

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



## CENTRO DE POSGRADOS

### PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES COHORTE 2021

---

**Tema:** GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA CENTRAL DE GENERACIÓN DE EP PETROECUADOR.

---

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Título de Cuarto Nivel de Magíster en Energías Renovables

**Modalidad del Trabajo de Titulación:** Proyecto de Titulación con Componente de Investigación Aplicada.

**Autor:** Ingeniero, Eddy Fernando Pacheco Sánchez

**Directora:** Ingeniera, Mayra Alejandra Paucar Samaniego, Magister

Ambato – Ecuador

2023

## **A la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados**

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por: Ingeniero Héctor Fernando Gómez Alvarado. PhD, e integrado por los señores: *Ingeniero Darío Roberto Bolaños Guerrón PhD* e *Ingeniero Carlos Diego Gordon Gallegos PhD*, designados por la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “*Gestión Energética en la Central de Generación de EP Petroecuador*” elaborado y presentado por el *señor Ingeniero Eddy Fernando Pacheco Sánchez*, para optar por el Título de Cuarto Nivel de Magíster en Energías Renovables; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

-----  
*Ing. Héctor Fernando Gómez Alvarado, PhD.*  
**Presidente y Miembro del Tribunal**

-----  
*Ing. Darío Roberto Bolaños Guerrón, PhD*  
**Miembro del Tribunal**

-----  
*Ing. Carlos Diego Gordon Gallegos, PhD*  
**Miembro del Tribunal**

## **AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: Gestión Energética en la Central de Generación de EP Petroecuador, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Eddy Fernando Pacheco Sánchez, Autor bajo la Dirección de la Ingeniera, Mayra Alejandra Paucar Samaniego, Magister, Directora del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

-----  
*Ingeniero Eddy Fernando Pacheco Sánchez*  
*c.c.: 0603251497*  
**AUTOR**

-----  
*Ingeniera Mayra Alejandra Paucar Samaniego, Magister*  
*c.c.:0604098194*  
**DIRECTORA**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

-----  
*Ingeniero Eddy Fernando Pacheco Sánchez*  
*c.c.: 0603251497*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada.....	i
A la Unidad Académica de Titulación .....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
CAPÍTULO I.....	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos .....	4
1.3.1. General.....	4
1.3.2. Específicos.....	4
CAPITULO II .....	5
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	5
CAPITULO III .....	14
MARCO METODOLÓGICO.....	14
3.1. Ubicación.....	14
3.2. Equipos y materiales .....	15
3.3. Tipo de investigación .....	15
3.4. Pregunta científica – idea a defender .....	16
3.5. Población o muestra: .....	16
3.6. Recolección de información:.....	16
3.6.1. Diagnóstico de la información.....	17
3.6.2. Diagnóstico energético de las instalaciones.....	26
3.7. Procesamiento de la información y análisis estadístico: .....	46
3.8. Variables respuesta o resultados alcanzados .....	72
CAPITULO IV .....	82

RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	82
CAPITULO V .....	100
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS .....	100
5.1. Conclusiones .....	100
5.2. Recomendaciones .....	102
5.3. Abreviaturas y Siglas Empleadas .....	103
5.4. Bibliografía.....	104
5.5. Anexos.....	108
Anexo 1.- Diagrama unifilar actual estación Sansahuari.....	108
Anexo 2. Diagrama Unifilar de la estación Sansahuari. ....	109
Anexo 3. Levantamiento de información campo.....	110

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos geográficos del sector. ....	14
Tabla 2 Equipos y materiales. ....	15
Tabla 3 Datos históricos de la Estación Sansahuari (2022) .....	17
Tabla 4 Eficiencia de las unidades de generación. ....	18
Tabla 5 Sistema de generación eléctrica. ....	20
Tabla 6 Motores eléctricos. ....	21
Tabla 7 Datos de placa de los Motores eléctricos. ....	22
Tabla 8 Transformadores. ....	22
Tabla 9 Datos de placa de los Transformadores eléctricos. ....	23
Tabla 10 Datos de placa de los Variadores eléctricos. ....	23
Tabla 11 Límites máximos de emisiones de combustión interna. ....	24
Tabla 12 Cantidad de emisiones de gases de las unidades de generación. ....	25
Tabla 13 Costo de barril de producción Activo Cuyabeno. ....	25
Tabla 14 Detalle de los equipos que conforman la planta de generación 1. ....	26
Tabla 15 Detalle de los equipos que conforman la planta de generación 2. ....	29
Tabla 16 Datos de energía central de generación. ....	31
Tabla 17 Datos de energía transformador SDT-0790. ....	31
Tabla 18 Datos de energía transformadores. ....	33
Tabla 19. Datos de energía de variadores de frecuencia. ....	37
Tabla 20 cálculo del rendimiento para la línea base de la Estación Sansahuari. ....	50
Tabla 21 Requerimiento energético de la Estación Sansahuari. ....	52
Tabla 22 Normativas y límites de las variables analizar. ....	53
Tabla 23 Potencia activa, reactiva y aparente. ....	55
Tabla 24 Datos de corriente. ....	58
Tabla 25 Datos de tensión. ....	60
Tabla 26 Factor de Potencia. ....	62
Tabla 27 Distorsión Armónica de voltaje .....	63
Tabla 28 Distorsión Armónica de Corriente .....	66
Tabla 29 Datos de Flicker presentes en el sistema. ....	69

Tabla 30 Variación de frecuencia. ....	71
Tabla 31 Normativas y límites de las variables analizar.....	73
Tabla 32 Sistemas de la estación Sansahuari. ....	77
Tabla 33 Variable medidas y novedades.....	78
Tabla 34 Distribución de potencia actual.....	83
Tabla 35 Potencia efectiva de las unidades de generación. ....	85
Tabla 36 Diferencia de eficiencia de operación.....	86
Tabla 37 Rendimiento mínimo requerido Central Sansahuari.....	88
Tabla 38 Diferencia del Rendimiento. ....	88
Tabla 39 Novedades encontradas en las mediciones. ....	90
Tabla 40 Armónicos individuales. ....	93
Tabla 41 Armónicos de corriente individual.....	95
Tabla 42 Estrategias para la optimización energética. ....	97



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Consumo de electricidad por sector.	6
Figura 2 Localización Estación Sansahuari.	14
Figura 3 Diagrama existente de la estación Sansahuari, detalle en el Anexo 1.	19
Figura 4 Diagrama de conexión bomba reinyección de agua.	27
Figura 5 Diagrama de conexión bomba de transferencia.	28
Figura 6 Diagrama del sistema booster, auxiliares y de iluminación.	29
Figura 7 Diagrama del sistema reinyección de agua, auxiliares y de luminarias.	30
Figura 8 Diagrama del sistema booster.	30
Figura 9 Sector del transformador.	41
Figura 10 Medición de calidad de energía en lado de 480 del transformador.	41
Figura 11 Medición de variables en lado de 480 del transformador.	42
Figura 12 Medición de calidad de energía en lado de 480 del tablero de generación.	42
Figura 13 Medición de variables en tablero de sincronismo planta de generación 2.	43
Figura 14 Medición de calidad de energía en lado de estrella de 480 del secundario.	43
Figura 15 Medición de variables en lado de estrella de 480 del secundario.	44
Figura 16 Medición de calidad de energía en lado de estrella de 480 del secundario.	44
Figura 17 Medición de variables en lado de estrella de 480.	45
Figura 18 Medición de calidad de energía en lado de 480 del tablero.	45
Figura 19 Medición de variables en lado de 480 del tablero.	45
Figura 20 Datos históricos de energía de la estación Sansahuari.	46
Figura 21 datos históricos de barriles producidos de la estación Sansahuari.	47
Figura 22 Línea base por medio del indicador de energía vs producción.	47
Figura 23 Línea base para el índice energético de la Estación Sansahuari.	48
Figura 24 Línea base para la potencia de las unidades de generación.	49
Figura 25 Línea base para la eficiencia de las unidades de generación.	49
Figura 26 Curvas de combustible diésel.	50
Figura 27 Rendimiento de la central de generación.	51
Figura 28 Tendencia de la potencia con respecto al tiempo.	57
Figura 29 Detalle de incremento de potencia.	57

Figura 30 Intensidad de Corriente.	58
Figura 31 Detalle de curva de corriente por fase.	59
Figura 32 Tensión en función del tiempo.	60
Figura 33 Detalle de curvas de voltaje.	61
Figura 34 Factor de potencia en el tiempo.	62
Figura 35 Detalle de curvas del factor de potencia.	63
Figura 36 Distorsión Armónica en función del tiempo x fase.	65
Figura 37 Espectros de armónicos presentes en el sistema.	66
Figura 38 Distorsión Armónica en función del tiempo x fase.	68
Figura 39 Espectros de armónicos presentes en el sistema.	69
Figura 40 Flicker existentes en función del tiempo.	71
Figura 41 Variación de la frecuencia en función del tiempo.	72
Figura 42 Línea base energía vs producción.	75
Figura 43 Índice Energético.	76
Figura 44 Índice Energético.	82
Figura 45 Potencia de la estación Sansahuari.	83
Figura 46 Eficiencia Energética central de generación.	85
Figura 47 Comparación de eficiencia 2022 vs eficiencia recomendada.	87
Figura 48 Rendimiento de la generación.	87
Figura 49 Rendimiento central de generación.	89
Figura 50 Tendencia del factor de potencia.	92
Figura 51 Medición de armónicos en el sistema.	93
Figura 52 Valor del armónico de voltaje	94
Figura 53 Armónicos de Corriente.	94
Figura 54 Valor del armónico de corriente.	95
Figura 55 Medición de la calidad de energía en el sistema de reinyección de agua.	96
Figura 56 Armónicos en la operación de la bomba HPS.	96

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme terminar una etapa más en mi vida, a la Universidad Técnica de Ambato, a los docentes de la maestría en energías renovables que nos han impartido sus conocimientos, a mi directora de tesis que me ha guiado con sus ideas para culminar el proyecto de tesis.

Agradezco a la Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador EP PETROECUADOR, por permitirme elaborar el proyecto de tesis y tomar datos de suma importancia para el desarrollo de la misma.

Agradecer a mi mamá y hermanos, que son el pilar fundamental para ir cumpliendo los sueños, metas y poder seguir adelante.

Gracias Dios y hermanos por seguirme guiando.

## **DEDICATORIA**

Primero dedico a Dios que hizo posible que termine el proyecto de tesis.

Dedicar a la universidad técnica de Ambato que ha permitido cumplir la etapa de magister y a mi directora de tesis.

Dedicar a mi mamá Carmen Sánchez a mis hermanos Roberto y Anderson que me han apoyado desde el inicio hasta la finalización de la maestría.

Dedicar a mis hermanos, Luis y Patricio que siempre están presentes y apoyándome para salir adelante.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**CENTRO DE POSGRADOS**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES**  
**COHORTE 2021**

**TEMA:**

*GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA CENTRAL DE GENERACIÓN DE EP  
PETROECUADOR*

**MODALIDAD DE TITULACIÓN:** *Proyecto de Titulación con Componente de  
Investigación Aplicada.*

**AUTOR:** *Ingeniero Eddy Fernando Pacheco Sánchez*

**DIRECTOR:** *Ingeniera Mayra Alejandra Paucar Samaniego, Magister*

**FECHA:** *once de mayo de dos mil veinte y tres*

**RESUMEN EJECUTIVO**

Se ha realizado el análisis de Gestión Energética en la central de generación de la estación Sansahuari de la empresa EP Petroecuador, planteando estrategias para la optimización del consumo energético en la central de generación mediante una investigación cuantitativa de carácter no experimental y de un enfoque descriptivo. Se tomó como referencia el método TGEE que está enfocado en el diagnóstico de la información actual que posee la empresa con datos tomados del año 2022 y el diagnóstico energético de la instalación y los sistemas que intervienen en la central de generación, se estableció el consumo del sistema energético por medio del analizador HIOKI PW3198, que permitió conocer las variables de energía involucradas en el sistema de generación; fundamentado con los lineamientos de la norma ISO50001 con enfoque de mejora continua de la empresa, proponiendo planes de acción para el mejoramiento del sistema eléctrico.

Se ejecutó el procesamiento de la información y el análisis estadístico donde se implementa líneas de tendencia de consumos de energía y lineamientos de operación de las unidades de generación según parámetros de fábrica, permitiendo conocer los límites adecuados de operación y verificación de las variables eléctricas de operación tomando como referencia las regulaciones del Ecuador ARCERNNR 003, 027, 001 y normas IEEE519, 1160, IEC61000.

Los resultados obtenidos permitieron mejorar el diagrama unifilar de la estación Sansahuari, necesario para identificar el punto de acoplamiento común de las cargas que intervienen en el sistema de generación, verificando el consumo real de energía, la eficiencia actual de las unidades de generación, el rendimiento de operación y las variables energéticas. Se construye la línea base para la implementación de indicadores de rendimiento energético, eficiencia de las unidades de generación, límites adecuados de operación, variables de voltaje, corriente, armónicos y factor de potencia, parámetros de operación que permitirá a la empresa controlar el buen funcionamiento de los equipos de generación.

**DESCRIPTORES:** ARMÓNICOS, COMBUSTIBLE, EFICIENCIA, ENERGÉTICA, FACTOR DE POTENCIA, GESTIÓN, RENDIMIENTO.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Introducción

El presente trabajo de estudio está enfocado en la Gestión Energética en la Central de Generación de EP Petroecuador, cuyo objetivo es proponer acciones que busquen la optimización del consumo energético con el fin de lograr una mayor eficiencia en la central de generación de la Estación Sansahuari perteneciente a EP PETROECUADOR, el sistema de generación de la Estación Sansahuari se encuentra abasteciendo de energía a los sistemas de reinyección de agua, sistema power oil, sistemas booster y sistemas auxiliares, todos estos sistemas se mantienen operativos durante las 24 horas y mantienen continua la producción de petróleo.

La generación actual de la Estación Sansahuari se encuentra conformado por generación distribuida centralizada, con grupos electrógenos conformado por motores de combustión interna utilizando como combustible el diésel, al utilizar este tipo de combustible genera gases de efecto invernadero, ocasionado daños al medio ambiente y gastos económicos elevados por el consumo de diésel y mantenimiento de los equipos de generación.

Al ver la necesidad de disminuir los gases de efecto invernadero y lograr una mejor eficiencia en la operación de los grupos electrógenos, se propone el estudio de gestión energética en la estación Sansahuari perteneciente a EP PETROECUADOR, aplicando métodos que permitan identificar el consumo del sistema energético, para determinar los puntos críticos del sector eléctrico. Para la implementación del sistema de gestión energética se aplicó un enfoque cuantitativo por el manejo de datos de consumo de energía, dicho estudio es no experimental por la manipulación de datos históricos y un enfoque descriptivo de la estación Sansahuari.

Se realizará un análisis de la eficiencia energética en el sector de Sansahuari, donde se determine indicadores energéticos que sean necesarios para mejorar las condiciones de operación de la Central de Generación y se establecerán sistemas de gestión energética aplicables a las necesidades de la estación, todo esto permitirá a la empresa enfocarse en los sistemas de gestión energética y lograr que tenga un ahorro económico durante la operación. Las principales limitaciones que se tiene durante el estudio es la falta de información sobre el consumo de energía de los sistemas eléctricos de la estación Sansahuari, los problemas de una no adecuada identificación del sistema de distribución eléctrico.

## **1.2. Justificación**

El presente trabajo de Gestión Energética se realizará en la central de generación de la Estación Sansahuari perteneciente a EP PETROECUADOR, donde el sistema eléctrico de la Estación se encuentra cubierto con generación aislada con motores Caterpillar, dichos equipos utilizan combustible no renovable derivado del petróleo (diésel), unidades de generación alimentan a los sistemas de producción donde está constituido por sistemas de bombeo de reinyección de agua, sistema de transferencia, sistemas auxiliares, bombas booster.

La estación Sansahuari opera de manera continua para mantener la extracción de hidrocarburos, donde EP PETROECUADOR mantiene constante el abastecimiento de energía, el estudio de gestión energética se encuentra enfocado en el consumo responsable y al adecuado uso de la eficiencia energética, determinando sectores de mayor consumo de energía, encaminados en el ahorro de energía y la disminución de los gases generados por los motores de combustibles fósiles (diésel), los sistemas de gestión energética permitirá como empresa aumentar la eficiencia de las unidades de generación y mejorar los procesos de producción de dicho sector industrial. [1].



La buena gestión energética permitirá tener una óptima planificación en los índices de consumo energético y evaluar el comportamiento histórico y los factores que influyen directamente al consumo de energía, la verificación de costos y gastos energéticos que la empresa emplea para mantener la producción de hidrocarburos, el ahorro de energía al aplicar una gestión energética se verá reflejado en un monitoreo de parámetros de operación, los registros, condiciones operativas y planes de acciones correctivas sobre las diferentes áreas de proceso que puedan ser intervenidas para reducir el consumo y gastos energéticos, permitiendo a la empresa ser más competitiva, verificar el impacto técnico económico durante la implementación de las mejoras en la industria, [2].

La gestión energética enfocada en una buena eficiencia energética establece una buena administración de energía e inversiones, enfocado en acciones que permita mejorar el consumo de energía, como: la buena administración de la energía en el sector industrial, donde los gobiernos incentiven a implementar mejoras de eficiencia; el cambio de equipos que hayan cumplido su tiempo de vida útil, sean actualizados con equipos de alta eficiencia; implementación de políticas que permita mejorar el sector industrial. Todo esto con una buena operación y un buen mantenimiento de los equipos de generación, claro que es compleja de conseguir y que se mantenga, [3].

La Estación Sansahuari mantiene una potencia actual de 2,2 MW alimentando a sistemas de reinyección de agua con variadores de frecuencia, power oil, iluminaria, computadoras, ups, compresores de aire, equipos que afectan al sistema eléctrico y que será necesario analizar para conocer la operación de los mismos, implementar mejoras al sistema de generación y optimizar el recurso energético, [4].

El presente trabajo tiene como objetivo proponer acciones que busquen la optimización del consumo energético con el fin de lograr una mayor eficiencia en la central de generación de la estación Sansahuari perteneciente a EP PETROECUADOR.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. General**

Proponer estrategias para la optimización del consumo energético en la central de generación de la estación Sansahuari perteneciente a EP PETROECUADOR.

#### **1.3.2. Específicos**

- a. Identificar el consumo del sistema energético.
- b. Analizar la eficiencia energética en el sistema energético.
- c. Calcular indicadores energéticos para la estación Sansahuari.
- d. Establecer sistemas de gestión energética acorde con las necesidades de la estación Sansahuari.

## CAPITULO II

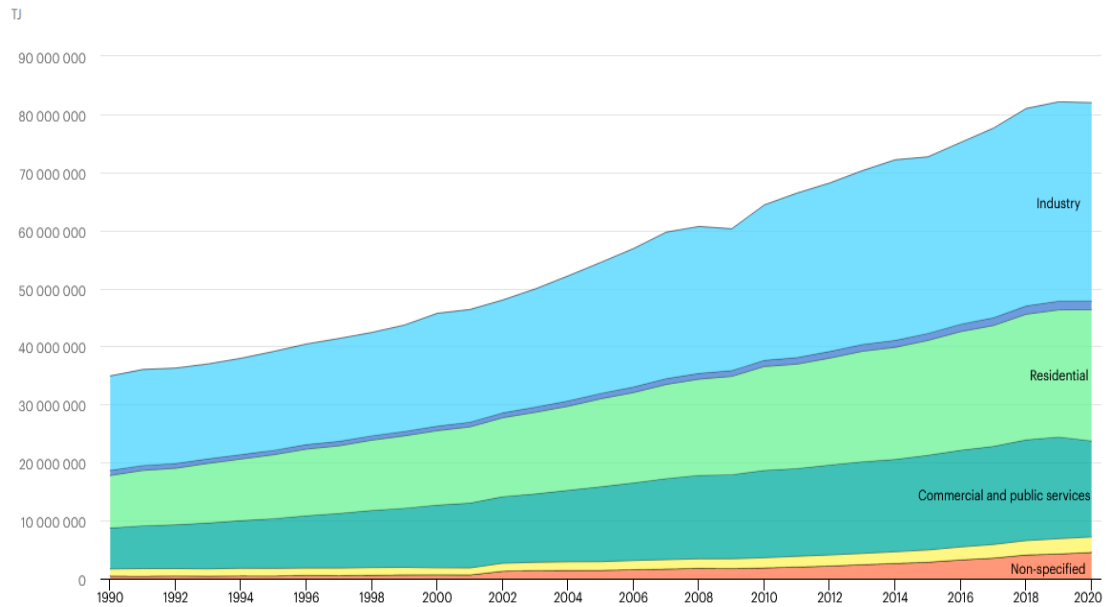
### ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

A nivel internacional la gestión energética es objeto de estudio, donde se ha convertido en un tema relevante por el agotamiento de los recursos energéticos no renovables como el petróleo y sus derivados, utilizados para la producción de energía, viendo que la forma de uso de la energía está siendo empleada de una manera inapropiada donde ocasiona el cambio climático por los gases de efecto invernadero, a nivel mundial, nacional y local, se pretende plantear soluciones para mejorar el consumo de energía por medio de políticas de gestión energética aplicado a los sectores industriales, [5].

