3.1 Principales recursos necesarios para la generación dentro de una Central.

Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 3.1 se puede observar que los principales renglones de costos son el fuel-oil con un 79%, los costos de mantenimientos periódicos con un 10.9%, y la electricidad con un 3.32%; luego en mucha menor cuantía el diésel con un 3% y el aceite con un 1.82% los cuales hay que tener bien vigilados ya que, con un pequeño incremento del consumo de estos, aumentaría el costo en grandes proporciones. Además, tenemos el costo del personal para la operación de la central en un 1.7% que varía según el índice de consumo ya que la estimulación al trabajador depende del mismo.

3.2 Los principales elementos del costo de producción expresados en forma monetaria son:

1. El valor de las materias primas y materiales utilizados.
2. El valor de los combustibles y lubricantes.
3. El costo de la energía consumida por la instalación.
4. Los gastos en salario de los trabajadores.
5. Los gastos producto de la depreciación y amortización.
6. Los costos directos.
7. Los costos indirectos.

3.2.1 Gastos en materiales y materias primas.

Este elemento del costo es el más importante y sobre el cual recae el mayor peso desde el punto de vista monetario. En la tabla 3.1 se resume el valor de todas las materias primas y materiales empleados en la producción en el año 2018.

Tabla 3.1 Gastos en materiales y materias primas.

Elementos	Plan	Real	Dif. (Plan-Real)	UM
Aditivos	153.2	197.05	-43.8	MP
Materiales de Manttos (excepto constructivo)	3643.1	3350.1	293.0	MP
Materiales de Manttos Constructivos	41.4	20.8	20.6	MP
Otros	813.6	551.7	261.8	MP
Total Materia Prima	4651.3	4119.7	531.6	MP

Nota: MP (Miles de pesos CUP)

Fuente: Elaboración propia según datos UEB Cienfuegos.

En cuanto a materias primas y materiales los gastos se mantuvieron dentro del plan a pesar de que fue necesario un mayor uso del aditivo (PENTOMAG 4400) que tiene como norma un uso de 12 L aproximadamente para una paila de 25000 L debido a que fue necesario un mayor uso de combustible, influencia provocada por el índice de consumo de combustible; pero en general se cumplió con el anterior renglón económico.

3.2.2 Gastos en Combustibles y Lubricantes.

El costo total en combustibles y lubricantes se determina teniendo en cuenta el precio de adquisición y la cantidad que se consuma por los equipos, lo cual incluye su transportación desde CUPET hasta la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

Tabla 3.2 Gastos en combustibles y lubricantes.

Elementos	Plan	Real	Dif.(Plan-Real)	UM
Tecnológico	24186.1	25654.8	-1468.7	MP
Lubricantes	742.8	761.6	-18.76	MP
Transporte y otros usos	94.8	44.4	50.39	MP
Total Comb. y Lub.	25023.7	26460.8	-1437.14	MP

Nota: MP (Miles de pesos CUP)

Fuente: Elaboración propia según datos UEB Cienfuegos.

En cuanto a combustibles y lubricantes los gastos anuales se fueron por encima del plan económico debido a que en este renglón se encuentra el mayor portador energético dentro de una Central Eléctrica que es el combustible fuel-oil, cuando el índice de consumo de combustible se encuentra elevado es necesario comprar más de lo previsto para seguir generando electricidad, hecho que ocurrió en el año 2018.

3.2.3 Gastos en Energía Eléctrica.

Tabla 3.3 Gastos en Energía Eléctrica del emplazamiento.

Elementos	Plan	Real	Dif.(Plan-Real)	UM
Energía	887.0	584.7	302.2	MP

Nota: MP (Miles de pesos CUP)

Fuente: Elaboración propia según datos UEB Cienfuegos.

3.2.4 Gastos en salarios.

El gasto total en salarios depende de la categoría y el número de horas de trabajo de cada uno de los técnicos y obreros que participan en la producción, además de los resultados alcanzados por la entidad puesto que se recibe un incremento según los resultados obtenidos anuales.

Tabla 3.4 Gastos en salarios a los trabajadores.

Elementos	Plan	Real	Dif.(Plan-Real)	UM
Salario Escala	1100.1	1257.1	-156.9	MP
Pago Adicional del Perfeccionamiento	308.3	272.6	35.6	MP
Otros Pagos Adicionales	107.2	152.5	-45.3	MP
Pago por Resultado	1229.0	1445.1	-216.0	MP
Acumulación de Vacaciones (9.09%)	249.6	272.2	-22.6	MP
Total Salario	2994.1	3399.4	-405.3	MP

Nota: MP (Miles de pesos CUP)

Fuente: Elaboración propia según datos UEB Cienfuegos.

Este renglón se ve afectado debido a que el plan anual es otorgado según una cierta cantidad de horas de trabajo, pero según sea la demanda de la SEN se trabajan horas extras o no y cuando sucede se incrementa el gasto en salario a trabajadores, en este sector se tiene en cuenta el índice de consumo de combustible pues de este depende la estimulación del personal de trabajo.

3.2.5 Costos generados por la amortización de equipos.

El traspaso gradual del valor de los medios de trabajo a medida que estos se desgastan a los productos que se elaboran y la utilización de ese valor para la reproducción posterior de los fondos fijos de producción es lo que conocemos por amortización de un equipo.