De acuerdo a los problemas de contaminación ambiental a nivel mundial y por el cambio climático presente, se ha tornado un tema de análisis importante, dentro de la (ONU), organización que realiza la (CMNUCC), donde plantean propuestas para reducirla contaminación ambiental, en las que se consideran tres aspectos: la transición energética, eficiencia energética, legislación energética, enfocados en disminuir el consumo de combustibles fósiles a nivel mundial. La primera reemplaza las energías que consumen combustibles fósiles con energías renovables, la segunda se enfoca en un consumo adecuado de energía mediante nuevas tecnologías, la reutilización e implementación de sistemas de gestión energética; y la legislación permitirá implementar las normas ISO 50001 que tiene fuerza al sector de la industria, [6].

A nivel mundial se tiene sectores de mayor consumo de energía como se puede apreciar en la figura 1, industrial 34'171.815 TJ , residencial 22'619.944 TJ, sector del transporte 1'471.315 TJ, servicios comerciales y públicos 16'543.784 TJ, agricultura 2'647.145 TJ, sectores que tienen una relación directamente proporcional con el aumento de la población, [7].

La implementación de la eficiencia energética trae consigo la reducción de gases de efecto invernadero, como la disminución de CO<sub>2</sub>, siendo considerado este como uno de los primeros recursos energéticos a implementar, [8].



**Figura 1** Consumo de electricidad por sector.

Fuente: [7]

La eficiencia energética en América Latina y el Caribe está relacionada con bajar el consumo de energía sin afectación a la calidad de vida, aplicando nuevas tecnologías, adecuación del sistemas de gestión energética, a los procedimientos de control, análisis de los sistemas, la operación y mantenimiento de los equipos, el entrenamiento al personal, afectación a los procesos productivos y no productivos del sector industrial, al recurso humano y material, toda la implementación del sistema energético reflejara en el ahorro de combustibles fósiles y disminución de la contaminación ambiental, [9].

A nivel mundial se han aplicado estudios de gestión energética que han permitido disminuir el consumo de energía y el ahorro económico, el caso de la implementación del sistema de gestión energética en la clínica Portoazul ubicada en Colombia, donde

se enfocaron en la norma ISO50001 aplicando la metodología de mejora continua “Planificar-Hacer-Verificar-Actuar”, dicho estudio implementó el indicador de Consumo vs Ocupación, con el monitoreo y el control del consumo de energía permitió identificar que el mayor consumo de energía es el sector de los enfriadores (chiller); durante el tiempo de estudio permitió a la clínica reducir el consumo de energía y el gasto económico entre el 1 al 15 %, [10].

La gestión energética aplicado en la Unidad Empresarial Rufino Suarez Albo de Riego, en Cuba, con la implementación de la TGTEE, sistema de gestión que tiene una organización basada a la norma ISO50001, enfocado en la mejora continua “Planear-Hacer-Verificar-Actuar”, permitió optimizar el gasto energético, mediante un diagnostico global de las instalaciones y condiciones en los sistemas energéticos; implementando el indicador de intensidad energética y de consumo específico; el primero es la relación entre el consumo de energía y la producción, el segundo es la cantidad de energía y por unidad de actividad. De acuerdo a los indicadores establecidos se verificó: equipos obsoletos, potencia sobre contratada de 60kW, factor de potencia de 0,87, transformadores sobredimensionados y niveles de iluminación inadecuados, se instaló un banco de capacitores mejorando de 0,87 a 0,94, cambio del transformador a uno de 75kVA, cambio a luminarias leds, y cambio de potencia a 40kW; las mejoras ha permitido disminuir el costo de kWh de 0,25 a 0,21 centavos, [11].

La gestión energética en la organización se fundamenta en la norma ISO50001 y basado en el ciclo de mejora continua de PHVA; se implementa la metodología de diagnóstico energético que contempla tres pilares fundamentales, la caracterización completa de la organización de sus procesos y tipos de producción; identificación de las áreas consumidoras de energía como la eficiencia que tiene cada sector; orígenes que inciden en el defectuoso monitoreo energéticos. Aplicado el método en la organización, se verifica los históricos de energía, el funcionamiento real de los sistemas de producción, el consumo de energía, los problemas de cada sistema; con el

diagnóstico realizado se aplica planes de mejora como la hermeticidad de conductos y filtros, donde se tenga pérdida de calor y genere mayor consumo de energía eléctrica, reflejando en un consumo de 335,28kW al mes, al año es de 1'906.737,36kWh/año, al implementar los planes de acción se refleja un ahorro económico de 316.518,4USD/año, [12].

El estudio de auditoría energética relacionado a la eficiencia energética en la central termoeléctrica de biomasa de una potencia de 26MW y 22 MW; la empresa implementa una auditoría energética previo a la implementación de un sistema de gestión energética encaminando a los requisitos que establece la norma ISO50001 y a la mejora continua, permitiendo conocer el estado actual de la central térmica con indicadores de desempeño energético y evaluar medidas de eficiencia energética, la empresa plantea diferentes etapas que le permita evaluar las condiciones, entre estas la preparación, planificación, ejecución, reporte; la auditoría realizada a la central termoeléctrica han mejorado la eficiencia de la central de 60% por debajo de la operación normal del 74%, que como mejora de acuerdo al análisis de eficiencia energética es implementar un control del combustible en la caldera mejorando en un 5% logrando una eficiencia del 88%, como podemos ver al hacer una auditoría energética permite conocer los puntos a atacar para mejorar la eficiencia energética, [13].

La gestión energética aplicado la industria I4.0, ha permitido la utilización de herramientas tecnológicas, el caso del sistema de gestión energética “ENERBOT”, simulador que trabaja por medio del intranet de la empresa; se fundamenta en la mejora continua PHVA, y los lineamientos de la norma ISO50001; el sistema de gestión energética industrial I4.0 se basa en una arquitectura industrial RAMI4.0, que tiene una estructura completa de la empresa, identificando puntos clave de medición, frecuencias e implementación de indicadores. Los indicadores del software permite tener una línea base de la eficiencia del consumo de un equipo con relación al teórico; eficiencia de un sector de producción con relación al teórico; eficiencia en la obtención de un producto; eficiencia de una unidad para una etapa del producto; estos indicadores

relacionados directamente con lo físico y digital; donde el usuario podrá verificar el registro de los históricos e identificar de manera oportuna la variación del índice de energía, permitiendo mejorar el rendimiento energético de la industria, [14].

La industria busca implementar la eficiencia energética, tomando como referencia el Método de Control Operacional, encaminado en la mejora continua de PHVA, basado en la norma ISO50001, método conformado por la planeación, implementación, seguimiento, comunicación y toma de acciones; la planeación, permite recolectar, analizar y diagnosticar la información; la implementación, afecta a puntos claves de la organización de la empresa; el seguimiento, a través de indicadores de desempeño energético operacionales y productivos permite tener la valoración de los resultados; la comunicación, dar a conocer los resultados obtenidos, y toma de acciones correctiva y/o proactivas en el área del mantenimiento y de las tecnologías. Todas las acciones y planes a implementar buscan mejorar la confiabilidad, disponibilidad y la eficiencia en la entrega de la energía, [15].

Sectores industriales utilizan métodos de mejoramiento de la eficiencia energética como el método WCM, se enfoca en las diferentes áreas de la empresa y su nivel de eficiencia, representados por medio de Tableros de Eficiencia Energética, analizado por medio de un grupo disciplinario y encaminados a cumplir indicadores que permita mejorar las condiciones de la empresa como el indicador relacionado con el medio ambiente, salud y seguridad industrial; indicadores de consumo de energía y el indicador de costos. El método plantea gráficos de consumo vs la producción, costos de energía vs la producción mensual y el árbol de energía. Este método está estructurado por tres percepciones: primera identificar y eliminación de los desperdicios de energía, segundo la colaboración del personal operativo; y como último la utilización del plan y herramientas para lograr el objetivo, todo esto encaminado a la disminución de los gases de efecto invernadero que afectan el cambio climático y como mejorar el uso de la energía, [16].

El sector industrial petrolero ve como solución la implementación de la gestión energética para disminuir la contaminación ambiental, lograr la sostenibilidad de la industria, obtener ahorros económicos relacionados a los consumos energéticos. La implementación del sistema de gestión energética está enfocado en la norma ISO 50001 con enfoque a la mejora continua con la metodología PHVA permitiendo tener un mejoramiento continuo en el uso de la eficiencia de la energía, estableciendo estructuras de trabajo que permita a la organización: desarrollar una política para el uso eficiente de energía, implementar objetivos y metas para cumplir las políticas establecidas, conocer los datos del uso de la energía implementando indicadores relacionados a los kWh por unidad de producción, para tomar acciones y mejorar su uso, evaluar los resultados; estrategias que permitirá tener un correcto sistema de gestión energética, cumpliendo de una manera eficiente y sostenible, [17].

Entre las empresas contaminadoras del medio ambiente está la industria del petróleo, la generadora de electricidad y gas, las industrias están implementando el sistemas de gestión energética orientados a la norma ISO50001 enfocado en la mejora continua con la metodología PHVA, las empresas han desarrollado un proyecto piloto para detectar los problemas existentes y poder verificar los beneficios con la implementación de las mejoras y analizados por un grupo multidisciplinario que evalué dichos sectores y verifique los históricos de los sistemas, con esto la empresa le permite tener un control energético y mejorar la eficiencia de la industria atacando a los puntos críticos; donde se podrá obtener un beneficio económico y medioambiental, también se deberá cambiar la mentalidad de las personas que conforman dicha empresa, teniendo una mejor organización, [18].

La eficiencia energética en las actividades de mantenimiento aplicado por el método MCEE, dicha metodología se enfoca en la mejora continua, se incorpora como un complemento a las actividades de mantenimiento. El MCEEE está estructurado por etapas e indicadores de base 100 y de suma acumulativa; las etapas de este método permite conocer históricos de consumo de energía de los equipos, las estructura de los



equipos y subsistemas, saber las funciones de los periféricos de los equipos y sus subsistemas, conocer las fallas que han superado el límite de su operación normal, saber cómo afecta las fallas al comportamiento energético, determinar los subsistemas que son prioridad para ejecutar los procedimientos y planes de mantenimiento, adquirir información necesaria de los subsistemas, listar actividades de mantenimiento que sean viables y técnicas para reducir o eliminar los gastos energéticos; se debe tener el apoyo organizacional para lograr los objetivos de mejora continua y disminuir los efectos contaminantes de los gases de una mala combustión o de un subsistema que produzca un exceso de consumo de energía, [19].

La gestión energética aplicado en el sector residencial, permite identificar los puntos de consumo de energía, los días de mayor consumo y las horas pico; esto indicadores permite implementar planes de acción como el cambio de luminarias en el sector con la instalaciones de luminarias led, reduciendo un consumo hasta del 70%, los electrodomésticos que mayor energía consumen por equipos más eficientes, permitiendo tener un ahorro del 39,79% de consumo, mejoras que al no aplicar la gestión energética va ser imposible determinar en el sector eléctrico, [20].

En el Ecuador al igual que diferentes países el principal consumo de recursos es el gasto energético equivalente a 11,28Mtep, enfocado en el transporte 5,53Mtep; residencial 1,80Mtep; industrial 2,00Mtep; comercial y servicios 0,74Mtep; agricultura, pesca 1,20Mtep, [21].

El crecimiento del consumo de energía se ha visto afectado por el aumento de la población y las necesidades de energía, nuestro país tiene un bajo nivel de gestión energética, las empresas deben enfocarse en reducir el consumo de recursos no renovables con una buena gestión energética sin afectar la productividad y su calidad del servicio. Las industrias deben conocer la Ley Orgánica de Eficiencia Energética del Ecuador donde trata de guiar hacia un adecuado consumo de energía por medio de la implementación de un Sistema de Gestión Energética, [22].

Las estrategias que consideran para la gestión energética es la descripción de la planta, la operación que tiene, la toma de medidas de las cargas actuales, identificar los sistemas que están interviniendo al sistema de generación, los equipos de medida, implementación de propuestas para mejorar el sistema de generación, [23].

Las industrias deben implementar como una operación diaria la eficiencia energética que permita mejorar a corto y mediano plazo el adecuado uso de la energía, la implementación de Leyes en el país no asegura una disminución del consumo de energía, esto se debe a que deben implementarse mejoras en la economía del país, cambios en la cultura de los seres humanos sobre el consumo de la energía, análisis de puntos de ahorro de energía, estudios energéticos, [24].

La implementación de la eficiencia energética tiene barreras que obstaculizan el desarrollo adecuado de la eficiencia energética, dichas barreras se centran en aspectos del mercado, culturales, técnicos, sociales, políticos y económicos, aspectos que permiten desarrollar acciones de conservación, prácticas de gestión energética e implementar acciones de mejora en los diferentes ámbitos de desarrollo, [25].

La gestión energética aplicada en nuestro país se ve reflejado en la construcción del sistema interconectado de alto voltaje y centrales hidroeléctricas, estos proyectos permiten tener generación centralizada disminuyendo pérdidas de energía, garantizar una adecuada continuidad del abastecimiento de energía eléctrica, mejorar el factor de potencia de las unidades de operación, eliminar generación térmica aislada en los sectores petroleros, logrando disminuir la contaminación ambiental, las emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo de combustibles fósiles, dichos proyectos permiten tener una adecuada gestión energética y amigables con el medio ambiente, [26].

De acuerdo a los antecedentes mencionados, todos los sistemas de gestión de energía buscan la mejora continua de la industria ya sea con la metodología PVHA o por

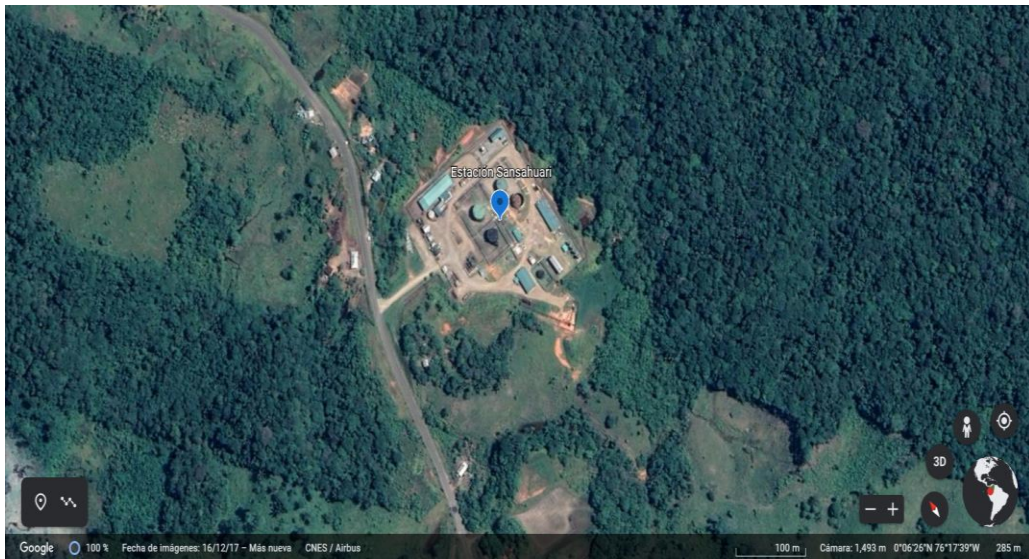
diferentes métodos de diagnóstico global o monitoreo o tableros de eficiencia; la mayoría de los sistemas de gestión de energía empleados se basan en la norma ISO50001, como guía o base principal para la implementación en la empresa.

La norma ISO50001 abarca a un grupo disciplinario conformado por la gerencia general de la empresa y para su cumplimiento se debe realizar una inversión alta en los planes de mejora que se vaya a implementar para el sistema de gestión energética para la empresa; para lo cual, se plantea como proyecto piloto con un sistema de gestión basado el sistema de gestión TGEE para la estación Sansahuari; orienta su sistema en la mejora continua PVHA, con un diagnóstico global de la estación Sansahuari; condiciones del sistema energético y su eficiencia; la verificación del consumo de energía; unifilares eléctricos manuales y procedimientos de mantenimiento; indicadores de consumo de energía por producción y cantidad de energía por equipo.

## CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Ubicación

El estudio se realiza en la Estación Sansahuari perteneciente al Bloque 58 de EP Petroecuador, ubicado en la región Amazónica en la provincia de Sucumbíos, en la figura 2 se identifica el sector de estudio:



**Figura 2** Localización Estación Sansahuari.

En la tabla 1 se detalla los datos geográficos de la Estación Sansahuari.

**Tabla 1** Datos geográficos del sector.

Descripción	Latitud	Longitud	Elevación, m.s.n.m
Estación Sansahuari	0°06'26''N	76°17'39''W	285

En el sector de Sansahuari se tiene una temperatura promedio de 30°C y una humedad relativa de 49%.

La producción del campo Sansahuari es de aproximada de 2306,98 BPD (barriles de producción diaria), con un BSW del 89,19% y un grado API de 22,3 a 60°F, siendo un crudo mediano que se encuentra del rango de gravedad de 22,3 y 31,1 °API.

La Estación Sansahuari tiene un consumo diario de potencia de 1.484,00 kW, operando 4 grupos electrógenos centralizados compartiendo carga en modo ISOCRONO y un consumo de energía de 35,438MWh, también se tiene generación de manera aislada alimentando al sector de reinyección de agua, con un consumo de potencia de 200 kW y un consumo de energía de 4,8MWh; él consumo total de energía requerida en la estación de proceso de Sansahuari es de 40,238MWh y un consumo de diésel de 3.238,2 galones por día.

### 3.2. Equipos y materiales

Los equipos y materiales utilizados para el análisis de energía en la central de generación de la estación Sansahuari perteneciente a EP PETROECUADOR.

**Tabla 2** Equipos y materiales.

EQUIPOS	MATERIALES
Computadora	Artículos de oficina
Inpresora-Escanér	Mano de obra
SONEL Análisis4.6.4	Libreta de campo
Analizador POWER QUALITY PW3198	
Multímetro Fluke	

### 3.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación para la “GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA CENTRAL DE GENERACIÓN DE EP PETROECUADOR”, es de carácter cuantitativo, donde se va a tener medición de datos referente al consumo energético de la central de generación y manipular dichas variables para ver el comportamiento en el tiempo de medición, no

experimental y descriptivo, permitiendo conocer las condiciones actuales de la central de generación.

#### **3.4. Pregunta científica – idea a defender**

La Gestión Energética permitirá a EP PETROECUADOR reducir el costo de producción de barriles de crudo, la disminución de consumo de diésel, el impacto ambiental y el consumo de energía de los equipos eléctricos instalados en la estación de Sansahuari.

#### **3.5. Población o muestra:**

La población a considerar está conformada por los sistemas de producción que están involucrados en la central de generación de la estación Sansahuari, equipos existentes en los siguientes sistemas:

- Sincronismo en el sistema de generación
- Transformador elevador de 480V/13,8kV
- Transformadores reductores de 13,8kV a 480V
- Sistema de distribución
- Sistema de reinyección de agua
- Sistema Power Oil
- Sistemas booster

#### **3.6. Recolección de información:**

Se realizará el diagnóstico actual de la información considerando estas dos etapas:

**Diagnóstico de la información.** - se verificará la información de históricos de energía y producción, eficiencia de las unidades de generación y unifilares de la Estación Sansahuari.

**Diagnóstico energético de las instalaciones.** - se realiza un recorrido de las instalaciones, partiendo desde la generación eléctrica hasta el punto de consumo de energía, verificando todo el sistema de sincronización, distribución, transmisión, para verificar la operación de los equipos como de su requerimiento energético y su comportamiento de las variables energéticas del sistema eléctrico, **Anexo 3.**

La información que se va a recopilar se realizará en base las variables de energía, como: potencia (kW), energía (kWh), corriente eléctrica (A), voltaje (V), factor de potencia (fp), frecuencia (Hz), temperatura ambiente (°C).