En el proceso de producción las máquinas sufren un desgaste físico que lleva a la pérdida de propiedades técnicas y productivas del medio de trabajo y un desgaste moral producto del avance científico que provoca la obsolescencia de la misma y que le resta valor al producto.

Estos gastos se determinan partiendo de la amortización horaria de cada máquina y del tiempo en horas en que dicha máquina participa en la producción.

Tabla 3.5 Gastos en Depreciación y Amortización.

Elementos	Plan	Real	Dif.(Plan-Real)	UM
Depreciación y Amortización	4047.7	4070.6	-22.97	MP

Nota: MP (Miles de pesos CUP)

Fuente: Elaboración propia según datos UEB Cienfuegos.

3.2.6 Total de Gastos Directos.

El total de Gastos Directos es igual a la suma de los Gastos en Materiales, Salarios, Amortización y Energía.

Tabla 3.6 Total de Gastos Directos en el año 2018.

Elementos	Plan	Real	Dif.(Plan-Real)	UM
Gastos en Materiales	30562.0	31165.3	-603.3	MP
Energía	887.0	584.7	302.2	MP
Salarios	2994.1	3399.4	-405.3	MP
Amortización	4047.7	4070.6	-22.9	MP
Total de Gastos Directos	37603.8	39219.7	-1615.9	MP

Nota: MP (Miles de pesos CUP)

Fuente: Elaboración propia según datos UEB Cienfuegos.

3.2.7 Total de Gastos Indirectos.

Tabla 3.7 Total de Gastos Indirectos empleados en el año 2018.

Elementos	Plan	Real	Dif.(Plan-Real)	UM
Servicios comprados entre entidades.	1983.4	1778.6	204.7	MP
Servicios Mantto Rep. Constructivo (excepto. Viales)	170.3	5.94	164.3	MP
Servicios Mantto Rep. De Viales	18.0	10.0	8.0	MP
Servicios Mantto de otras Reparaciones	201.0	200.0	1.0	MP
Gastos Viáticos	54.0	35.0	18.95	MP
Otros	150.4	356.0	-205.6	MP
Total Otros Gastos Monetarios	2577.1	2385.6	191.4	MP

Nota: MP (Miles de pesos CUP)

Fuente: Elaboración propia según datos UEB Cienfuegos.

3.2.8 Total de gastos de la Central Eléctrica Fuel-oil Yaguaramas en 2018.

Tabla 3.8 Total de Gastos de la Central Eléctrica Fuel-oil Yaguaramas en 2018.

Elemento	Plan	Real	Dif.(Plan-Real)	UM
Total de Gastos Anuales	40180.9	41021.1	-840.2	MP

Nota: MP (Miles de pesos CUP)

Fuente: Elaboración propia según datos UEB Cienfuegos.

Como se puede ver la Central Eléctrica Fuel-oil Yaguaramas tuvo un gasto por encima de su plan económico de 840.2 miles de pesos (CUP), cuando el índice de consumo de combustible está por encima del plan establecido por la UNE trae consigo que a lo largo del año haya que comprar más combustibles (Fuel-oil) y (Diésel), y más aditivo (PENTOMAG 4400) de lo que estaba previsto, provocando así más gastos de lo planificado, los cuales recaen sobre el salario de los trabajadores ya que los resultados no son tan eficientes, por tanto cuando no se cumple el índice de consumo de combustible todo el personal que se encuentra vinculado a la producción se afecta económicamente. Esto está dado porque el pago por resultado que recibe la UEB Cienfuegos depende en gran medida de la generación, de la disponibilidad y del índice de consumo de combustible, cuando no se cumplen los tres indicadores se afecta generalmente la UEB y cada emplazamiento que pertenezca a ella.

3.2.9 Costo de Generación por cada MWh.

Tabla 3.9 Costo de generación de cada MWh.

Gastos	MWh	Lts	\$(MP)	Generación Neta(MWh)
Fuel-Oil		12271214.1	6990.9	
Diésel		12069969.2	6205.5	
Aceite		95616.0	249.5	
Mantenimiento			4723.0	
Electricidad	2314.62		931.5	
Personal			2144.9	

Total			19382.3	101755.5
\$/MWh			190.48	

Nota: MP (Miles de pesos CUP)

Fuente: Elaboración propia según datos suministrados por la UEB Cienfuegos.

En la tabla 3.9 se resumen los gastos (CUP) en diferentes renglones y la generación neta (MWh) llevados a cabo por la entidad en el año 2018 dando como resultado el costo de generación de cada MWh, que según el exceso de gastos debido a un elevado índice de consumo ascendió este parámetro de \$ 163710.00 a \$ 190480.00.

Conclusiones del capítulo.

1. En la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas se llevan a cabo gastos considerables con el fin de lograr cumplir el plan de generación de energía eléctrica al SEN, de modo que se necesita hacerlo con una eficiencia y calidad óptima.
2. Se requiere cumplir con un índice de consumo de combustible adecuado pues cuando este sobrepasa el plan encomendado aumentan los gastos de combustible fuel-oil y diésel, así como el aditivo (Pentomag 4400).
3. El pago por resultado en el sector está delimitado según generación, disponibilidad e índice de consumo de combustible, de forma tal que si se altera uno de estos el pago del personal disminuye, pues debe cubrir el exceso de gastos.

CONCLUSIONES GENERALES.