### 3.6.1. Diagnóstico de la información.

- Históricos de energía y producción

**Tabla 3** Datos históricos de la Estación Sansahuari (2022)

Período	Energía entrega mes (kWh)	Potencia instalada (kW)	Potencia Efectiva (kW)	Potencia Promedio mes (kW)	Producción mes (barriles)	Índice Energético (kWh/Unidad Producción)
enero	1.000.759,91	5.742	4.306,5	1.700,12	71.517,91	13,99
febrero	1.050.654,64	5.742	4.306,5	1.709,96	75.347,94	13,94
marzo	1.271.000,64	5.742	4.306,5	1.752,97	82.695,64	15,37
abril	1.067.771,87	5.742	4.306,5	1.710,56	76.536,37	13,95
mayo	1.279.000,79	5.742	4.306,5	1.760,68	82.400,84	15,52
junio	1.105.841,88	5.742	4.306,5	1.720,32	75.729,83	14,60
julio	1.535.710,44	5.742	4.306,5	1.754,83	97.341,65	15,78
agosto	1.353.367,15	5.742	4.306,5	1.755,78	92.585,82	14,62

septiembre	1.259.031,49	5.742	4.306,5	1.761,19	82.196,60	15,32
octubre	1.311.781,20	5.742	4.306,5	1.760,68	81.177,04	16,16
noviembre	1.135.079,53	5.742	4.306,5	1.779,75	71.772,09	15,82
diciembre	1.256.174,02	5.742	4.306,5	1.753,58	75.826,17	16,57
Promedio	1.218.847,79	5.742	4.306,5	1.743,37	80.427,33	15,14

Fuente: [27]

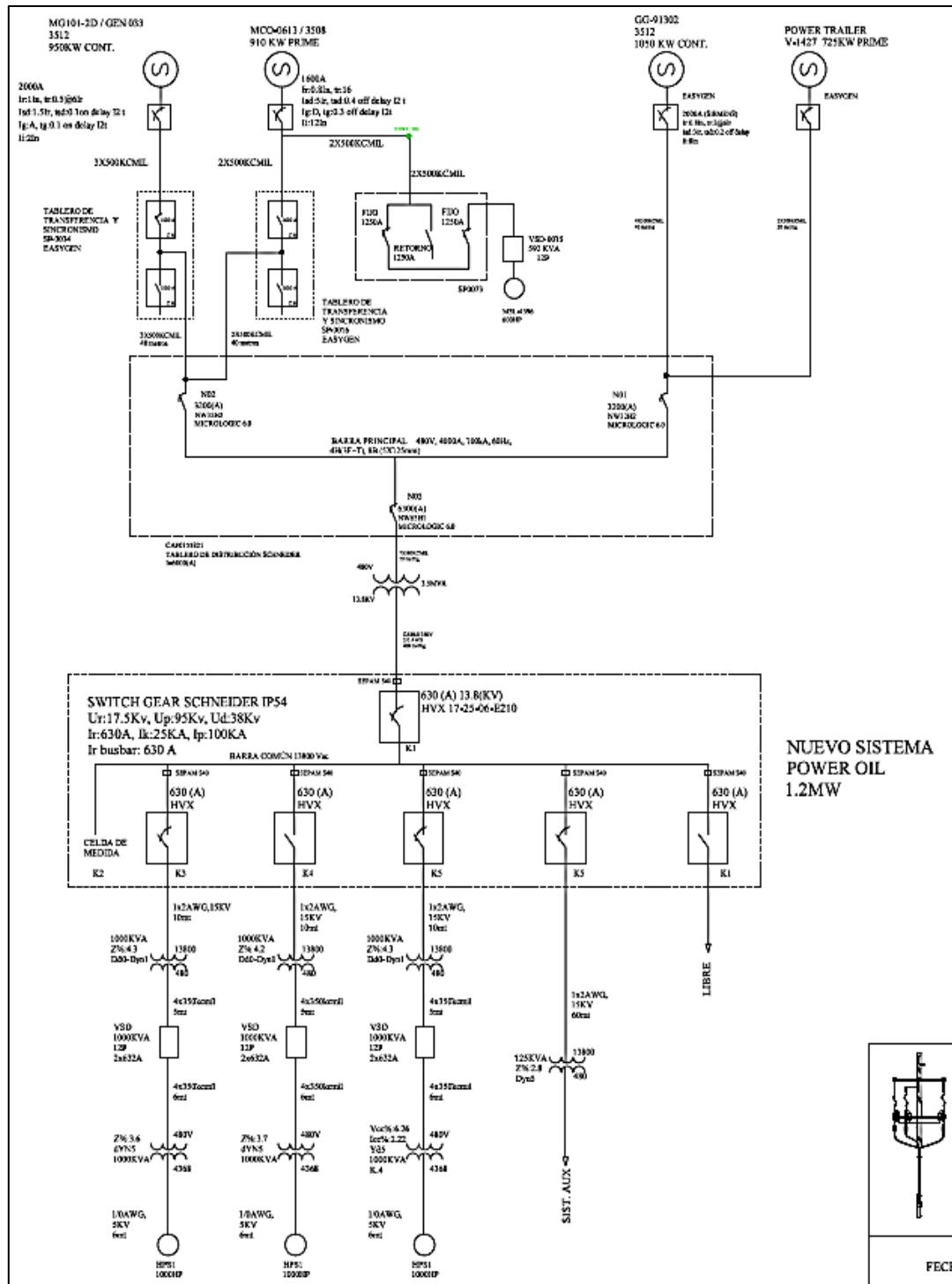
**Tabla 4** Eficiencia de las unidades de generación.

Período	Energía entrega mes (kWh)	Potencia Efectiva Promedio (kW)	Potencia Promedio mes (kW)	Eficiencia	Consumo diésel (Gal)	Rendimiento (kWh/Gal)
enero	1.000.759,91	4.306,5	1.700,12	29,6%	88.161,86	11,35
febrero	1.050.654,64	4.306,5	1.709,96	29,8%	90.646,29	11,59
marzo	1.271.000,64	4.306,5	1.752,97	30,5%	119.245,82	10,66
abril	1.067.771,87	4.306,5	1.710,56	29,8%	104.813,68	10,19
mayo	1.279.000,79	4.306,5	1.760,68	30,7%	115.404,19	11,08
junio	1.105.841,88	4.306,5	1.720,32	30,0%	84.033,25	13,16
julio	1.535.710,44	4.306,5	1.754,83	30,6%	119.393,21	12,86
agosto	1.353.367,15	4.306,5	1.755,78	30,6%	131.628,01	10,28
septiembre	1.259.031,49	4.306,5	1.761,19	30,7%	119.508,51	10,54
octubre	1.311.781,20	4.306,5	1.760,68	30,7%	129.771,25	10,11
noviembre	1.135.079,53	4.306,5	1.779,75	31,0%	117.523,17	9,66
diciembre	1.256.174,02	4.306,5	1.753,58	30,5%	124.725,19	10,07
Promedio	1.218.847,79	4.306,5	1.743,37	30,4%	112.071,20	10,96

Fuente: [27]



- Diagramas unifilares de la estación Sansahuari.



**Figura 3** Diagrama existente de la estación Sansahuari, detalle en el Anexo 1.

Fuente: [28].

- Equipos existentes en la Estación Sansahuari.

Grupos de generadores eléctricos y tableros de sincronismo y distribución se detallan en la tabla 5.

**Tabla 5** Sistema de generación eléctrica.

Ítem	Marca	Modelo	Potencia (HP)	Modelo	Potencia Placa (kW)	Breaker (A)	Descripción
1	Caterpillar	3508	1234	SR4B-GD	832	1600	MCO-0621
2	Caterpillar	3516		SR4B-GD	1640	2500	GEN110
3	Caterpillar	3516	2055	SR4B	1450	2500	MG8001-2
4	Caterpillar	3508	1234	SR4B-6D	910	1600	MCO-0614
5		N/A		Sincronismo	1600	4X2500	Tablero de sincronismo de 4 entradas a 480V
6	Schneider Electric	N/A	N/A	NW63 H1		6300	Tablero de distribución 480V
		N/A	N/A	NW32H2		3200	
		N/A	N/A	NW32H2		3200	
7		N/A		S/N		1X100 2X1250	Tablero de distribución 480V, bomba HPS
8	ABB			S/N		3500 KVA	Transformador trifásico reductor 13,8KV/480V
1	Caterpillar	3412	851	SR4B	635	1000	MCO-0593
2	Caterpillar	C27	972	SR4B	725		MCO-0612

Se realiza una inspección de los diferentes motores eléctricos que se encuentran en la Estación Sansahuari, los mismos que se detallan en la tabla 6.

**Tabla 6** Motores eléctricos.

Ítem	Motor			Aplicación
	Marca	TAG O CAF Equipo	Velocidad R.P.M	
1	TECO	MEL-5077	3570	HPS Reinyección de Agua
2	WEG	MEL-3536	3570	HPS Reinyección de Agua
3	TOSHIBA	MEL-1441	3560	HPS Reinyección de Agua
4	WEG	MEL-5705	1775	Bomba Booster
5	WEG	MEL-5706	1775	Bomba Booster
6	WEG	MEL-3128	1760	Bombas de Recirculación
7	RELIANCE ELECTRIC	MEL-3857	1765	Bombas de Recirculación
8	CORRO-DUTY	MEL-3630	3510	Bomba Calentador de Agua
9	BALDOR	MEL-3632	3450	Bomba Calentador de Agua
10	CORRO-DUTY	MEL-3629	3510	Bomba Calentador de Agua
11	GENERAL ELECTRIC	MEL-6563	1770	Bomba Fuera de Servicio
12	WEG	MEL-1022	3555	Bomba Booster Power Oil
13	WEG	MEL-1024	3555	Bomba Booster Power Oil
14	WEG	MEL-1028	3555	Bomba Booster Power Oil
15	BALDOR	MEL-1123	3580	HPS Power Oil
16	BALDOR	MEL-1124	3580	HPS Power Oil
17	BALDOR	MEL-1125	3580	HPS Power Oil

Se detalla en la tabla 7, los datos de placa de los diferentes motores y frecuencia de uso.

**Tabla 7** Datos de placa de los Motores eléctricos.

Ítem	Motor		Datos Nominales del equipo			
	TAG O CAF	Voltaje	Intensidad	Potencia	Factor de Potencia	Eficiencia
	EQUIPO	V	A	HP	%	
1	MEL-5077	460	549	500	0,937	94,7
2	MEL-3536	460	267	250	0,91	95,4
3	MEL-1441	460	272	250		
4	MEL-5705	208-230/460	245-222/111	100	0,88	95,4
5	MEL-5706	208-230/460	245-222/111	100	0,88	95,4
6	MEL-3128	480	24,1	20	0,83	90,2
7	MEL-3857	460	32	25		87,5
8	MEL-3630	230/460	23,8/11,9	10	0,881	87,5
9	MEL-3632	208-230/460	13,2-12/6	5	0,93	85,5
10	MEL-3629	230/460	23,8/11,9	10	0,881	87,5
11	MEL-6563	230/460	24,4/12,2	10	0,84	91,7
12	MEL-1022	230/460	113/56,5	50	0,89	92,4
13	MEL-1024	230/460	113/56,5	50	0,89	92,4
14	MEL-1028	230/460	113/56,5	50	0,89	92,4
15	MEL-1123	2400/4160	215/124	1150	0,87	95
16	MEL-1124	2400/4160	215/124	1150	0,87	95
17	MEL-1125	2400/4160	215/124	1150	0,87	95

Se detalla en la tabla 8, los datos de los transformadores eléctricos que se encuentran en la Estación Sansahuari.

**Tabla 8** Transformadores.

Ítem	Tag o Equipo	Marca	Capacidad (kVA)	Tipo	Aplicación
1	SDT-1004	ECUATRAN	1000	Reductor	HPS Power Oil
2	SUT-0798	ABB	1000	Reductor	HPS Power Oil
3	SDT-0841	ABB	125	Reductor	Booster Power Oil
4	SDT-VHR-2	RVR	320	Reductor	Oficinas

5	SDT-0839	ABB	1000	Desfasador	HPS Power Oil
6	SDT-0838	ABB	1000	Reductor Desfasador	HPS Power Oil
7	SUT-0797	ECUATRAN	1000	Elevador	HPS Power Oil
8	SDT-0790	ABB	3500	Reductor	HPS Power Oil Y Auxiliares

**Tabla 9** Datos de placa de los Transformadores eléctricos.

Ítem	Tag o Equipo	Marca	Conexión		Tensión (1)	Tensión (2)
1	SDT-1004	ECUATRAN	Primario (Delta)	Secundario (Delta - Estrella)	13800	480
2	SUT-0798	ABB	Primario (Estrella)	Secundario (Delta)	4160	480
3	SDT-0841	ABB	Primario (Delta)	Secundario (Estrella)	13800	480
4	SDT- VHR-2	RVR	Primario (Delta)	Secundario (Estrella)	13800	480
5	SDT-0839	ABB	Primario (Delta)	Secundario (Delta - Estrella)	13800	480
6	SDT-0838	ABB	Primario (Delta)	Secundario (Delta - Estrella)	13800	480
7	SUT-0797	ECUATRAN	Primario (Estrella)	Secundario (Delta)	480	4160
8	SDT-0790	ABB	Primario (Estrella)	Secundario (Delta)	13800	480

Se realiza una inspección a los variadores eléctricos que se encuentran en la estación Sansahuari detallados en la tabla 10.

**Tabla 10** Datos de placa de los Variadores eléctricos.

Ítem	Tag o equipo	Marca	Modelo	Potencia (KVA)	Intensidad A	Voltaje V	Aplicación
1	VSD- 0758	Baker	4500 4-GCS-12P	518	624	480	HPS RYA
2	VSD- 1081	Centrilift	8900 4-GCS12P	1000	1203	480	HPS Power Oil

3	VSD-1080	Centrilift	8900 4-GCS-12P	1000	1203	480	HPS Power Oil
4	VSD-0461	Schlumberger	S3B439KCCS	390	492	480	HPS RYA
5	VSD-0757	Schlumberger	S3B439KCCS	390	492	480	HPS RYA

- Datos de emisiones de gases a la atmósfera.

Para conocer los gases contaminantes que tienen las unidades de generación de la estación Sansahuari, se toma como referencia el registro de parámetros de monitoreo de fuentes de combustión de EP Petroecuador, detalle de la Tabla 11 que nos permite conocer los gases que afecta al medio ambiente y que las unidades cumplan con el límite establecido del acuerdo ministerial No.100-A y No. 174.

**Tabla 11** Límites máximos de emisiones de combustión interna.

Contaminante	Combustible		Fuente fija existente: con autorización de entrar en funcionamiento antes de enero de 2003	Fuente fija existente: con autorización de entrar en funcionamiento desde enero de 2003 hasta fecha publicación de la reforma de la norma	Fuente fija nueva: con autorización de entrar en funcionamiento a partir fecha publicación de la reforma de la norma.
Material particulado	Líquido	Fuel oil - crudo petróleo	350	150	100
		Diésel	350	150	125
Óxido de nitrógeno	Líquido	Fuel oil	2300	2000	1900
		Diésel	2300	2000	1900
	Gaseoso	Gaseoso	2300	2000	1900
Dióxido de azufre	Líquido	Fuel oil	1500	1500	1500
		Crudo petróleo	1500	1500	1500
		Diésel	1500	1500	1500

Fuente: [29].

Para el presente estudio estos valores permitirán conocer las emisiones de gases que están produciendo las unidades de generación, se resume en la tabla 12.

**Tabla 12** Cantidad de emisiones de gases de las unidades de generación de la estación Sansahuari.

Código Muestreo	Monóxido de Carbono (CO) mg/Nm <sup>3</sup>	Óxido de Nitrógeno (NOx) mg/Nm <sup>3</sup>	Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ) mg/Nm <sup>3</sup>
MCO-0621	32	1227	230
MG8001-2	90	1888	284
MCO-0614	84	1164	209
MCO-0593	670	576	256
MCO-0612	29	1118	227
Límite máximo	No aplica	2000	1500

Fuente: [29].

- Costo de barril producido en el activo Cuyabeno.

Para determinar el gasto de producir el barril en el activo Cuyabeno, nos enfocaremos en los gastos operáticos concerniente a sueldos, energía, reparación de pozos, transporte y otros relacionados a la producción y mantenimiento.

**Tabla 13** Costo de barril de producción Activo Cuyabeno.

ACTIVO CUYABENO			
VALOR DE COSTO DE PRODUCCIÓN DEL BARRIL			
	2022	2023	
	Diciembre	Enero	Febrero
Producción (BPPD)	649.296,86	640.063,86	520.326,55
Gastos Gerencia de Exploración y Producción Activo Cuyabeno	\$29.608.348,05	\$3.870.668,40	\$8.322.710,04
Costo por Barril de Producción	\$45,60	\$6,05	\$16,00

### 3.6.2. Diagnóstico energético de las instalaciones.

La estación Sansahuari tiene un sistema eléctrico conformado por generación centralizada aislada que aporta una potencia promedio de 1.940MW, está conformado por dos plantas de generación aisladas, sistemas de generación conformado por motores de combustión interna que operan con combustible tipo diésel.

La primera planta de generación está conformada por cuatro grupos electrógenos, un tablero de sincronismo, un tablero de distribución y un transformador de 480V a 13.8kV, como se puede observar en el detalle de la tabla 14.

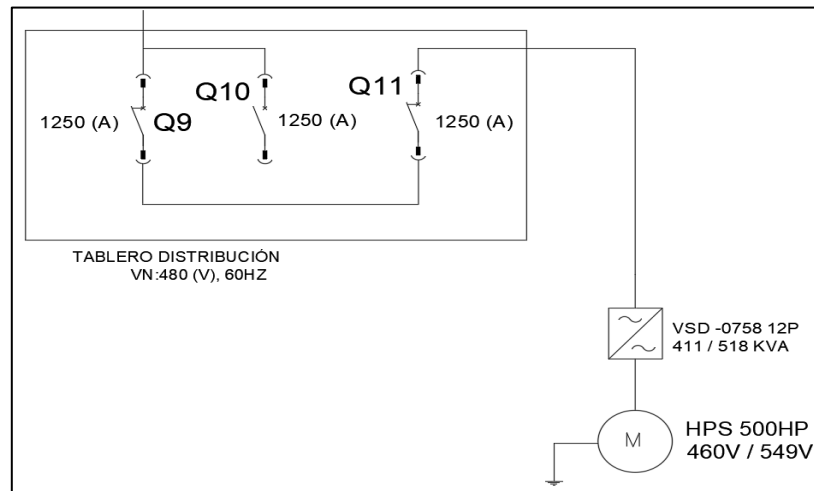
**Tabla 14** Detalle de los equipos que conforman la planta de generación 1.

ítem	Marca	Modelo	Potencia (HP)	Modelo	Potencia Placa (kW)	Breaker (A)	Descripción
1	Caterpillar	3508	1234	SR4B-GD	832	1600	MCO-0621
2	Caterpillar	3516		SR4B-GD	1825	2500	GEN110
3	Caterpillar	3516	2055	SR4B	1450	2500	MG8001-2
4	Caterpillar	3508	1234	SR4B-6D	910	1600	MC0-0614
5		N/A		Sincronismo	1600	4X2500	Tablero de Sincronismo de 4 entradas a 480V
6	Schneider Electric	N/A	N/A	NW63 H1		6300	Tablero de
		N/A	N/A	NW32H2		3200	Distribución
		N/A	N/A	NW32H2		3200	480V
7		N/A		S/N		1X100	Tablero de Distribución
						2X1250	480V, HPS
8	ABB			S/N		3500kVA	Transformador Trifásico Reductor 13,8KV/480V



La planta de generación está alimentando de energía a los siguientes sistemas:

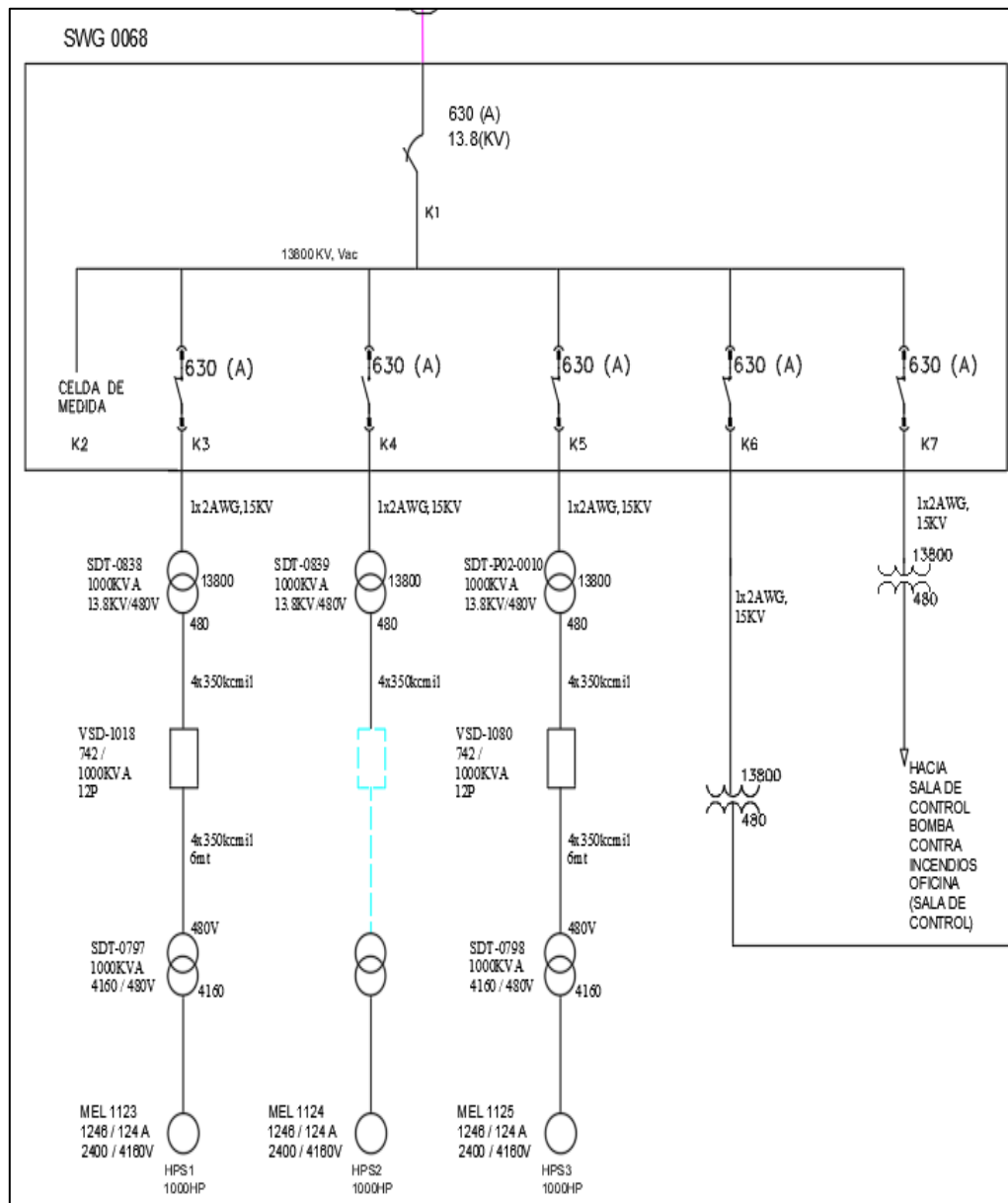
- Sistema de Reinyección de agua. – la bomba tiene una conexión directa desde el tablero de distribución de 480V al variador de frecuencia (12 pulsos) y a la bomba de reinyección de agua, la potencia es de 500HP (372,85kW).



**Figura 4** Diagrama de conexión bomba reinyección de agua.

Fuente: [28].

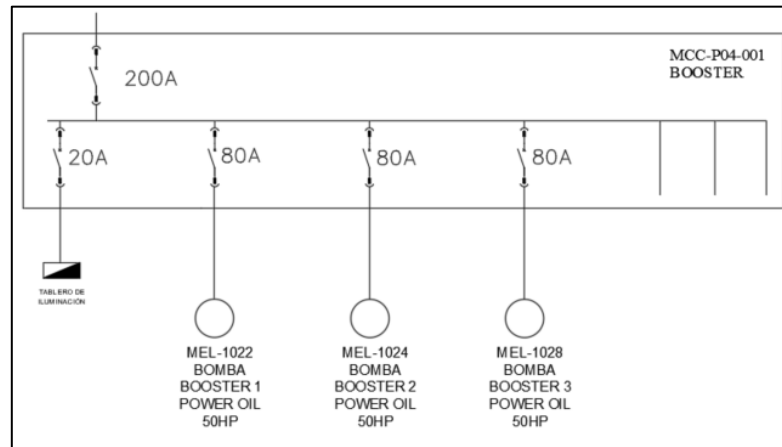
- Sistema Power Oil. – opera dos bombas de manera continua, la tercera bomba de este sistema se encuentra en correctivo por daños en una de las etapas de la bomba, cada bomba se conecta desde un tablero de distribución de 13,8kV, pasa por un transformador reductor de 13,8kV a 480V hacia el variador de frecuencia y del variador de frecuencia hacia un transformador elevador para alimentar a la bomba de Transferencia.



**Figura 5** Diagrama de conexión bomba de transferencia.

Fuente: [28].

- Sistemas Booster - Sistemas auxiliares - Sistemas de luminarias.



**Figura 6** Diagrama del sistema booster, auxiliares y de iluminación.

Fuente: [28].

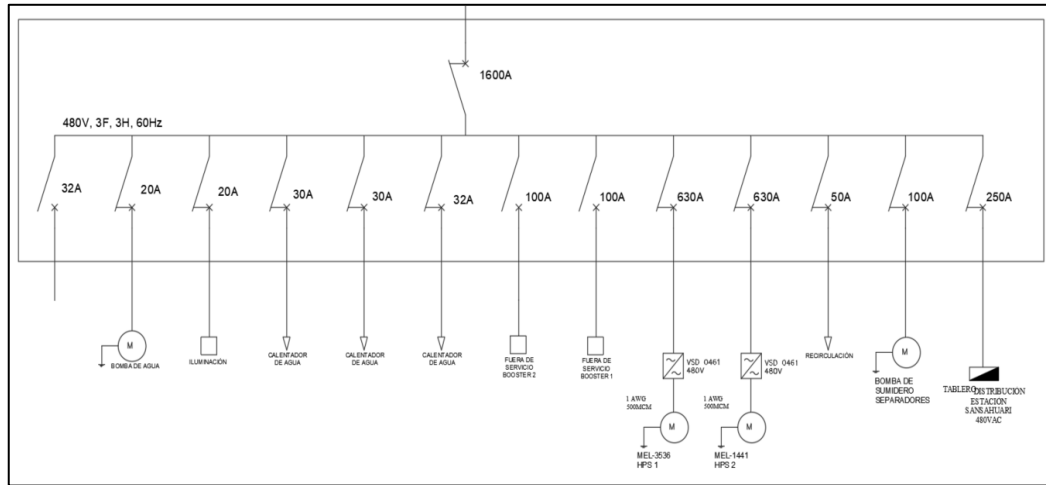
La segunda planta de generación está conformada por dos grupos electrógenos, un tablero de distribución, como se puede observar en el detalle de la tabla 15.

**Tabla 15** Detalle de los equipos que conforman la planta de generación 2.

Ítem	Marca	Modelo	Potencia HP	Modelo	Potencia	Breaker A	Descripción
					Placa kW		
1	Caterpillar	3412	851	SR4B	635	1000	MCO-0593
2	Caterpillar	C27	972	SR4B	725		MCO-0612

La planta de generación está alimentando de energía a los siguientes sistemas:

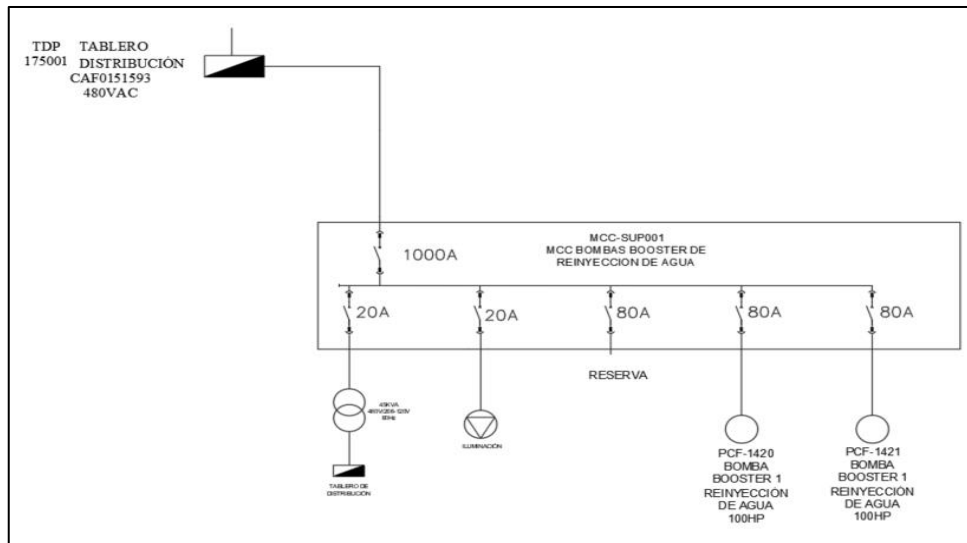
- Sistema de Reinyección de agua
- Sistemas auxiliares
- Sistemas de luminarias.



**Figura 7** Diagrama del sistema reinyección de agua, auxiliares y de luminarias.

Fuente: [28].

- Sistemas Booster de reinyección de agua



**Figura 8** Diagrama del sistema booster.

Fuente: [28].

Se realiza la toma de parámetros de energía de la estación Sansahuari de los sistemas que están relacionados al sistema de generación detallados en la tabla 16.

**Tabla 16** Datos de energía central de generación.

DATOS DE GENERACIÓN POWER OIL ESTACIÓN SANSAHUARI									
Ítem	TAG	Potencia Efectiva	Voltaje	Intensidad	Potencia Activa		Potencia Aparente	Potencia Reactiva	Galones /Hora
		(kW)	V	A	P (kW)	%	S (KVA)	Q (KVAr)	
1	MCO-0621	624	483	403	268	32	330	200	22,11
2	MG8001-2	1.087,5	484	667	460	32	562	318	30,42
3	MCO-0614	682,5	482	411	294	32	343	188	24,5
4	GEN110	1.368,7	482	722	507	31	600	327	31,46
Total, potencia		3.762,7			1.529		1.835	1.033	108,49

DATOS DE GENERACIÓN ESTACIÓN SANSAHUARI Y REINYECCIÓN DE AGUA									
Ítem	TAG	Potencia Efectiva	Voltaje	Intensidad	Potencia Activa		Potencia Aparente	Potencia Reactiva	Galones /Hora
		(kW)	V	A	P (kW)	%	S (KVA)	Q (KVAr)	
5	MCO-0612	543,7	483	195	130	18	162	100	8,19
6	MCO-0593	476,2							
Total, potencia		1.020			130		162	100	8,19

En la tabla 17 se detalla las mediciones en el transformador principal de 3.500kVA.

**Tabla 17** Datos de energía transformador SDT-0790.

TRANSFORMADOR SDT - 0790							
Marca	Serie	Capacidad	Tipo	Conexión		Tensión (1)	Tensión (2)
ABB	1LCB3 55379	3500 (kVA)	Reductor	Primario (Estrella)	Secundario (Delta)	13800	480

Mediciones de tensión (volt)				
DÍA	Temperatura	Tensión(volt)		
	(°C)	AB	BC	AC
1	36	477	477,6	474,9
2	37	479	479,7	477,1
Promedio	36,5	478	478,6	476

Noche	Temperatura	Tensión(volt)		
1	34	478	479	477
2	35	478,5	479	476,5
Promedio	34,5	478,2	479	476,7
Promedio Total	35,5	478,1	478,8	476,3

Mediciones de Intensidad (Amp)				
	Temperatura	Intensidad (Amp)		
DÍA	(°C)	FASE A	FASE B	FASE C
1	36	1777	1785	1764
2	37	1778	1782	1693
Promedio	36,5	1777,5	1783,5	1728,5
Noche	Temperatura	Intensidad (Amp)		
1	34	1762	1796	1755
2	35	1768	1790	1766
Promedio	34,5	1765	1793	1760,5
Promedio Total	35,5	1771,3	1788,3	1744,5

Mediciones de Potencia (kW)					
	Temperatura	Potencia (kW)			FP %
DÍA	(°C)	FASE A	FASE B	FASE C	
1	36	401	402	389	0,82
2	37	403	407	402	0,82
Promedio	36,5	402	404,5	395,5	0,82
Noche	Temperatura	Potencia (kW)			FP %
1	34	401	400	391	0,825
2	35	396	401	396	0,825
Promedio	34,5	398,5	400,5	393,5	0,825
Promedio Total	35,5	400,25	402,5	394,5	0,8225

En la tabla 18 se detallan las mediciones en los transformadores del sistema POWER OIL y AUXILIARES

**Tabla 18** Datos de energía transformadores.

Sistema:		Power Oil MEL-1123					
Equipo:		Transformador STD-0838					
Datos de Placa							
Marca	Serie	Capacidad	Tipo	Conexión		Tensión (1)	Tensión (2)
ABB	1LCB 352409	1000(kVA)	Reductor	Primario (Delta)	Secundario (Estrella)	13800(V)	480(V)

		Temperatura	Tensión(volt)		
Días	(°C)	AB	BC	AC	
1	44	468,5	471,3	469,5	
2	45	469,1	471,1	470,1	
Promedio	44,5	468,8	471,2	469,8	
Noche		Temperatura	Tensión(volt)		
Días	(°C)	AB	BC	AC	
1	45	467,1	470,8	470,1	
2	45	469,2	470,9	471,1	
Promedio	45	468,15	470,85	470,6	
Promedio Total	44,75	468,475	471,025	470,2	

		Temperatura	Intensidad (Amp)		
Días	(°C)	FASE A	FASE B	FASE C	
1	44	420	408	424	
2	45	422	410	425	
Promedio	44,5	421	409	424,5	
Noche		Temperatura	Intensidad (Amp)		
Días	(°C)	FASE A	FASE B	FASE C	
1	45	422	410	425	
2	45	421	412	427	
Promedio	45	421,5	411	426	
Promedio Total	44,75	421,25	410	425,25	

		Temperatura	Potencia (kW)			FP %
Días	(°C)	FASE A	FASE B	FASE C		
1	44	173,00	177,00	178,00	0,8	
2	45	173,00	178,00	179,00	0,82	

Promedio	44,5	173,00	177,50	178,50	0,81
Noche	Temperatura	Potencia (kW)			FP %
1	45	170,00	176,00	178,00	0,82
2	45	171,00	176,00	179,00	0,83
Promedio	45	170,50	176,00	178,50	0,825
Promedio Total	44,75	171,75	176,75	178,50	0,8175

Sistema:	Power Oil MEL-1125						
Equipo:	Transformador SUT-0797						
Datos de Placa							
Marca	Serie	Capacidad	Tipo	Conexión		Tensión (1)	Tensión (2)
ECUATRAN	1294914	1000 (kVA)	Elevador	Primario (Estrella)	Secundario (Delta)	480	4160

		Temperatura	Tensión(volt)		
Días	(°C)	AB	BC	AC	
1	50	429,1	428,5	426,5	
2	50	430	428,2	426,1	
Promedio	50	429,55	428,35	426,3	
Noche	Temperatura	Tensión(volt)			
1	49	424,8	427,9	427	
2	49	430,1	426,5	425,9	
Promedio	49	427,45	427,2	426,45	
Promedio Total	49,5	428,5	427,775	426,375	

		Temperatura	Intensidad (Amp)		
Días	(°C)	FASE A	FASE B	FASE C	
1	50	870	909	885	
2	50	868	909	892	
Promedio	50	869	909	888,5	
Noche	Temperatura	Intensidad (Amp)			
1	49	871	909	892	
2	49	870	910	891	
Promedio	49	870,5	909,5	891,5	



Promedio Total	49,5	869,75	909,25	890
----------------	------	--------	--------	-----

Temperatura		Potencia (kW)			FP %
Días	(°C)	FASE A	FASE B	FASE C	
1	50	172	178	179	0,8
2	50	171	177	175	0,87
Promedio	50	171,5	177,5	177	0,835
Noche		Potencia (kW)			FP %
Días	(°C)	FASE A	FASE B	FASE C	
1	49	174	176	179	0,8
2	49	173	177	180	0,86
Promedio	49	173,5	176,5	179,5	0,83
Promedio Total	49,5	172,5	177	178,25	0,8325

Sistema: POWER OIL BOOSTER

Equipo: Transformador SDT-0841

Datos de Placa

Marca	Serie	Capacidad (kVA)	Tipo	Conexión		Tensión (1)	Tensión (2)
				Primario (Delta)	Secundario (Estrella)		
ABB	1LCB352408	125	Reductor	Primario (Delta)	Secundario (Estrella)	13800	480

Temperatura		Tensión(volt)		
Días	(°C)	AB	BC	AC
1	36	477,80	476,20	477,70
2	36	477,60	476,10	476,90
Promedio	36	477,70	476,15	477,30
Noche		Tensión(volt)		
Días	(°C)	AB	BC	AC
1	35	477,40	476,40	478,00
2	35	477,50	476,20	477,10
Promedio	35	477,45	476,30	477,55
Promedio Total	35,5	477,58	476,23	477,43

Temperatura		Intensidad (Amp)		
Días	(°C)	FASE A	FASE B	FASE C
1	36	51,20	48,70	47,30

2	36	51,10	48,50	46,90
Promedio	36	51,15	48,60	47,10
Noche	Temperatura	Intensidad (Amp)		
1	35	52,00	48,60	47,10
2	35	51,90	48,40	47,00
Promedio	35	51,95	48,50	47,05
Promedio Total	35,5	51,55	48,55	47,08

Temperatura		Potencia (kW)			FP %
Días	(°C)	FASE A	FASE B	FASE C	
1	36	33,86	32,10	31,27	0,8
2	36	33,78	31,96	30,96	0,8
Promedio	36	33,82	32,03	31,11	0,8
Noche	Temperatura	Potencia (kW)			FP %
1	35	34,36	32,04	31,16	0,8
2	35	34,30	31,90	31,03	0,8
Promedio	35	34,33	31,97	31,10	0,8
Promedio Total	35,5	34,07	32,00	31,11	0,8

Sistema:		OFICINAS					
Equipo:		Transformador SDT-VHR-2					
Datos de Placa							
Marca	Serie	Capacidad (kVA)	Tipo	Conexión		Tensión (1)	Tensión (2)
ABB	1LCB352408	125	Reductor	Primario (Delta)	Secundario (Estrella)	13800	480

Temperatura		Tensión(volt)		
Días	(°C)	AB	BC	AC
1	32	466,9	466,3	464,4
2	32	466,1	466,2	464,1
Promedio	32	466,5	466,25	464,25
Noche	Temperatura	Tensión(volt)		
1	30	465,2	465,9	463,9
2	30	466,3	466,1	464,2

Promedio	30	465,75	466	464,05
Promedio Total	31	466,13	466,13	464,15
		Temperatura	Intensidad (Amp)	
Días	(°C)	FASE A	FASE B	FASE C
1	32	76,2	79,3	76,4
2	32	76,4	79,2	77,2
Promedio	32	76,3	79,25	76,8
Noche		Temperatura	Intensidad (Amp)	
1	30	76,1	79,2	76,9
2	30	75,9	78,9	77,9
Promedio	30	76	79,05	77,4
Promedio Total	31	76,15	79,15	77,1

		Temperatura	Potencia (kW)		FP %
Días	(°C)	FASE A	FASE B	FASE C	
1	32	49,24	51,18	49,10	0,8
2	32	49,28	51,10	49,59	0,8
Promedio	32	49,26	51,14	49,35	0,8
Noche		Temperatura	Potencia (kW)		FP %
1	30	49,00	51,07	49,37	0,8
2	30	48,98	50,90	50,05	0,8
Promedio	30	48,99	50,98	49,71	0,8
Promedio Total	31	49,13	51,06	49,53	0,8

En la tabla 19 se detallan los datos de los variadores de frecuencia.