1. Una central eléctrica de fuel oil se divide en componentes de una batería (motor-generator, planta de tratamiento de combustible y aceite, compresores, unidad de control eléctrico y caldera recuperativa) y componentes comunes (generator de arranque en negro, planta de tratamiento de agua y sala de control).
2. En los últimos años el índice de consumo de combustible de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas muestra elocuentemente una tendencia ascendente.
3. El Fuel-Oil es el portador energético que más se consume en el emplazamiento, representando más del 80 % del consumo de todos los energéticos del emplazamiento y sobre él deben realizarse las acciones de ahorro fundamentales.
4. Dentro de una Central Eléctrica Fuel-Oil existe un grupo aproximadamente de veinte factores que deben tener sus parámetros en óptima forma, de lo contrario ocurre un aumento del índice de consumo de combustible.
5. El índice de consumo de combustible continúa actualmente por encima de los parámetros establecidos, lo que significa que hay que hacer énfasis en disminuir dicho indicador.
6. Si el índice de consumo de combustible dentro de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas se encuentra elevado incurrirá en los gastos económicos pues estos sobrepasarán los límites provocando una mayor compra de materiales y materia prima, de modo que aumenta el consumo de combustible fuel-oil y diésel, así como el aditivo (Pentomag 4400) lo cual influye en el sistema de pago de los trabajadores y de ganancias al sector.

RECOMENDACIONES:

1. El diagnóstico energético realizado ha permitido descubrir un grupo importante de áreas y equipos donde se puede reducir el consumo de fuel-oil, a continuación, se mencionan los más importantes:
 - Consumir todo el combustible estipulado para los arranques y paradas.
 - Mantener la entrada del combustible fuel-oil al motor a los 130 °C de temperatura y a los 12 cSt de viscosidad.
 - Mantener estricta vigilancia sobre los parámetros de la purificadora para reducir la generación de lodo y evitar los derrames.
 - Mantener en un rango de 85% a 90% de carga con el objetivo de lograr la eficiencia máxima.
 - Asegurarse que la medición del combustible sea lo más exacto posible ya que no se cuenta con un aforo volumétrico.
2. Siendo el mayor peso del insumo el de los ventiladores que extraen el calor de los radiadores se propone hacer un cambio en dicho sistema teniendo en cuenta que no son suficiente para el clima en Cuba.
3. Para lograr bajar la temperatura del agua a la salida de los radiadores se propone instalar al radiador del motor la entrada de agua fría de la caldera proveniente de la planta de tratamiento químico de agua (PTQA).
4. Para lograr mejor eficiencia en todo el proceso se propone introducir el agua de salida de los radiadores de los motores en la entrada de alimentación de la caldera ya que esta se encuentra a una temperatura aproximadamente a los 80°C.
5. En el caso de los compresores que arrancan automáticamente hacer una revisión exhaustiva con el fin de encontrar y sellar todos los salideros de aire para garantizar que los tanques de los mismos se mantengan con la presión necesaria.
6. Con el objetivo de alargar los períodos de arranques, se pueden poner dos compresores de mayor capacidad para alimentar el sistema de alta presión de las tres baterías, los que trabajarían turnándose o dejando uno de

repuesto y así se lograría reducir el insumo de tres compresores a uno de mayor potencia y hacer lo mismo con los compresores del sistema de baja presión.

BIBLIOGRAFÍA.

- Alonso, J. M. (2007). *Sistemas auxiliares de motores*. México.
- Artíles, A. H. (2010). *Tendencias modernas del mantenimiento*.
- Artíles, A. H. (s. f.). *Sistemas de mantenimiento*.
- Batista, E. R. H. (2007). *Análisis del comportamiento de las prestaciones en los motores de combustión interna estacionarios*.
- Batista, E. R. H. (2009). *El Diagnóstico técnico por análisis de tendencia, técnica para evaluar el estado de condición de un equipo*. (Aplicación a los grupos electrógenos.).
- Batista, P. J. (2013). *Técnicas de diagnóstico y fallas en los motores de combustión interna Fuel-Oil de la Generación Distribuida de electricidad*. (Trabajo de Diploma.). Universidad Central «Marta Abreu» de las Villas., Villa Clara. Cuba.
- Beatriz, L. B. (2018a). *Balance de combustibles y economía*. [Microsoft Excel]. Cienfuegos. Cuba: UEB Cienfuegos.
- Beatriz, L. B. (2018b). *Certificación de insumos* [Microsoft Excel]. Cienfuegos. Cuba: UEB Cienfuegos.
- Beatriz, L. B. (2018c). *Control de operadores* [Microsoft Excel]. Cienfuegos. Cuba: UEB Cienfuegos.
- Callister, W. D. (s. f.). *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*.
- Cano, J. M. (s. f.). *Refrigeración por absorción. Interés energético e impacto ambiental*. *Energía*.