**Tabla 19.** Datos de energía de variadores de frecuencia.

Datos de Placa				
Variador VSD-1081				
Marca	Potencia (KVA)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Aplicación / Estado
CENTRILIF	1000	1203	480	HPS POWER OIL MEL 1123/ OPERANDO

DÍA	Frecuencia (Hz)	Tensión (V)			Intensidad (A)		
		AB	BC	AC	FASE A	FASE B	FASE C
1	54,1	468,5	471,3	469,5	885	924	916
2	54,1	469,1	471,1	470,1	885	924	916
Promedio	54,1	468,8	471,2	469,8	885	924	916

DÍA	Frecuencia (Hz)	Potencia (kW)			FP %
		FASE A	FASE B	FASE C	
1	54,1	331,70	348,38	344,05	0,8
2	54,1	332,12	348,24	344,49	0,8
Promedio	54,1	331,91	348,31	344,27	0,8

Variador VSD-1080

Marca	Potencia (KVA)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Aplicación / Estado
CENTRILIF	1000	1203	480	HPS POWER OIL MEL 1125/ OPERANDO

DÍA	Frecuencia (Hz)	Tensión (V)			Intensidad (A)		
		AB	BC	AC	FASE A	FASE B	FASE C
1	54,2	429,1	428,5	426,5	876	915	892
2	54,2	430	428,2	426,1	885	924	916
Promedio	54,2	429,55	428,35	426,3	880,5	919,5	904

DÍA	Frecuencia (Hz)	Potencia (kW)			FP %
		FASE A	FASE B	FASE C	
1	54,2	300,71	313,66	304,35	0,8
2	54,2	304,44	316,53	312,25	0,8
Promedio	54,2	302,58	315,09	308,30	0,8

Variador VSD-0758

Marca	Potencia (KVA)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Aplicación / Estado
BAKER	518	624	480	HPS REINYECCIÓN DE AGUA MEL5077/ OPERANDO

DÍA	FRECUENCIA (Hz)	Tensión (V)			Intensidad (A)		
		AB	BC	AC	FASE A	FASE B	FASE C
1	59,1	474	474	474	453	450	438
2	59,1	474	474	474	453	450	438
Promedio	59,1	474	474	474	453	450	438

DÍA	FRECUENCIA (Hz)	Potencia (kW)			FP %
		FASE A	FASE B	FASE C	
1	59,1	171,78	170,64	166,09	0,8
2	59,1	171,78	170,64	166,09	0,8
Promedio	59,1	171,78	170,64	166,09	0,8

Variador VSD-0461

Marca	Potencia (KVA)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Aplicación / Estado
SCHLUMBERGER	390	492	480	HPS REINYECCIÓN DE AGUA MEL3536/ OPERANDO

DÍA	FRECUENCIA (Hz)	Tensión (V)			Intensidad (A)		
		AB	BC	AC	FASE A	FASE B	FASE C
1	56,02	450,8	450,8	450,8	298,11	298,11	298,11
2	56,02	450,8	450,8	450,8	298,11	298,11	298,11
Promedio	56,02	450,8	450,8	450,8	298,11	298,11	298,11

DÍA	FRECUENCIA (Hz)	Potencia (kW)			FP %
		FASE A	FASE B	FASE C	
1	56,02	107,51	107,51	107,51	0,8
2	56,02	107,51	107,51	107,51	0,8
Promedio	56,02	107,51	107,51	107,51	0,8

Variador VSD-0757				
Marca	Potencia (KVA)	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Aplicación / Estado
SCHLUMBERGER	390	492	480	HPS REINYECCIÓN DE AGUA MEL1441/ OPERANDO

DÍA	FRECUENCIA (Hz)	Tensión (V)			Intensidad (A)		
		AB	BC	AC	FASE A	FASE B	FASE C
1	56,02	450,8	450,8	450,8	298,11	298,11	298,11
2	56,02	450,8	450,8	450,8	298,11	298,11	298,11
Promedio	56,02	450,8	450,8	450,8	298,11	298,11	298,11

DÍA	FRECUENCIA (Hz)	Potencia (kW)			FP %
		FASE A	FASE B	FASE C	
1	56,02	107,51	107,51	107,51	0,8
2	56,02	107,51	107,51	107,51	0,8
Promedio	56,02	107,51	107,51	107,51	0,8

### Medición de la calidad de la energía.

Para la medición de la calidad de la energía se lo realizo en los puntos donde pudo ser accesible la medición con el analizador de energía HIOKI y SONEL, dentro de estos puntos se encuentran:

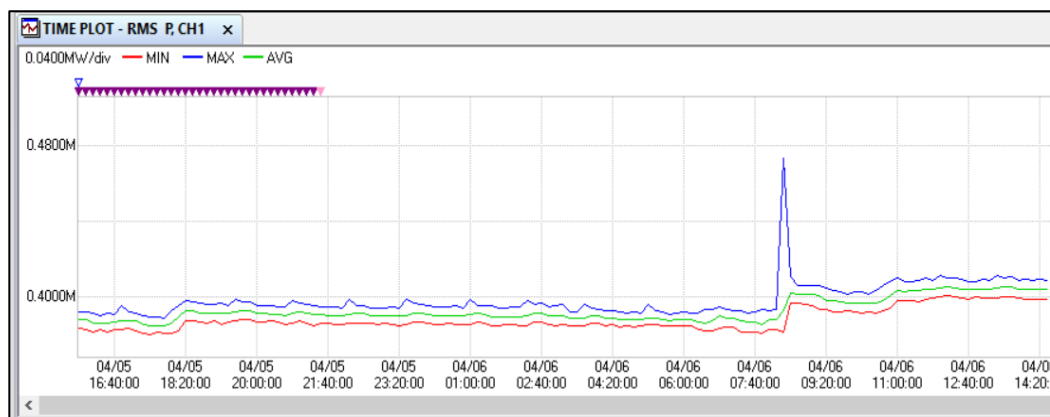
- Transformador principal del sistema de distribución, que para nuestro estudio va ser el punto de acoplamiento común.
- Tablero de sincronismo en el sistema de reinyección de agua.
- Transformador en el lado del secundario antes del variador de frecuencia de la bomba HPS de power oil MEL1123.
- Transformador en el lado del secundario antes del variador de frecuencia de la bomba HPS de power oil MEL1125.
- Tablero de 480V que alimenta a la bomba de reinyección de agua MEL5077.

- Medición en el transformador principal de distribución, para la medición de la calidad energía se realizó desde el día 6 de abril de 2023 hasta el 7 de abril de 2023 por un lapso de 24 horas con el objetivo de verificar el estado del sistema.



**Figura 9** Sector del transformador.

La condición de espectro de la potencia en el lado de 480 del transformado se presenta en la figura 10.



**Figura 10** Medición de calidad de energía en lado de 480 del transformador, valor de potencia, utilizando el equipo HIOKI.

Fuente: [30].

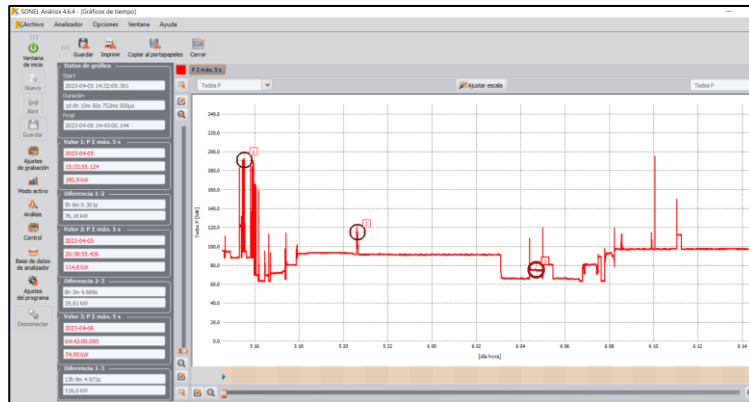
En la figura 11 se presenta el resumen de las variables en el lado del transformador.

DMM					
POWER		VOLTAGE		CURRENT	
Freq	60.003 Hz				
P1	0.3884MW	U1	0.4786kV	I1	1.7130kA
P2	0.3861MW	U2	0.4793kV	I2	1.7285kA
P3	0.3766MW	U3	0.4766kV	I3	1.7066kA
Psum	1.151MW	U4	0.4781kV	I4	0.0000kA
S1	0.4756MVA	THD-U1	10.42 %	THD-I1	8.65 %
S2	0.4817MVA	THD-U2	10.61 %	THD-I2	8.66 %
S3	0.4647MVA	THD-U3	10.26 %	THD-I3	8.69 %
Ssum	1.422MVA	THD-U4	99.58 %	THD-I4	23.95 %
Q1	0.2746Mvar	Upk+1	0.4190kV	Ipk+1	2.519kA
Q2	0.2880Mvar	Upk+2	0.4159kV	Ipk+2	2.553kA
Q3	0.2723Mvar	Upk+3	0.4070kV	Ipk+3	2.556kA
Qsum	0.835Mvar	Upk+4	0.0002kV	Ipk+4	0.026kA
DPF1	0.8253	Upk-1	-0.4171kV	Ipk-1	-2.581kA
DPF2	0.8104	Upk-2	-0.4127kV	Ipk-2	-2.535kA
DPF3	0.8191	Upk-3	-0.4038kV	Ipk-3	-2.535kA
DPFsum	0.8182	Upk-4	-0.0002kV	Ipk-4	-0.027kA
WP+	0.0001MWh	Uavg	0.4781kV	KF1	3.34
WP-	0.0000MWh	Uunb0	1.30 %	KF2	3.25
WQ LAG	0.0000Mvarh	Uunb	0.36 %	KF3	3.34
WQ LEAD	0.0000Mvarh	UhamH1	17.96 V	KF4	20.34
		UhamH2	17.27 V	Iavg	1.7160kA
		UhamH3	16.67 V	Iunb0	0.15 %
		UhamH4	0.05 V	Iunb	0.62 %
				IhamH1	0.0443kA
				IhamH2	0.0420kA
				IhamH3	0.0435kA
				IhamH4	0.0014kA

**Figura 11** Medición de variables en lado de 480 del transformador.

Fuente: [30].

- Medición de variables en el tablero de sincronismo en el sistema de reinyección de agua, se visualiza en la figura 12.



**Figura 12** Medición de calidad de energía en lado de 480 del tablero de generación, valor de potencia.

Fuente: [31].



Fecha	U L12 prom. 5 s (mín.) [V]	U L12 prom. 5 s (máx.) [V]	U L23 prom. 5 s (mín.) [V]	U L23 prom. 5 s (máx.) [V]	U L31 prom. 5 s (mín.) [V]	U L31 prom. 5 s (máx.) [V]	I *L1 prom. 5 s (mín.) [A]	I *L1 prom. 5 s (máx.) [A]	I *L2 prom. 5 s (mín.) [A]	I *L2 prom. 5 s (máx.) [A]	I *L3 prom. 5 s (mín.) [A]	I *L3 prom. 5 s (máx.) [A]
2023-04-05	475,79	484,30	476,39	484,92	475,56	483,95	113,3	269,5	112,2	269,1	111,3	111,3
2023-04-06	478,90	482,16	479,46	482,90	478,56	481,89	112,9	259,6	111,7	258,4	111,5	111,5

Generado 2023-04-13 11:06:24      Nombre de punto: All Parameters      Analizador: Tipo: PQM-710 Versión: Fw1.55HwG Número de serie: BR0339      Página [01]

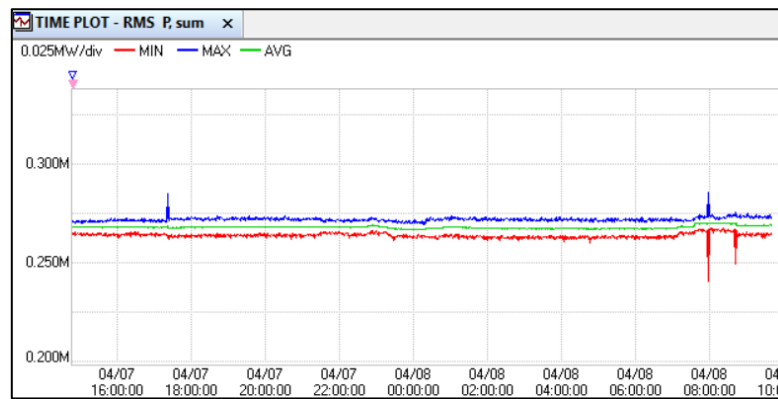
Fecha	I *L3 prom. 5 s (máx.) [A]	PF Σ prom. 5 s (mín.) [---]	PF Σ prom. 5 s (máx.) [---]
2023-04-05	267,4	0,58	0,78
2023-04-06	257,1	0,66	0,77

Generado 2023-04-13 11:06:24      Nombre de punto: All Parameters      Analizador: Tipo: PQM-710 Versión: Fw1.55HwG Número de serie: BR0339      Página [02]

**Figura 13** Medición de variables en tablero de sincronismo de la planta de generación 2.

Fuente: [31].

- Medición de variables del transformador en el lado de estrella del secundario de la bomba HPS de Power Oil MEL 1123.



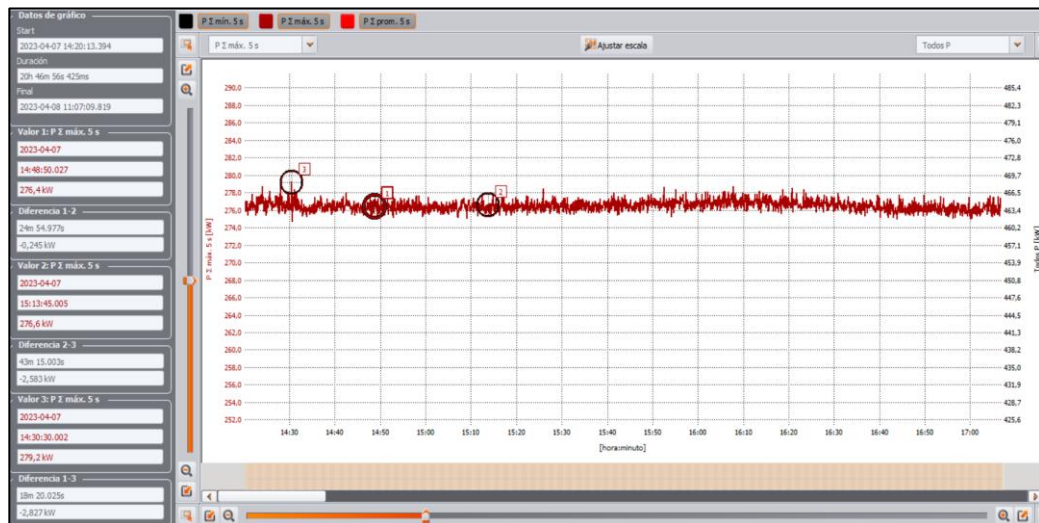
**Figura 14** Medición de calidad de energía en lado de estrella de 480 del secundario del transformador, valor de potencia.

DMM					
POWER		VOLTAGE		CURRENT	
Freq	59.995 Hz				
P1	0.0882MW	U1	0.4735kV	I1	0.4098kA
P2	0.0888MW	U2	0.4759kV	I2	0.4138kA
P3	0.0894MW	U3	0.4743kV	I3	0.4154kA
Psum	0.266MW	U4	0.4746kV	I4	0.0000kA
S1	0.1327MVA	THD-U1	55.01 %	THD-I1	32.85 %
S2	0.1343MVA	THD-U2	55.15 %	THD-I2	32.74 %
S3	0.1346MVA	THD-U3	55.02 %	THD-I3	32.97 %
Ssum	0.402MVA	THD-U4	99.65 %	THD-I4	75.38 %
Q1	0.0991Mvar	Upk+1	0.6944kV	Ipk+1	0.671kA
Q2	0.1007Mvar	Upk+2	0.6984kV	Ipk+2	0.678kA
Q3	0.1007Mvar	Upk+3	0.6922kV	Ipk+3	0.672kA
Qsum	0.301Mvar	Upk+4	0.0002kV	Ipk+4	0.006kA
DPF1	0.8559	Upk-1	-0.5461kV	Ipk-1	-0.691kA
DPF2	0.8510	Upk-2	-0.5427kV	Ipk-2	-0.678kA
DPF3	0.8550	Upk-3	-0.5463kV	Ipk-3	-0.683kA
DPFsum	0.8540	Upk-4	-0.0002kV	Ipk-4	-0.005kA
WP+	0.0000Mwh	Uavg	0.4746kV	KF1	6.64
WP-	0.0000Mwh	Uunb0	0.32 %	KF2	6.70
WQ LAG	0.0000Mvarh	Uunb	0.36 %	KF3	6.71
WQ LEAD	0.0000Mvarh	UhamH1	42.71 V	KF4	152.10
		UhamH2	40.83 V	Iavg	0.4130kA
		UhamH3	41.65 V	Iunb0	0.32 %
		UhamH4	0.05 V	Iunb	0.47 %
				IhamH1	0.0126kA
				IhamH2	0.0128kA
				IhamH3	0.0128kA
				IhamH4	0.0009kA

**Figura 15** Medición de variables en lado de estrella de 480 del secundario del transformador.

Fuente: [30].

- Medición de variables del transformador en el lado de estrella del secundario de la bomba HPS de Power Oil MEL 1125.



**Figura 16** Medición de calidad de energía en lado de estrella de 480 del secundario del transformador, valor de potencia.

Fecha	U L12 prom. 5 s (mín.) [V]	U L12 prom. 5 s (máx.) [V]	U L23 prom. 5 s (mín.) [V]	U L23 prom. 5 s (máx.) [V]	U L31 prom. 5 s (mín.) [V]	U L31 prom. 5 s (máx.) [V]	I *L1 prom. 5 s (mín.) [A]	I *L1 prom. 5 s (máx.) [A]	I *L2 prom. 5 s (mín.) [A]	I *L2 prom. 5 s (máx.) [A]	I *L3 prom. 5 s (mín.) [A]	I *L3 prom. 5 s (máx.) [A]
2023-04-07	477,96	479,60	480,20	481,64	478,58	480,47	423,8	429,6	428,6	434,4	429,3	429,3
2023-04-08	0,2173	0,2249	0,5148	0,6432	0,4060	0,4266	19,17	53,44	15,80	44,06	16,66	16,66

Generado 2023-04-13 11:58:35      Nombre de punto: All Parameters      Analizador: Tipo: PQM-710 Versión: Fw1.55Hw/g Número de serie: BR0339      **Página [01]**

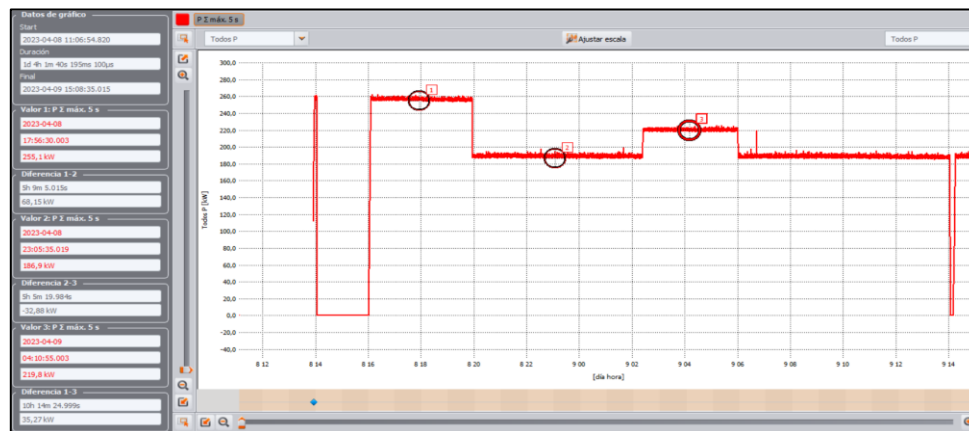
Fecha	I *L3 prom. 5 s (máx.) [A]	PF Σ prom. 5 s (mín.) [---]	PF Σ prom. 5 s (máx.) [---]
2023-04-07	434,9	0,77	0,77
2023-04-08	45,44	-0,02	-0,02

Generado 2023-04-13 11:58:35      Nombre de punto: All Parameters      Analizador: Tipo: PQM-710 Versión: Fw1.55Hw/g Número de serie: BR0339      **Página [02]**

**Figura 17** Medición de variables en lado de estrella de 480 del secundario del transformador.

Fuente: [31].

- Medición de variables en el tablero de 480V que alimenta a la bomba de reinyección de agua MEL5077.