- Colectivo de Autores. (2005). *Generación distribuida y emergente en Cuba*. Cienfuegos. Cuba: CEEMA.
- CNCI. (2007a). *Carta de régimen de tecnología Hyundai Heavy Industries 1.7 MW PPS para el motor Himsen*.
- CNCI. (2007). *Composición de un Emplazamiento Hyundai PPS*.
- CNCI. (2016). *Grupos Electrógenos, SEN y Generación Distribuida*.
- CONAE. (s. f.). *Generación distribuida energía de calidad*. ((302)), 5pp.
- Del Castillo, S. A. M. (2009). *Análisis de criticidad personalizados, Ingeniería Mecánica*. La Habana. Cuba.
- Díaz, I. L. (2008). *Gestión del Mantenimiento*.
- Durán, D. S. (2018). *Explicación del Diagrama Ishikawa de Índice de Consumo*. [M4A]. Cienfuegos. Cuba.
- EMGEF. (2012). *Instrucciones de trabajo para el diagnóstico de fallas, averías y la evaluación de los parámetros de confiabilidad de los motores con tecnologías Hyundai y MAN*. Ministerio de la Industria Básica, Unión Eléctrica.
- Fernández, L. (2016). “Generación distribuida: ¿la generación del futuro? *Revista Energía, Alción, España*., 5pp.
- F-PM-10-006. (2008). *Mantenimiento general de las Centrales de Fuel*.
- GDECU. (2008). *Manual de Operaciones y Mantenimiento 1.7 MW PPS, 9H21/32*. La Habana. Cuba.
- GDECU. (s. f.). *Instrucciones de operación central eléctrica fuel-oil Yaguaramas, guía de seguimiento y puesta en marcha de baterías*. Cienfuegos. Cuba.
- Harrison, W. R., Wren, C. M., & Hill, J. M. (2003). “*The intelligent Power Plant Analysis*

- Tool.*” West Point, NY. United States. Department of Electrical Engineering and Computer Science. Military Academy.
- Herrera, S. D. (2010a). *Manual de gestión (MAGEST) de la generación distribuida de electricidad en Cuba.*
- Herrera, S. D. (2010b). *Manual de gestión (MAGEST) de la generación distribuida de electricidad en Cuba.*
- HYUNDAI HHI. (s. f.-a). *Operation & Maintenance Manual for 1700kW Packaged Power Station.*
- HYUNDAI HHI. (s. f.-b). *Operation & Maintenance Manual for 1700kW Packaged Power Station.*
- HYUNDAI HHI. (s. f.-c). *Operation & Maintenance Manual for 1700kW Packaged Power Station.*
- HYUNDAI HHI. (s. f.-d). *Operation & Maintenance Manual for 1700kW Packaged Power Station.*
- Incropera, F. (s. f.). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer.*
- Iván, B. N. (2018, junio). *Resumen anual de gastos en generación.*
- López, I. M. F. (2009). *Factores que incluyen en los indicadores energéticos básicos en los emplazamientos de fuel oil en Cuba.* Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Cuba.
- López, N. (2010). *Instrucciones Tecnología Fuel.* Recuperado de <https://sic.oc.une.cu/gdecu>
- López, R. y W. (s. f.). *Diagnóstico de motores diesel mediante el análisis estadístico del aceite lubricante.*

- Mantenimientos. (2011). Recuperado de <https://www.uesystem.com>.
- Matienzo, J. (2006). *La tecnología del diagnóstico técnico*.
- Michael, T. D. (s. f.). “*Reviewing the Impacts of Distributed Generation on Distribution System Protection*”.
- Ministerio de la Industria Básica. (2002). “*Libro del Programa de Ahorro de Electricidad en Cuba para la Enseñanza Media (PAEC)*”. La Habana. Cuba: Política.
- Morante, Rosales. (2014). *Diseño de un programa integral de mantenimiento mecánico para motores Hyundai 9H21/32 basados en las Normas ISO 9001:2008, ISO 14001-2004 y OHSAS 18001-2007* (Tesis de grado previo a la obtención del título de Magíster en Sistemas Integrados de Gestión .). Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Ecuador.
- Nimpitiwan, N. (2005). “*Fault Current Issues for Market Driven Power Systems with Distributed Generation*”. San Francisco. Estados Unidos: IEEE PES General Meeting.
- Pereira, H. (2006). *Mantenimiento predictivo*.
- Reyes, Y. O. (2011). *Valoración del impacto sobre la calidad del aire en la ciudad de Santa Clara de la generación de electricidad con grupos electrógenos a base de combustible fuel oil*. Villa Clara. Cuba: Universidad Central Marta Abreu de Las Villas.
- Sistema Internacional de Unidades*. (Unidades Legales en Cuba.). (2008).
- Trebolle, D. T. (2006). *La generación distribuida en España*. Recuperado de <https://www.iit.comillas.edu/docs/TM-06-004.pdf>

- Umaña, R. E., & Ramón, D. (2015). *Propuesta de un diagnóstico de mantenimiento preventivo ajustado a las condiciones de explotación de los motores Himsen 921/32, de la batería 8, en la planta Che Guevara VI, ubicada en el municipio de Nagarote en el periodo de enero a julio del año 2015.* (Seminario de Graduación para optar al Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua.
- Zambrano, M. A. (2014). *Investigación para la obtención de una mezcla homogénea para grupos electrógenos de 1.7 MW* (Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero Mecánico Automotriz.). Universidad Internacional del Ecuador., Quito. Ecuador.

ANEXOS.

Anexo 1. Significado y causas de las variaciones de las propiedades del combustible fuel-oil.

Propiedad o característica.	Variación.	Significado.	Causa.
Viscosidad.	Aumento.	Problemas en el sistema de bombeo.	Aumento en el consumo de energía para el pre y el calentamiento.
		Inadecuada atomización e inyección.	Sobrecargas en el sistema de inyección y mala combustión.
Punto de inflamación.	Disminución por debajo de (60oC)	Problemas en el trasiego, transportación y almacenamiento.	Aumento de las posibilidades de incendio en los elementos de la transportación del combustible.
% de carbón residual.	Incremento por encima de la norma.	Presencia de materia carbonosa.	Problemas en la combustión originando mayor cantidad de residuos carbonosos.
% de cenizas.	Incremento por encima de la norma.	Presencia de combustibles contaminados con lubricantes y con alto % de cenizas.	Recepción de combustibles con mala calidad y transporte de combustibles en pailas con residuos de lubricantes.
		Alta temperatura en el turbo y los cilindros.	Incrustaciones en los cilindros y los conductos de escape.
Valor calórico.	Alteración por encima y por debajo de la norma.	Aumento y disminución del consumo específico.	Aumento y disminución del contenido energético del combustible.
% de azufre	Incremento por encima de la norma.	Incremento de la corrosión en los sistemas expuestos a	Formación de ácido sulfúrico e incluso condensándose y
% de agua	Incremento por encima de la norma.	Inadecuada atomización e inyección	Problemas en los inyectores debido a la obstrucción y corrosión
		Incremento del consumo de combustible.	Disminución del valor calórico del combustible.

Anexo 1. Continuación.

Número de neutralización	Disminución del valor normativo.	Disminución de la durabilidad de los componentes de bombeo y almacenamiento del combustible.	Corrosión en piezas y componentes.
Aluminio	Incremento por encima de la norma.	Disminución de la durabilidad de los componentes de aros, cilindros, válvulas, etc.	Incremento del desgaste de las piezas debido a la acción abrasiva de los silicatos de aluminio. Se facilita el incremento de la corrosión.
Silicio	Incremento por encima de la norma.	Disminución de la durabilidad de los componentes del cilindro y conductos de chimenea.	Incremento del desgaste de las piezas debido a la acción abrasiva de los compuestos de silicio. Se facilita el incremento de la corrosión.
Vanadio	Incremento por encima de la norma.	Incremento de la temperatura del turbo.	Incrustaciones en los conductos de escape del turbo.
		Disminución en los elementos del turbo, válvulas de escape y conductos de chimenea.	Incremento de la oxidación por la formación de metavanadios al combinarse con el sodio.
Corrosión Al, Cu a 100 °C.	Incremento por encima de la norma.	Disminución de la durabilidad de los equipos de transporte y preparación del combustible.	Corrosión de piezas y componentes.

Anexo 2. Significado y causas de las variaciones de las propiedades del aceite lubricante.

Propiedad.	Variación.	Significado.	Causa
Viscosidad.	Aumento.	Presencia excesiva de insolubles.	Combustión deficiente.
		Presencia de líquidos refrigerantes.	Contaminación externa, subproductos de oxidación.
		Presencia de agua.	Fugas del sistema refrigerante.
		Oxidación.	Exceso de temperatura o tiempo de trabajo.
	Disminución.	Reposición con aceites de menor viscosidad y dilución por combustibles.	Mezclas o reposiciones inadecuadas e inyectores mal regulados.
Punto de inflamación.	Aumento.	Reposición con aceites de mayor punto de inflamación.	Mezclas o reposiciones inadecuadas.
	Disminución.	Presencia de combustibles.	Problemas en la combustión y desperfectos en los inyectores.
Insolubles.	Aumento.	Presencia de partículas mecánicas.	Incorrecto funcionamiento del filtrado y la depuración.
		Presencia de polvo.	Problemas en el filtrado del aire.
TBN.	Aumento.	Reposición con aceites de mayor TBN.	Reposición con aceite nuevo.
	Disminución.	Contaminación con productos ácidos de la combustión.	Consumo de aditivos alcalinos para neutralizar los ácidos.
		Oxidación con aceite.	Exceso de temperatura.
		Empleo de combustible con alto nivel de aceite.	Los ácidos generados a partir del azufre presente consumen aditivos

Anexo 3. Significado y causas de las variaciones de las propiedades del agua tratada.

Propiedad.	Variación.	Significado.	Causa.
Dureza total.	Incremento por encima de la norma.	Disminución del intercambio térmico en los equipos intercambiadores de calor.	Incrustaciones con bajo coeficiente de transferencia de calor.
		Incremento de la corrosión en los sistemas.	Incrustaciones que impiden la acción de los aditivos.
Cloruros.	Incremento por encima de la norma.	Disminución de la vida útil de las piezas y equipos tecnológicos.	Corrosión en los sistemas, tuberías, bombas y piezas.
pH.	Incremento por encima de la norma.	Roturas de tubos y averías en la caldera.	Fragilidad cáustica debida a la cristalización de los metales de la caldera.
	Disminución por debajo de la norma.	Disminución de la vida útil de las piezas y equipos tecnológicos.	Corrosión en los sistemas, tuberías, bombas y piezas.
Conductividad.	Incremento por encima de la norma.	Mayor consumo de agua tratada.	Incremento de las purgas en la caldera.
Alcalinidad.	Incremento por encima de la norma.	Pérdida del nivel de la caldera.	Incremento de espuma en el interior de la caldera.
		Incremento del nivel de espuma en la caldera.	Arrastre de sólidos en el vapor.