**Figura 18** Medición de calidad de energía en lado de 480 del tablero que alimenta a la bomba de reinyección de agua.

Fecha	U L12 prom. 5 s (mín.) [V]	U L12 prom. 5 s (máx.) [V]	U L23 prom. 5 s (mín.) [V]	U L23 prom. 5 s (máx.) [V]	U L31 prom. 5 s (mín.) [V]	U L31 prom. 5 s (máx.) [V]	I *L1 prom. 5 s (mín.) [A]	I *L1 prom. 5 s (máx.) [A]	I *L2 prom. 5 s (mín.) [A]	I *L2 prom. 5 s (máx.) [A]	I *L3 prom. 5 s (mín.) [A]	I *L3 prom. 5 s (máx.) [A]
2023-04-08	0,2173	481,42	0,6146	480,39	0,4090	473,63	0,000	365,5	0,000	377,7	0,000	0,000
2023-04-09	480,36	481,73	479,32	481,32	476,60	460,17	0,000	367,5	0,000	362,4	0,000	0,000

Generado 2023-04-13 12:22:33      Nombre de punto: All Parameters      Analizador: Tipo: PQM-710 Versión: Fw1.55Hw/g Número de serie: BR0339      **Página [01]**

Fecha	I *L3 prom. 5 s (máx.) [A]	PF Σ prom. 5 s (mín.) [---]	PF Σ prom. 5 s (máx.) [---]
2023-04-08	362,1	-0,02	0,80
2023-04-09	361,6	0,00	0,72

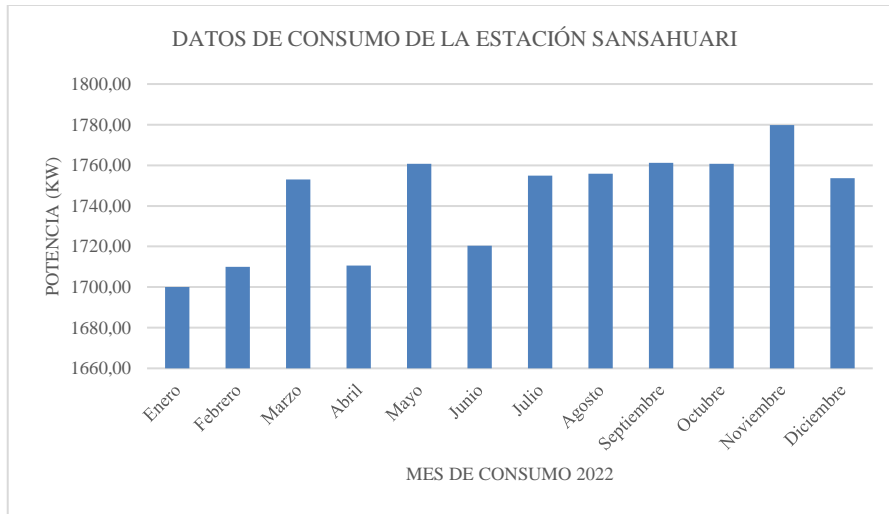
Generado 2023-04-13 12:22:33      Nombre de punto: All Parameters      Analizador: Tipo: PQM-710 Versión: Fw1.55Hw/g Número de serie: BR0339      **Página [02]**

**Figura 19** Medición de variables en lado de 480 del tablero que alimenta a la bomba MEL5077 de reinyección de agua.

Fuente: [31].

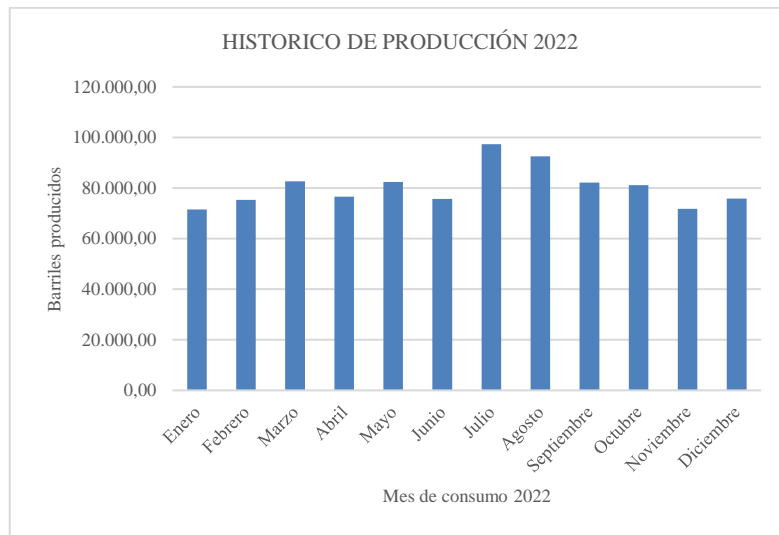
### 3.7. Procesamiento de la información y análisis estadístico:

Se procesa la información de los históricos de energía y de producción de la estación Sansahuari, donde se puede evidenciar en la figura 20 el comportamiento durante el año 2022 del consumo de energía.



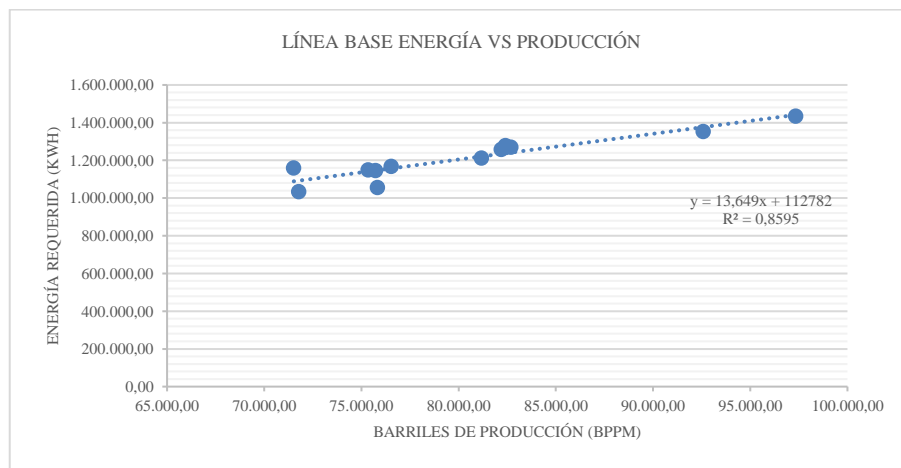
**Figura 20** Datos históricos de energía de la estación Sansahuari.

El comportamiento de la energía va en relación con la producción por lo que se verifica el comportamiento de la producción durante el año 2022, detalle que se muestra en la figura 21.



**Figura 21** datos históricos de barriles producidos de la estación Sansahuari.

Con base a los datos de energía y de producción de barriles, se plantea el indicador de consumo de energía por producción de barriles, se esquematiza la línea base entre la energía y producción como se puede ver en la figura 22, este indicador nos permite conocer el comportamiento y la tendencia durante el tiempo de operación.

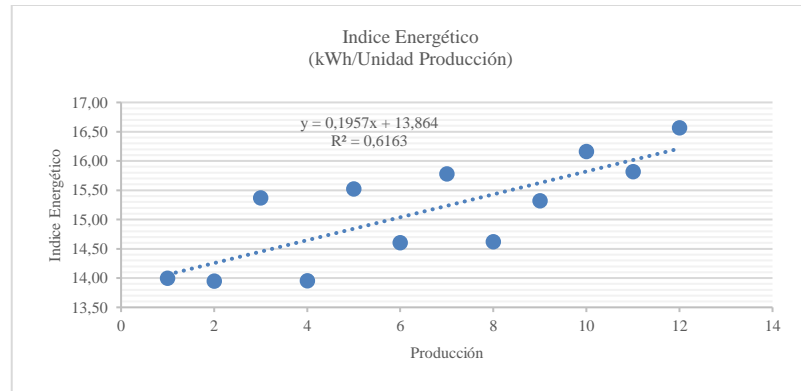


**Figura 22** Línea base por medio del indicador de energía vs producción.

El valor de  $R^2$  (coeficiente de determinación) permite determinar que tan confiable son los datos de ajuste de la relación, dicho valor se maneja en un rango de 0 a 1, valores

cerca a 0 se entiende que no son valores confiables para el análisis y valores cerca de 1 son valores que se pueden ser considerados predecibles, [30].

Con los parámetros anteriormente indicados, en la figura 23 se determina el índice energético que se podría implementar en la estación Sansahuari.

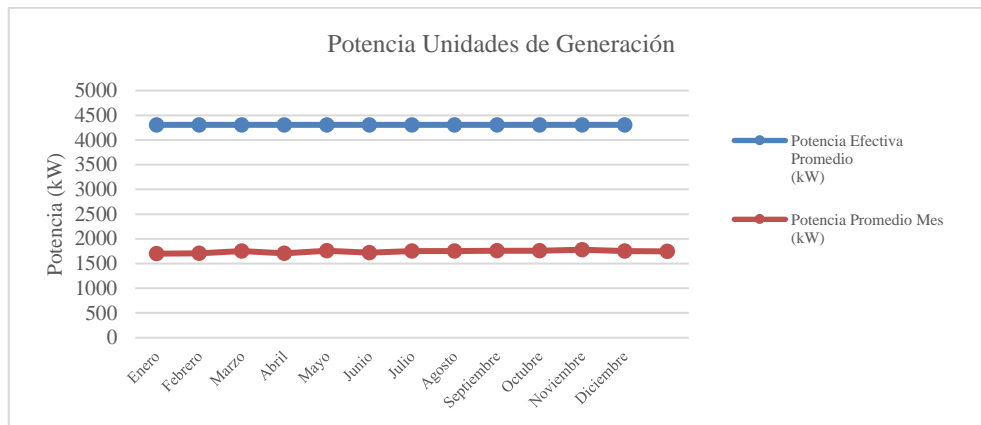


**Figura 23** Línea base para el índice energético de la Estación Sansahuari.

Con el índice energético promedio que se obtiene del año 2022 de 6.65%, se establece que la producción vs el requerimiento de energía está dentro del rango del 1 al 10%, siendo favorable para los intereses de la empresa, esto implicaría que al tener una menor producción de energía obtiene el mismo o mayor producción, que si al tener un índice energético menor está produciendo mayor energía y menos producción que no será conveniente para ninguna empresa.

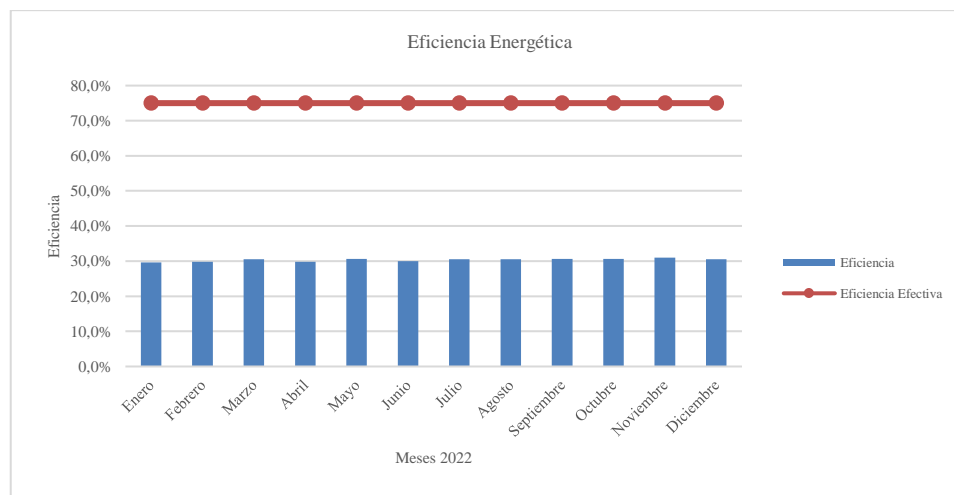
La operación de las unidades de generación también permite tener indicadores energéticos, es el caso de eficiencia de las unidades de generación y el rendimiento de los grupos electrógenos.

Para el caso de la eficiencia de las unidades de generación se toma como referencia las potencias efectivas como línea base y poder determinar la tendencia de operación de las unidades de generación, esto se evidencia en la figura 24.



**Figura 24** Línea base para la potencia de las unidades de generación de la Estación Sansahuari.

La eficiencia de las unidades de generación se encuentra por debajo del diseño de la unidad esto se puede evidenciar en la figura 25.



**Figura 25** Línea base para la eficiencia de las unidades de generación de la Estación Sansahuari.

Las unidades de generación de la estación Sansahuari no pueden llegar a su eficiencia efectiva de operación, debido a que se encuentran operando con una baja carga por unidad de generación, esto está afectando tanto al rendimiento de la unidad como a la eficiencia, aparte de esto las unidades de generación están sufriendo un desgaste de sus elementos mecánicos por operar con baja carga lo que los fabricantes recomiendan es

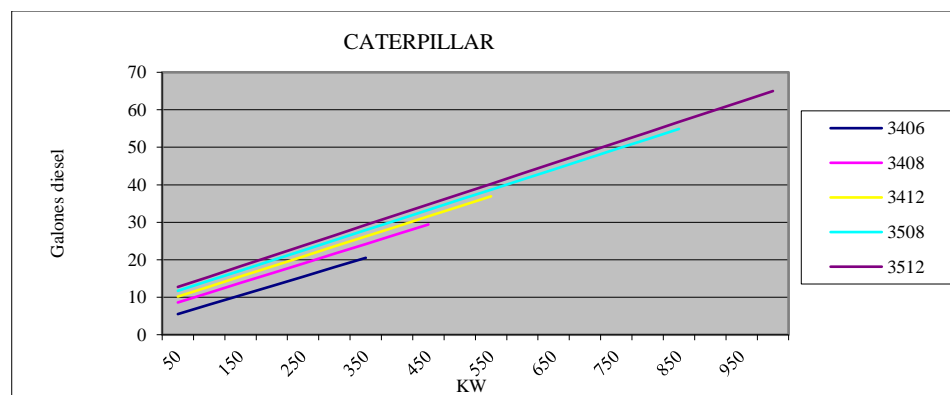
operar a un 75% de su carga nominal y poder alargar su tiempo de vida útil de los motores de combustión.

Para determinar si el rendimiento de la central de generación de la estación Sansahuari está dentro de la operación normal se establece la línea base del rendimiento de las unidades de generación, dicho valor se obtiene con valores en condiciones ideales de las unidades de generación, en la tabla 20 se determina la línea base para la generación de la estación Sansahuari.

**Tabla 20** cálculo del rendimiento para la línea base de la Estación Sansahuari.

TAG	Modelo	Potencia Nominal (kW)	Potencia Efectiva (kW)	Energía Por mes (kWh)	Consumo Combustible (Galones/Mes)	Rendimiento (kWh/Galón)
MCO-0621	3508	832	624	449.280	30.513,6	14,72
MG8001-2	3516	1.450	1.087,5	783.000	49.089,6	15,95
MCO-0614	3508	910	682,5	491.400	32.767,2	15,00
GEN110	3516	1.825	1.368,75	985.500	57.765,6	17,06
MCO-0612	C27	725	543,75	391.500	26.344,8	14,86
Total		5.742	4.306,5	3.100.680	196.480,8	15,78

Los datos de consumo de galones/hora por modelo y potencia de la unidad se toman de la figura 26.

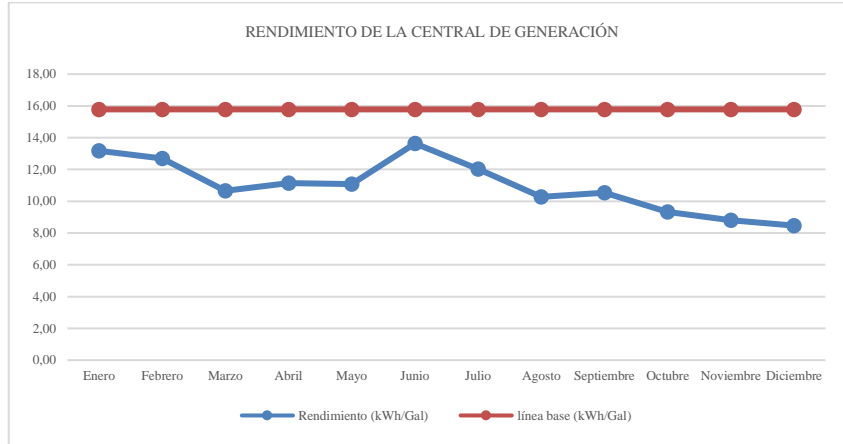


**Figura 26** Curvas de combustible diésel.

Fuente: [31].



Con la línea base establecida para el rendimiento de la central de generación se verifica el rendimiento histórico de la central de generación, detalle que se encuentra en la figura 27.



**Figura 27** Rendimiento de la central de generación.

Como podemos observar en la figura 26 el rendimiento de la central de generación no llega a igualar la línea base, lo que se puede verificar que estamos consumiendo mayor combustible para generar la misma cantidad de energía.

Dentro de la información que actualmente EP Petroecuador tiene de la estación Sansahuari son los diagramas unifilares, necesarios para conocer todos los sistemas que alimenta la central de generación. El unifilar actual Anexo 1, se encuentra incompleto, para lo cual se realiza un levantamiento de información de los equipos eléctricos de los diferentes sistemas, permitiendo mejorar el unifilar eléctrico, como se puede evidenciar en el Anexo 2.

Dentro del procesamiento de la información se tiene el requerimiento energético de cada sistema después de realizado la inspección y medición de variables del sistema eléctrico, donde se resume en la tabla 21.

**Tabla 21** Requerimiento energético de la Estación Sansahuari.

GENERACIÓN ESTACIÓN SANSAHUARI				
Ítem	TAG	Potencia Entregada (kW)	Frecuencia de Operación (HZ)	Observaciones
1	MCO-0621	268,0	60	Planta de Generación 1
2	MG8001-2	460,0	60	
3	MCO-0614	294,0	60	
4	GEN110	507,0	60	
5	MCO-0612	230,0	60	Planta de Generación 2
Total, entregado		1.759,0		

CARGAS DE LA ESTACIÓN SANSAHUARI				
Ítem	TAG	Potencia Requerida (kW)	Frecuencia de Operación (HZ)	Observaciones
6	MEL-1123	570,0	54,1	HPS Power Oil 1000HP
7	MEL-1125	523,0	54,2	HPS Power Oil 1000HP
8	MEL-5077	290,0	59,1	HPS Reinyección De Agua 500HP
9	MEL-3536	146,0	56,02	HPS Reinyección De Agua 250HP
10	MEL-1441	140,0	0	HPS Reinyección De Agua 250HP
11	N/A	90,0		Sistemas Auxiliares
Total, requerido		1.759,0		

Los sistemas que se realiza el análisis de las variables energéticas, permitirán conocer el comportamiento durante su operación y la afectación que se puede generar a la central de generación.

El análisis de las mediciones de energía estará centrado en el transformador elevador principal de distribución, donde se concentran la mayoría de las cargas generadas de la

Estación Sansahuari, para esto se considera las normas establecidas en calidad de energía como la IEE519, IEC61000, EN50160 como también la normativa nacional ARCERNNR 001, 003, 027.

Antes de revisar las variables medidas, se plantea en la tabla 22 los parámetros necesarios que se van analizar y las normativas que se podrían aplicar para verificar sus límites de operación.

**Tabla 22** Normativas y límites de las variables analizar.

Ítem	Norma	VARIABLES	Descripción	Límites de las Variables
1	ARCERNNR-003/2023	Niveles de voltaje	Bajo Voltaje (menor igual a 0,6kV)	$\pm 8\%$ del voltaje nominal
2	ARCERNNR-003/2023	Desequilibrio de voltaje	Todo nivel de voltaje	El valor límite establecido es de 2%
3	ARCERNNR-027/2021 ARCERNNR-001/2023	Factor de Potencia	$>0,6$	95% de la potencia de reactivos
4	IEEE519 ARCERNNR-003/2023	Armónicos de voltaje	$V \leq 0,6kV$	Distorsión de armónico individual del 5%
		Armónicos de corriente	120V a 69KV	Distorsión de armónico total THD del 8%
5	IEC61000-4-15 IEC61000-3-3	Flicker	Pst, corta duración, periodo de observación 10min Plt, larga duración, periodo de observación 2 horas	$Pst \leq 1$ $Plt \leq 0,65$

6	ARCERNNR-003/2023	Interrupciones del sistema	Recuperación del sistema	<3minutos, corta duración >3minutos, larga duración
7	IEEE1159	Variaciones corta duración	Elevaciones (Swell) Huecos (Sag)	0,5 a 1minuto 0,5 a 1 minuto
8	IEEE1160	Variaciones larga duración	Sobre Voltaje; >110% Bajo Voltaje;<90%	> 1minuto > 1minuto
9	EN50160	Variación de la frecuencia	Conexiones sincronas	±1%, operación normal durante 99,5% del año +4% / -6%, operación crítica durante el 100% del año
10	IEEE1159	Transitorios	Impulso Oscilatorio	<50ns 50ns-1ms >1ms 0,3-50ms 20µs 5µs

Cumpliendo con la regulación ARCERNNR-003/2023, se establece las medidas en el lado de bajo voltaje del transformador de distribución.

Para la gestión energética en la Estación Sansahuari, se plantea el análisis la calidad de energía, de las siguientes variables:

- Niveles de Potencia
- Niveles de Corriente
- Niveles de Voltaje
- Factor de potencia
- Distorsión armónica total del voltaje.