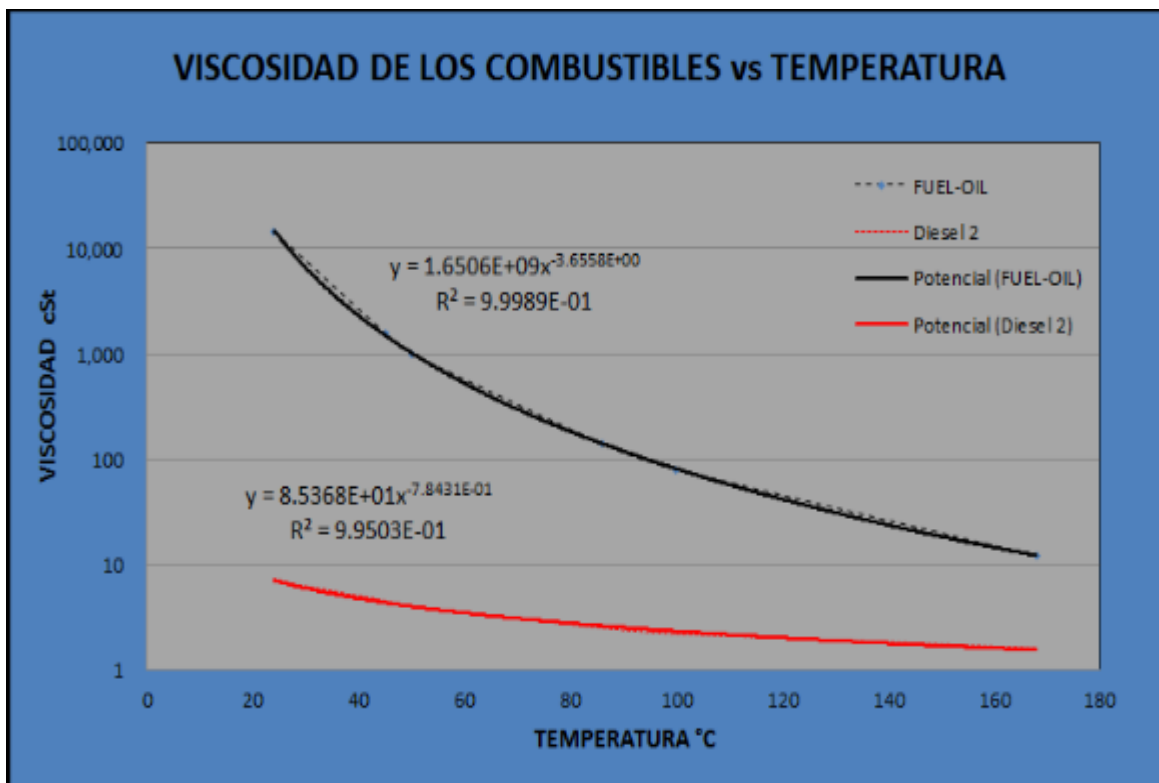
Anexo 3. Continuación.

Fosfatos.	Incremento por encima de la norma.	Exceso de aditivos en los sistemas.	Aumento de los costos por aditivos.
	Disminución por debajo de la norma.	Averías en equipos y piezas de intercambio térmico.	Cavitación y erosión en piezas y equipos.
Hierro Total.	Incremento por encima de la norma.	Mala transferencia de calor.	Obstrucción en los conductos y depósitos de sales
		Existencia de corrosión en las piezas con aleaciones de hierro.	Baja concentración de los aditivos.

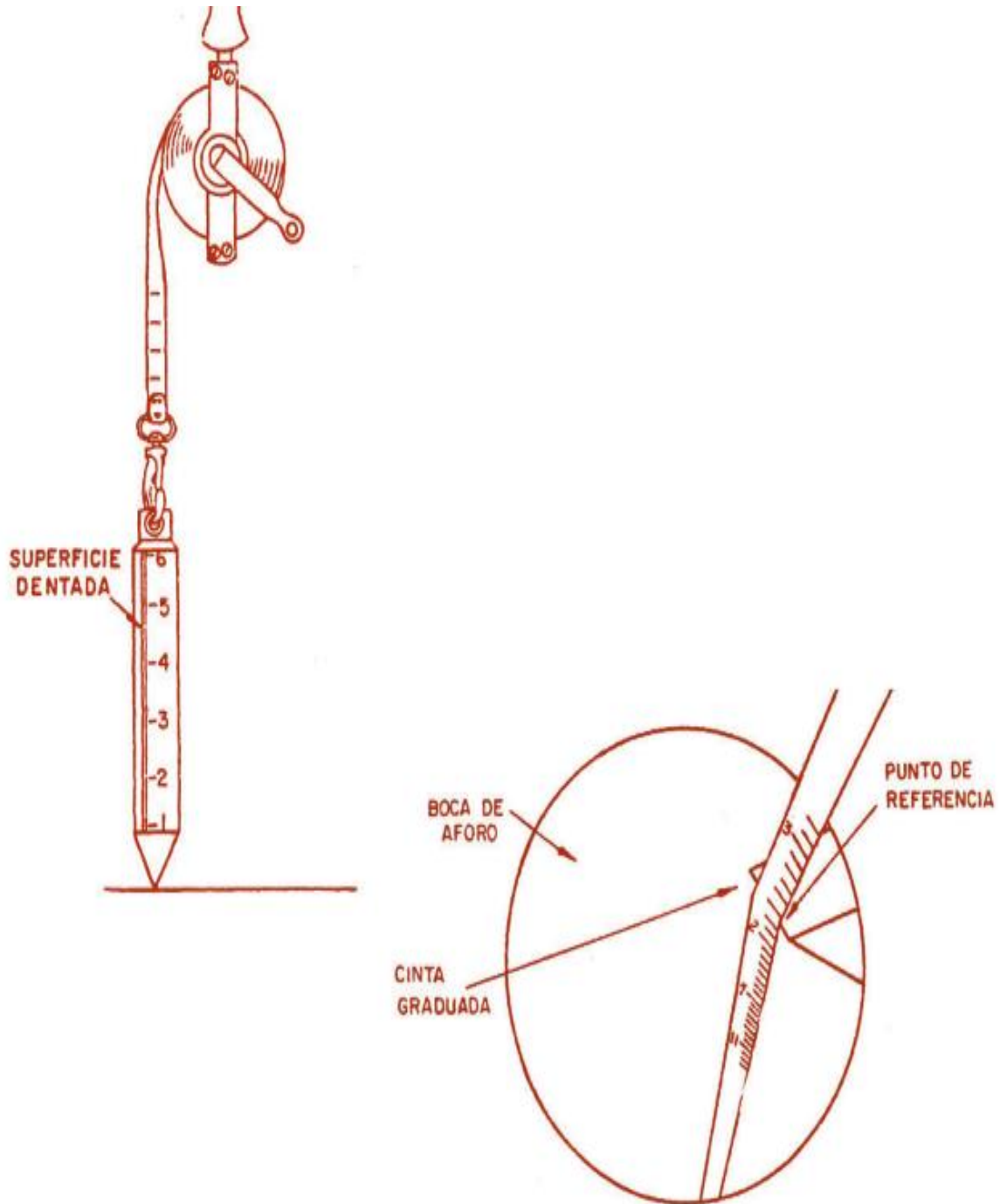
Anexo 4. Régimen permisible de los principales parámetros del motor de acuerdo a su carta de régimen de tecnología.