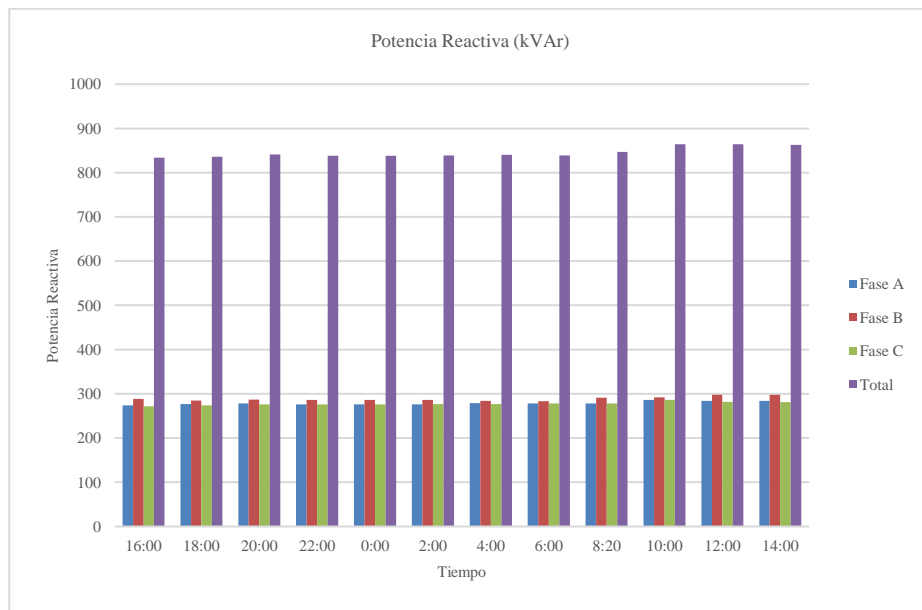
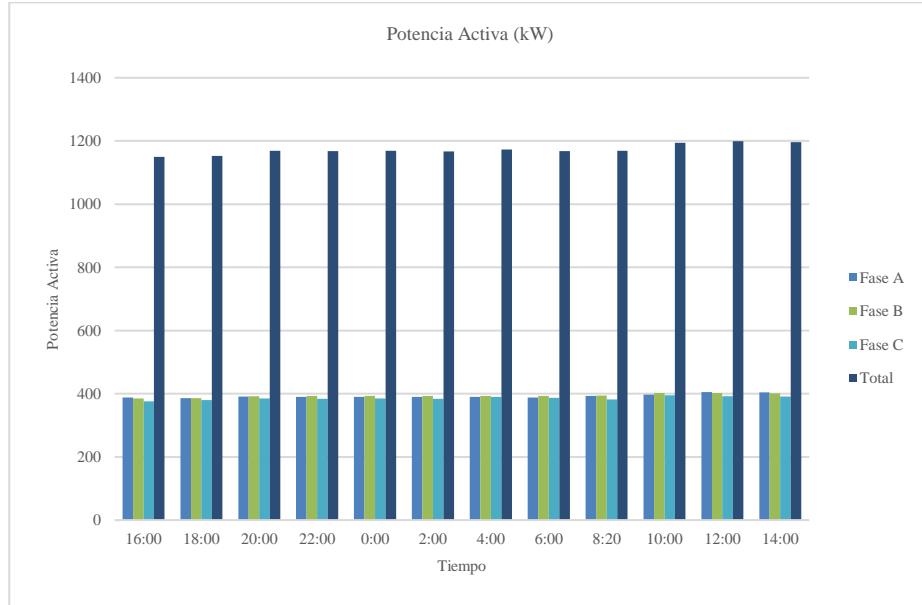
- Distorsión armónica total de la corriente.
- Perturbaciones existentes en el sistema (Flicker)
- Variaciones de frecuencia

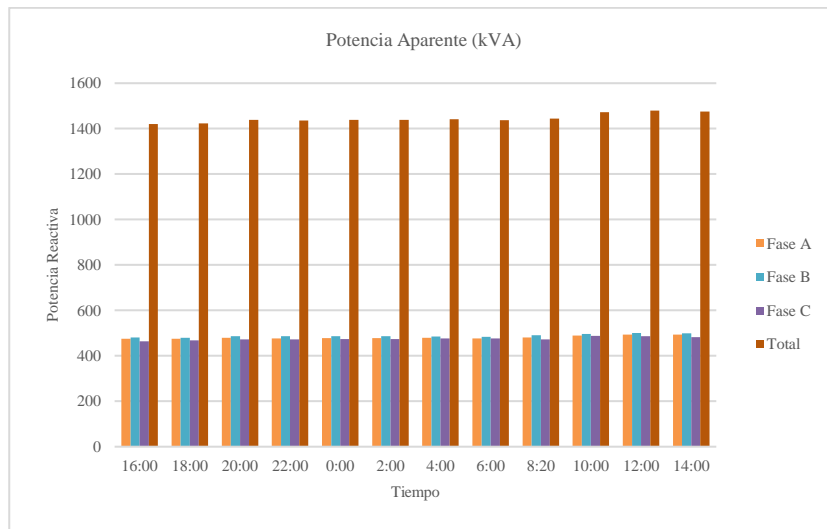
**Análisis de Potencia.** – se realiza el análisis de la potencia activa, potencia reactiva y potencia aparente, en la tabla 23 se puede identificar los valores respecto a estas variables medidas. Se puede verificar que en potencia Activa se tiene el mayor valor en la fase 1, en potencia reactiva se puede evidenciar que el mayor valor en la fase 2, y en la potencia aparente el máximo valor en la fase 2. Dentro del análisis se evidencia una variación aproximada entre la Fase AB un 0.7%, entre la Fase Ac un 2,46% y entre las fases BC un 1,74%.

**Tabla 23** Potencia activa, reactiva y aparente.

Potencia Activa (kW)				
	Fase A	Fase B	Fase C	Total
Min	386	385	376	1.147
Max	405	402	395	1.202
Prom	396	394	386	1.174,5
Potencia Reactiva (kVAr)				
	Fase A	Fase B	Fase C	Total
Min	274	283	272	829
Max	286	298	286	870
Prom	280	291	279	849,5
Potencia Aparente (kVA)				
	Fase A	Fase B	Fase C	Total
Min	475	480	464	1.419
Max	494	500	488	1.482
Prom	485	490	476	1.450,5

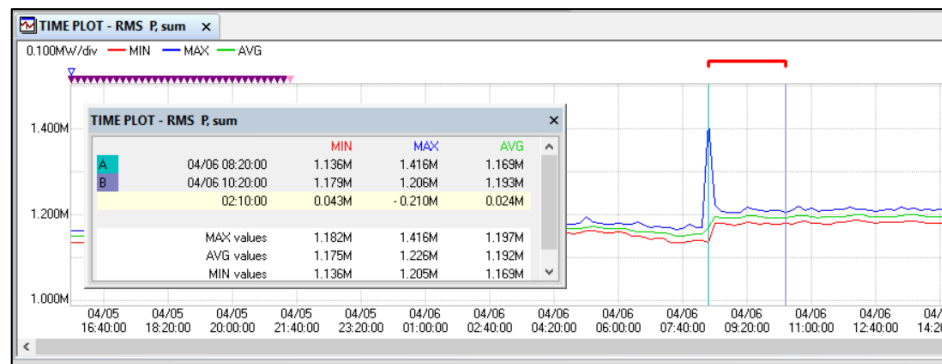
El valor total de la potencia activa, reactiva, aparente y la potencia de cada una de sus fases se representa en la figura 28, donde permite conocer las tendencias de variación de la potencia con respecto al tiempo.





**Figura 28** Tendencia de la potencia con respecto al tiempo.

El incremento de carga que se puede identificar en la potencia promedio de 30kW se ve reflejado en el espectro de la curva de la figura 29, podemos observar que en un instante dado la potencia sube de una manera inesperada, tendiendo a un valor pico de 1416kW, para luego estabilizarse y mantenerse en una potencia promedio de 1193kW, fenómeno que por el incremento inesperado se debe por el arranque de una bomba booster de reinyección de agua o de power oil, sistemas que no tienen un variador de frecuencia para controlar el arranque o el incremento paulatino de la potencia.



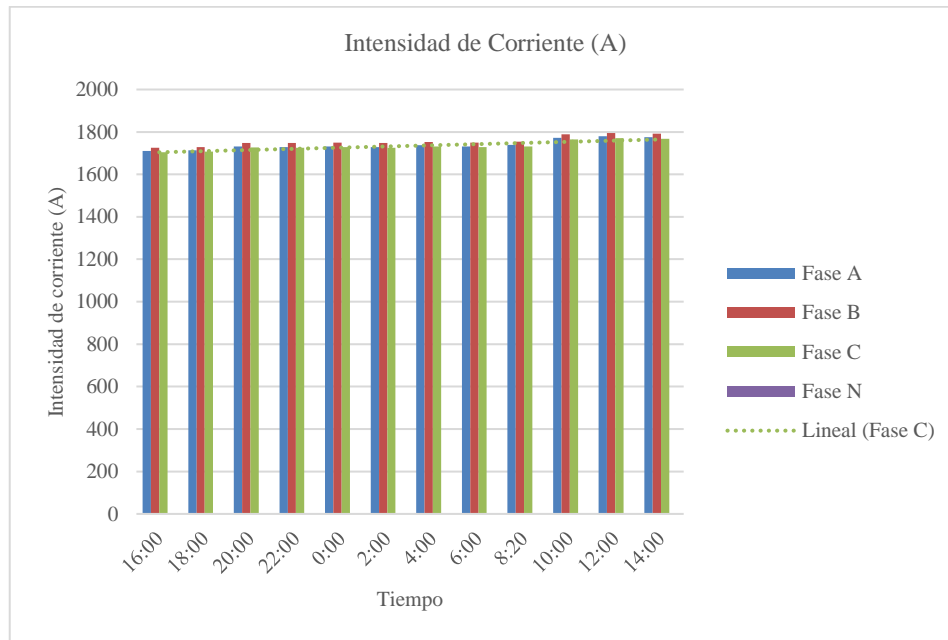
**Figura 29** Detalle de incremento de potencia.

**Análisis de Corriente.** – se realiza el análisis de corriente de acuerdo a la Tabla 24, donde se puede identificar que la fase B tiene el valor más alto de corriente de 1757A, la variación entre la fase AB es de 0,98%, entre la fase BC es de 1,31% y entre la fase AC es de 0.4%, valores que no reflejan una variación elevada entre fases.

**Tabla 24** Datos de corriente.

	Intensidad de Corriente (A)			
	Fase A	Fase B	Fase C	Fase N
Min	1.711,0	1.726,0	1.704,0	0
Max	1.780,0	1.795,0	1.771,0	0
Prom	1.740,0	1.757,0	1.734,0	0

Se representa en la figura 30, la intensidad de la corriente en función del tiempo de medición realizada en la Estación Sansahuari.



**Figura 30** Intensidad de Corriente.

El incremento de corriente que se puede identificar es de 68A de la corriente promedio de operación de 1704A, este valor se ve reflejado en el espectro de la figura 31.



Podemos observar que en un instante dado la corriente se incrementa de manera súbita hasta llegar a un valor de 2343A y para luego estabilizarse a una corriente promedio de 1772A, este valor se ve en relación al incremento de potencia que tuvo el sistema de generación.



Figura 31 Detalle de curva de corriente por fase.

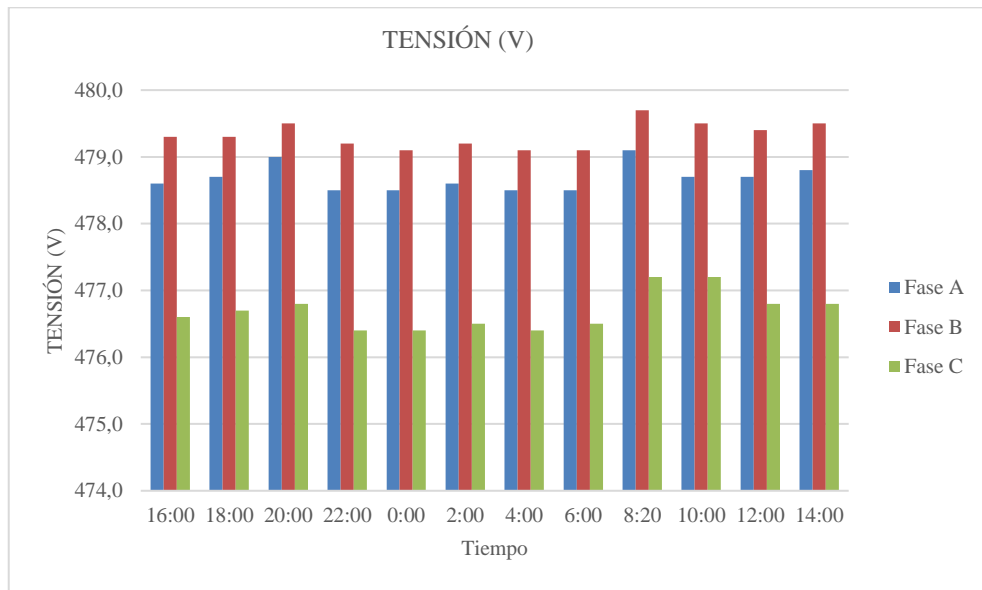
**Análisis de voltaje.** – se realiza el análisis del voltaje de acuerdo a la tabla 25, donde se puede identificar que la fase A y B, tienen el valor alto de tensión, la variación entre las fases AB es de 0%, entre las fases BC es del 0,42% y entre la fase ac es de 0,42%,

valores que no se refleja una variación elevada entre fases, siendo un sistema balanceado.

**Tabla 25** Datos de tensión.

	TENSIÓN (V)		
	Fase A	Fase B	Fase C
Min	478,5	479,1	476,4
Max	479,1	479,7	477,2
Prom	478,7	479,3	476,7

Se representa en la figura 32, la tensión en función del tiempo de medición realizada en la Estación Sansahuari.



**Figura 32** Tensión en función del tiempo.

La variación de voltaje que presenta durante la medición de parámetros de un valor promedio de 479 a un valor mínimo de 476,4, con un valor de diferencia de 2,6V, se ve reflejado en el espectro de la figura 33. Podemos observar que en un instante dado el voltaje decreta o baja de manera súbita hasta llegar a un valor de 469V y luego estabilizarse a un voltaje promedio de operación de 478,7V, este valor se ve en relación

al incremento de potencia que tuvo el sistema de generación y afectado por el incremento de corriente.



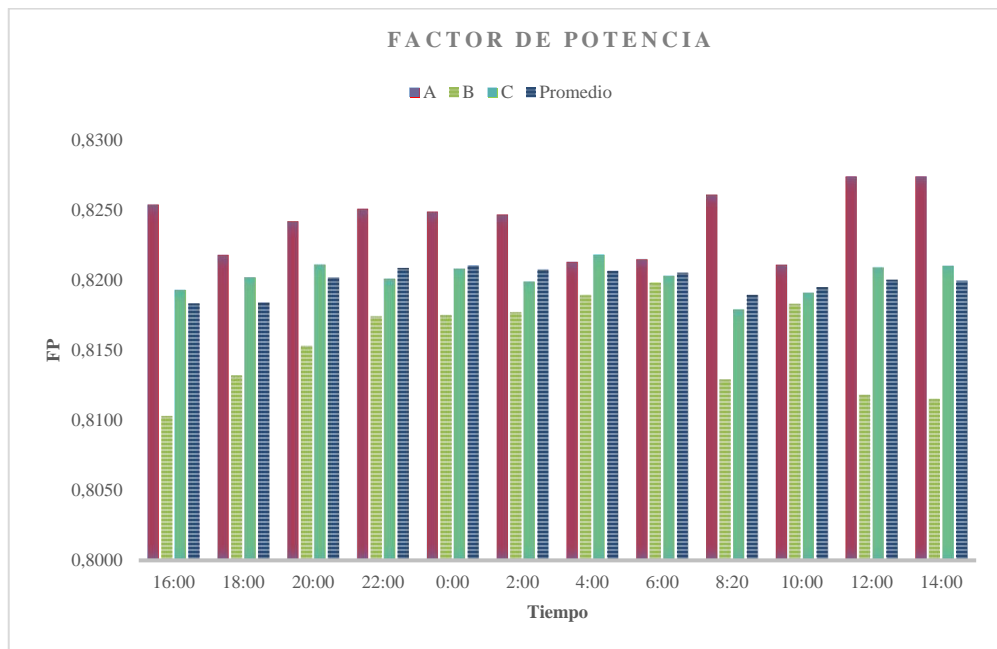
Figura 33 Detalle de curvas de voltaje.

**Análisis de factor de potencia.** – se realiza el análisis del factor de potencia de acuerdo a la tabla 26, donde se puede identificar que la fase A, tienen el valor alto de factor de potencia, la variación entre las fases AB es de 1,066%, entre las fases BC es del 0,56% y entre la fase ac es de 0,49%, valores que no se refleja una variación elevada entre fases.

**Tabla 26** Factor de Potencia.

FACTOR DE POTENCIA				
	A	B	C	Promedio
Min	0,8211	0,8103	0,8179	0,8164
Max	0,8274	0,8198	0,8218	0,8230
Prom	0,8242	0,8154	0,8202	0,8199

Se representa en la figura 34, la variación del factor de potencia en función del tiempo de medición realizada en la estación Sansahuari.



**Figura 34** Factor de potencia en el tiempo.

La variación del factor de potencia que presenta durante la medición de parámetros es de 0,035 con respecto del valor promedio de 0,8199 y su valor mínimo de 0,8164, en los espectros de la figura 35 se puede observar que el factor de potencia cae a un valor de 0,7380, efecto que se produce al instante del incremento de corriente por el aumento de la potencia que se presentó en ese instante de operación, el sistema se estabiliza en una factor de potencia promedio de 0,82.



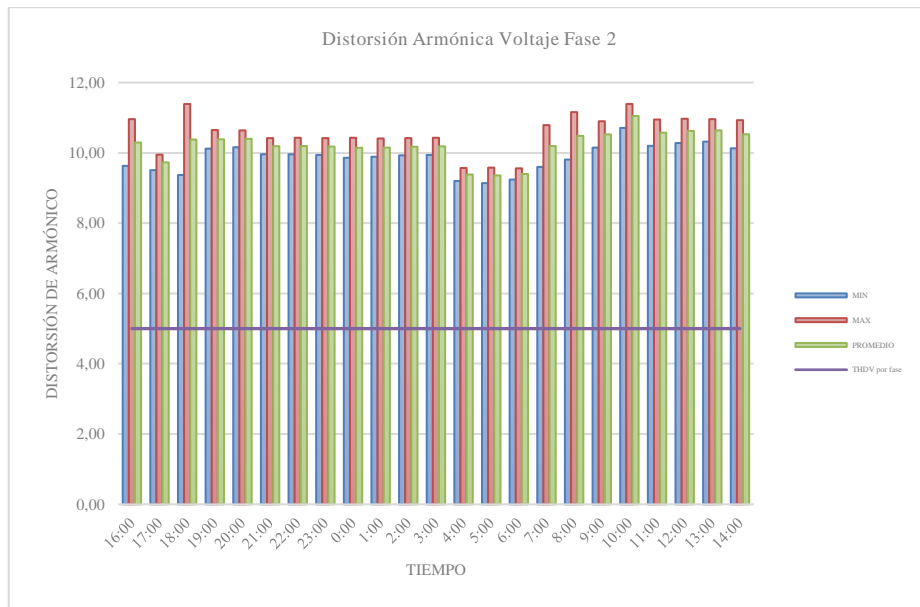
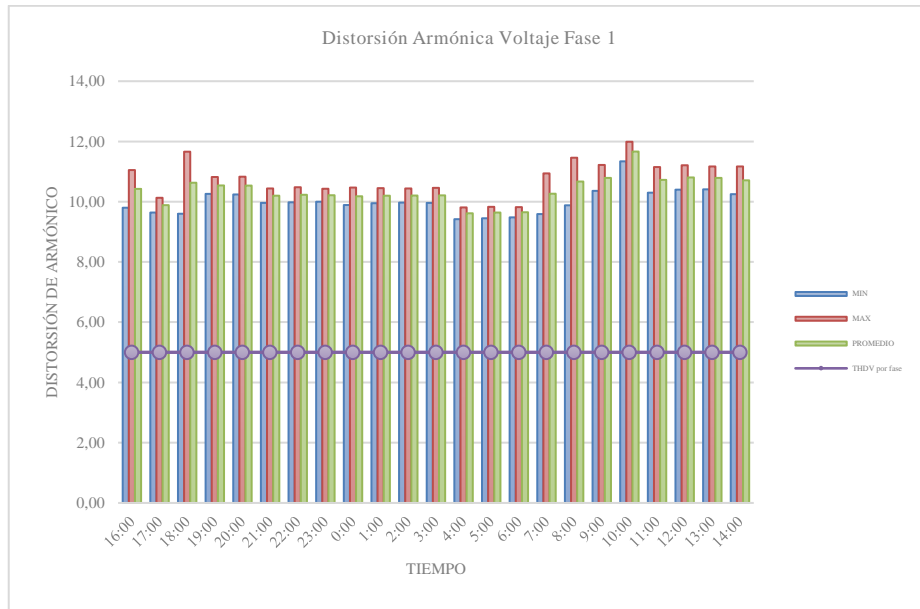
**Figura 35** Detalle de curvas del factor de potencia.