Parámetros	U/M	Régimen Normal
Presión de aire de arranque	bar	25....30
Presión del aceite del lubricación	bar	4....5
Presión de Fuel Oil a la entrada del motor	bar	7....10
Presión del Diesel a la entrada del motor	bar	7....8
Desviación de presión de encendido respecto a la media	bar	
Presión de encendido en los cilindros	bar	115...190
Presión de aire de carga	bar	1 ... 3.2
Temperatura de Fuel Oil a la entrada del motor	°C	110....170
Temperatura de Diesel a la entrada del motor	°C	30....45
Temperatura del aire de carga	°C	35...55
Temperatura de los gases a la salida de los cilindros	°C	250...390
Temperatura del aceite lubricante a la entrada del motor	°C	60....70
Temperatura del agua de enfriamiento a la salida del motor	°C	75...87
Velocidad del motor	rpm	891...909
Nivel de aceite en el cárter	%	50....75
Índice de Cremallera	mm	16....28

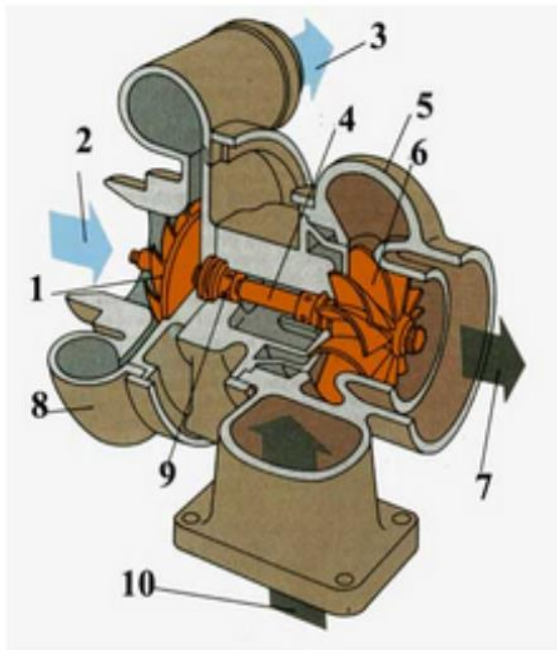
Anexo. 5 Relación de la viscosidad de los combustibles con la temperatura.



Anexo. 6 Cinta métrica para la medición del combustible Fuel-Oil.



Anexo.7 Partes del turbocompresor.



1. Turbina del compresor
2. Mezcla que viene del carburador
3. Mezcla comprimida que va hacia los cilindros
4. Eje o flecha
5. Cubierta de la turbina
6. Turbina del cargador
7. Salida de gases de escape hacia el sistema exterior
8. Cubierta del compresor
9. Rodaje, balero o cojinete
10. Entrada de gases de escape

Anexo. 8 Limpieza de un turbocompresor.



Anexo. 9 Depósito de aceite en el cárter usado para lubricar componentes del motor.



Anexo. 10 Panel de control automatizado.



Anexo. 11 Regulador del indice de inyección (Gobernador).



Anexo. 12 Interior del contenedor donde se encuentran ubicado los motores.



Anexo.13 Simbología de los planos de una batería.

0438-100
v1.000000

DESCRIPCION SIMBOLOGIA UTILIZADA					
	DIRECCIÓN DE FLUJO		FILTRO TIPO CANASTA		INDICADOR DE PRESION
	VALVULA COMPUETA BRIDADA (GA)		BOMBA VERTICAL DE TORNILLO		TRANSMISOR DE FLUJO
	VALVULA BOLA BRIDADA (BA)		CALENTADOR		INDICADOR DE NIVEL
	VALVULA BOLA AGUJA R (NE)		MEZCLADOR		TRANSMISOR DE NIVEL
	VALVULA DE CONTROL ELECTRICO R (EA)		BOMBA CENTRIFUGA		INDICADOR DE TEMPERATURA
	VALVULA COMPUERTA R (GA)		FLUJOMETRO		
	VALVULA DE CONTRAFLUJO R (CK)		PURIFICADORA		
	REDUCCION CONCENTRICA				

	INICIO DEL PROCESO
	FINAL DEL PROCESO
	TEMPERATURA °C
	PRESION bar
	LINEA DIESEL (DO)
	LINEA FUEL OIL (FO)
	LINEA DIESEL-FUEL OIL (DFO)

CODIFICACION DE VALVULAS

Diagram illustrating the valve coding system:

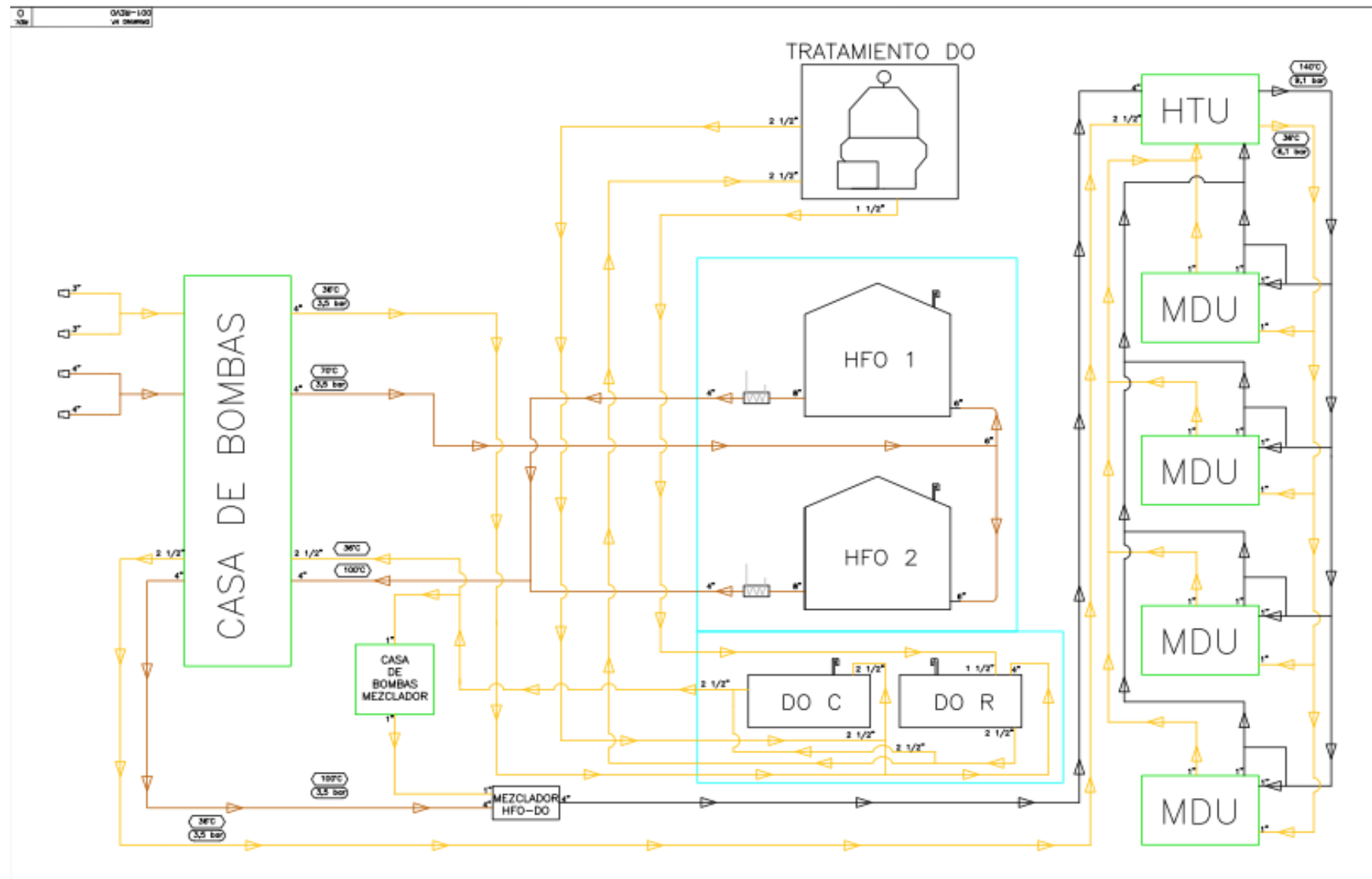
A valve symbol is shown with a line pointing to it labeled "DIAMETRO".

Below the valve symbol, the code "YY - X - Z" is shown, with lines pointing to each part:

- YY - CLASE
- X - TIPO DE VALVULA
- Z - NUMERO CONSECUTIVO

AS-BUILT		
REVISOR	FECHA	VERSIÓN

Anexo. 14 Diagrama PFD de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.



Anexo. 15 Diagrama P&ID de la Central Eléctrica Fuel-Oil Yaguaramas.