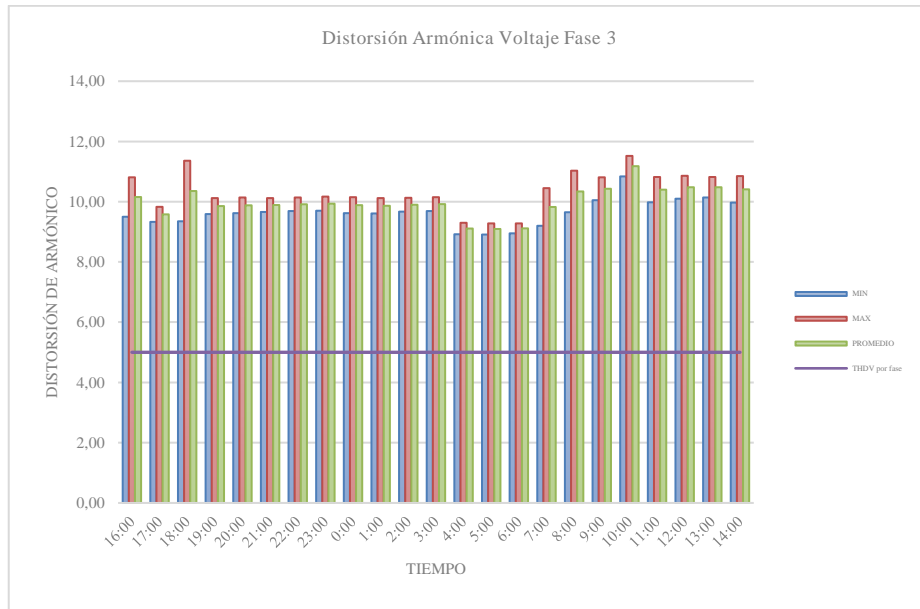
**Distorsión armónica total del voltaje.** – se realiza el análisis de la distorsión total del voltaje de acuerdo a la tabla 27, donde se puede identificar que el TDHV de la fase 1 presenta como valor mínimo 9,42, el TDHV de la fase 2 presenta como valor mínimo 9,14 y el TDHV de la fase 3 un valor mínimo de 8,91.

**Tabla 27** Distorsión Armónica de voltaje

	THDV FASE 1			THDV FASE 2			THDV FASE 3			THDV
	Min	Max	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max	Prom.	Prom.
Min	9,42	9,81	9,62	9,14	9,56	9,35	8,91	9,28	9,09	9,35
Max	11,34	11,99	11,67	10,71	11,39	11,05	10,84	11,52	11,18	11,30
Prom	10,38	10,90	10,64	9,93	10,48	10,20	9,88	10,40	10,14	10,33

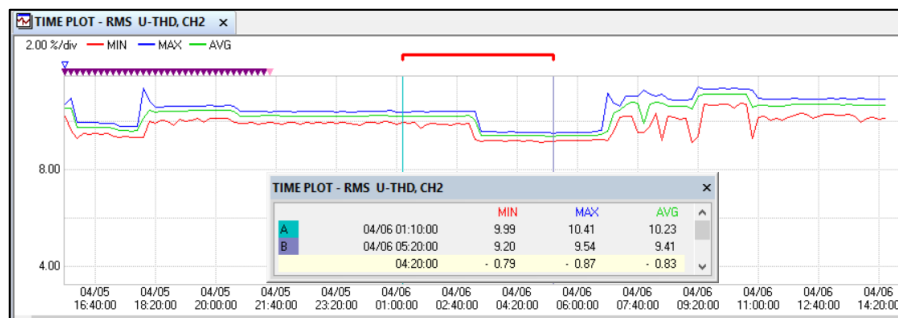
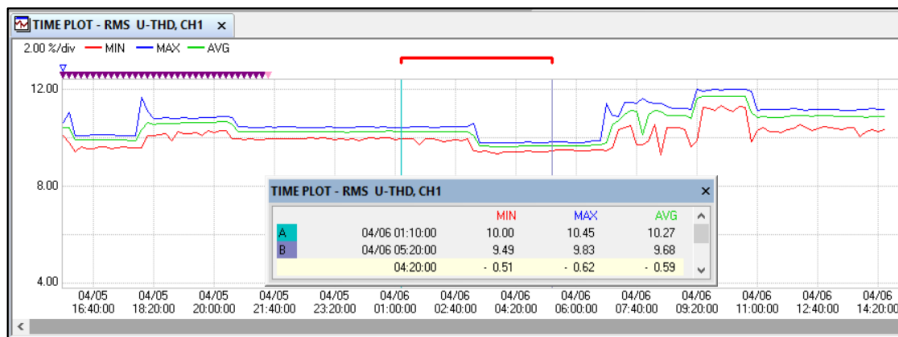
Se representa en la figura 36, la variación de la distorsión armónica de voltaje por fase en función del tiempo de medición realizada en la estación Sansahuari.

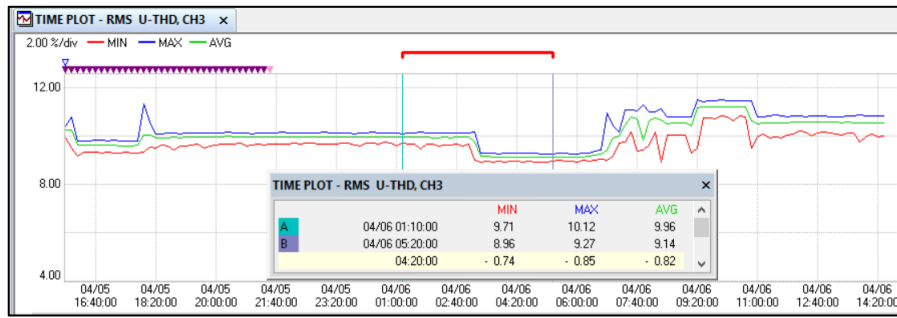




**Figura 36** Distorsión Armónica en función del tiempo x fase.

La variación de la distorsión de los armónicos de voltaje presentes durante la medición está en un promedio de 10,33, este valor se ve reflejado en los espectros de la figura 37, donde se puede identificar que la variación en el sistema se ve afectado los armónicos de voltaje.





**Figura 37** Espectros de armónicos presentes en el sistema.

**Distorsión armónica total de corriente.** – se realiza el análisis de la distorsión total de corriente de acuerdo a la tabla 28, donde se puede identificar que el TDD de la fase 1 presenta como valor mínimo 6,19, el TDD de la fase 2 presenta como valor mínimo 6,14 y el TDD de la fase 3 un valor mínimo de 6,21.

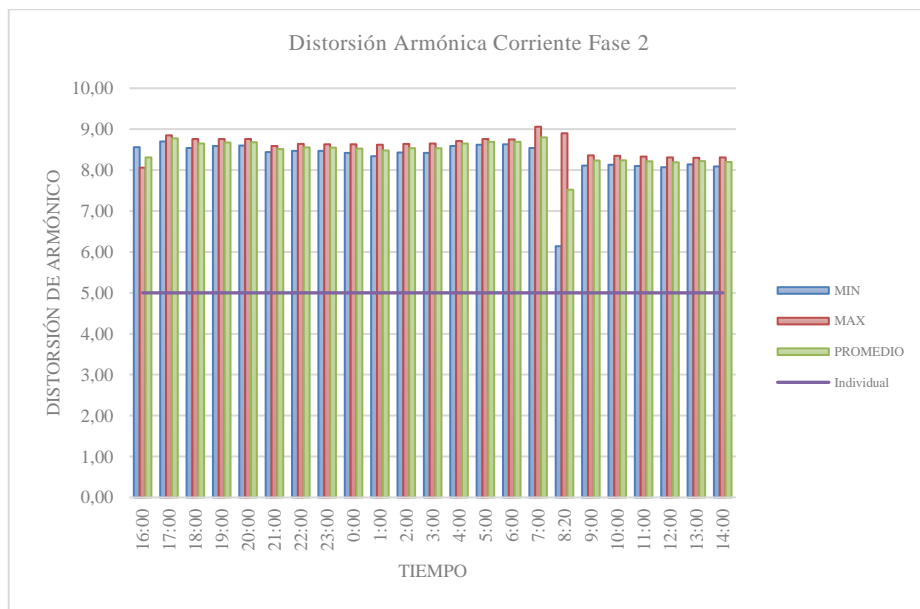
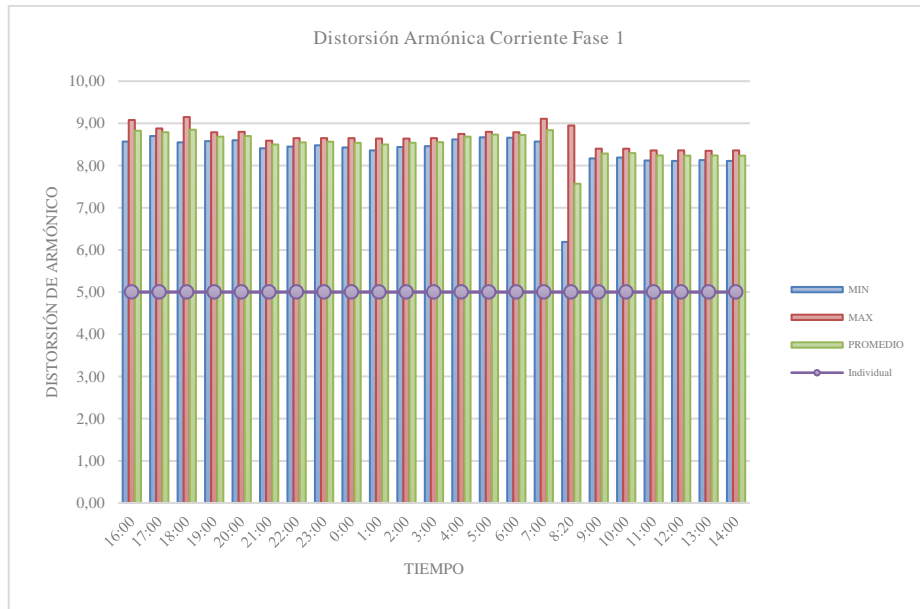
**Tabla 28** Distorsión Armónica de Corriente

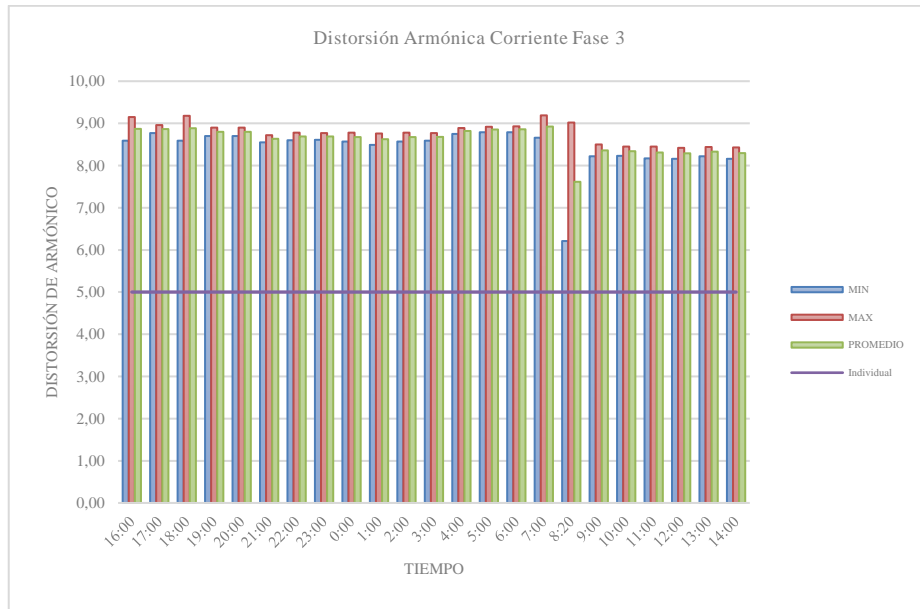
DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE										
	TDD FASE 1			TDD FASE 2			TDD FASE 3			TDD
	Min	Max	Prom.	Min	Max	Prom.	Min	Max	Prom.	Prom.
Min	6,19	8,35	7,57	6,14	8,06	7,52	6,21	8,42	7,62	7,57
Max	8,70	9,15	8,85	8,70	9,06	8,80	8,79	9,19	8,93	8,86
Prom	8,33	8,69	8,51	8,31	8,60	8,45	8,42	8,79	8,60	8,52

Para el cálculo del límite del TDD, la norma IEE-519 y la regulación ARCERNNR 003/2023 establece los valores de TDD y los límites individuales, para esto se aplica la relación entre  $I_{cc}/I_L$ , ( $I_{cc}$  corriente de cortocircuito del punto de acoplamiento común PCC,  $I_L$  corriente máxima de operación).

Se representa en la figura 38, la variación de la distorsión armónica de corriente por fase en función del tiempo de medición realizada en la estación Sansahuari.

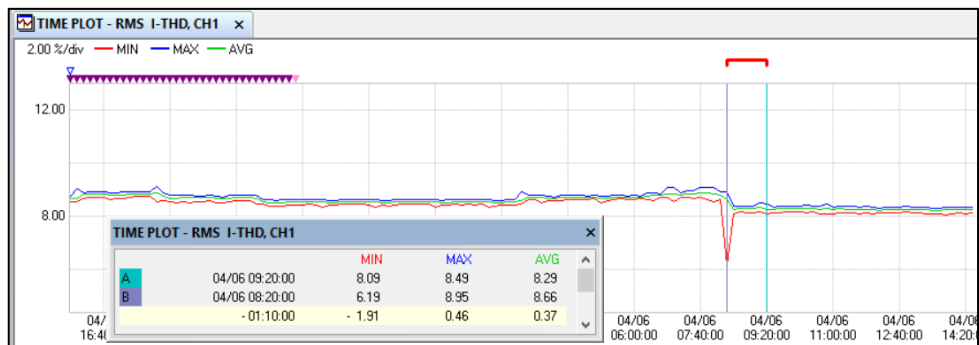






**Figura 38** Distorsión Armónica en función del tiempo x fase.

La variación de la distorsión de los armónicos de corriente presentes durante la medición está en un promedio de 8,52, este valor se ve reflejado en los espectros de la figura 39, donde se puede identificar que la variación en el sistema sea por el incremento de carga o por la disminución, se verá afectado los armónicos de corriente.





**Figura 39** Espectros de armónicos presentes en el sistema.

**Perturbaciones existentes en el sistema (Flicker).** – se realiza el análisis de la presencia de Flicker en el sistema de acuerdo a la tabla 29, donde se puede identificar el valor alto de flicker de alta duración Plt y de corta duración Pst.

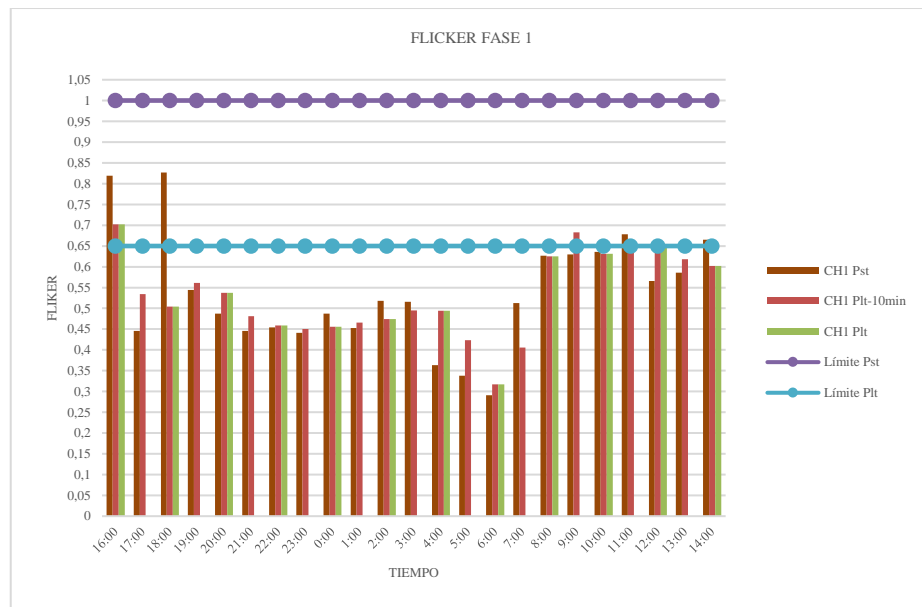
Los límites de Pst y Plt lo establece la norma IEC61000-3-3, donde establece que el Plt no debe superar los 0,65 y el Pst no debe superar el valor de 1, para los valores de Pst no deben pasar del 95% para cumplir el índice de severidad.

**Tabla 29** Datos de Flicker presentes en el sistema.

	FLICKER								
	CH1			CH2			CH3		
	Pst	Plt-10min	Plt	Pst	Plt-10min	Plt	Pst	Plt-10min	Plt
Mínimo	0,291	0,317	0,317	0,256	0,277	0,277	0,251	0,271	0,271
Máximo	0,827	0,702	0,702	0,805	0,674	0,674	0,82	0,693	0,693

# de veces mínimo	1	1	1	1	1	1	1	1	1
# de veces máximo	1	1	1	2	1	1	1	1	1
% de presentaciones del flicker Plt	4%	4%	4%	9%	4%	4%	4%	4%	4%
% de presentaciones del flicker Pst	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Se representa en la figura 40, la variación del flicker por fase en función del tiempo de medición realizada en la Estación Sansahuari.





**Figura 40** Flicker existentes en función del tiempo.

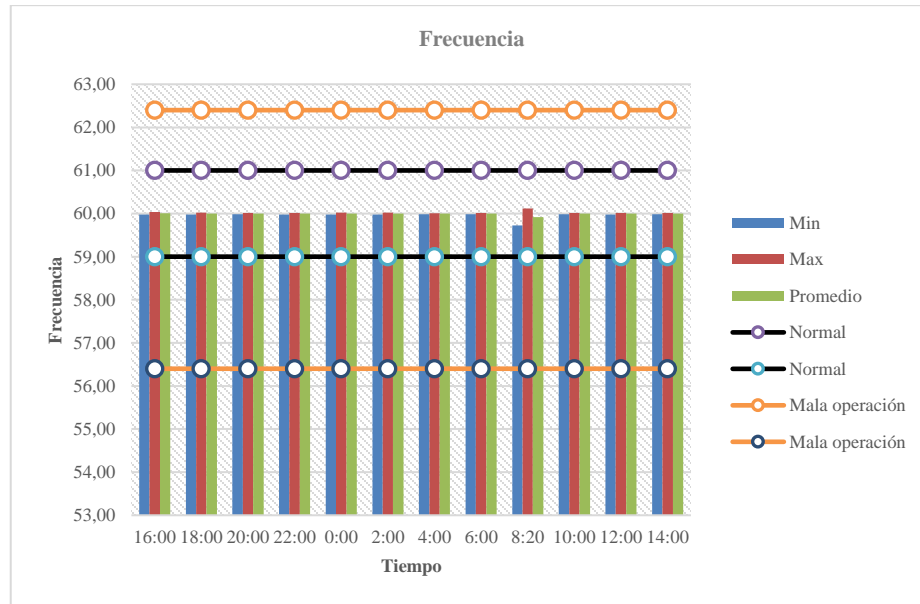
**Variación de frecuencia.** – se realiza el análisis de la variación de la frecuencia de acuerdo a la tabla 30, donde se puede identificar los valores mínimos y máximos de la frecuencia.

**Tabla 30** Variación de frecuencia.

	Frecuencia		
	Min	Max	Promedio
Mínimo	59,73	60,01	59,87

Máximo	59,99	60,12	60,05
Promedio	59,96	60,03	59,99

Se representa en la figura 41, la variación de la frecuencia en función del tiempo de medición realizada en la estación Sansahuari.



**Figura 41** Variación de la frecuencia en función del tiempo.

### 3.8. Variables respuesta o resultados alcanzados

La información recolectada y el procesamiento de la información con el análisis estadístico, logra a la empresa enfocarse en la gestión energética aplicando la mejora continua con la metodología del sistema de gestión, Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGEE), conocer el estatus real del sistema eléctrico de la Estación Sansahuari y sus sistemas auxiliares que están involucrados al sistema de generación eléctrica. El sistema de gestión TGEE, nos permitió conocer la información de dos formas, la primera con la verificación de la información de la empresa y la segunda con el diagnóstico energético de la estación Sansahuari.

Implementar un sistema de gestión como la ISO50001, sería lo fundamental, pero antes de enfocarnos a la norma internacional y cumplir con los requisitos para una certificación, nos enfocamos en un sistema de gestión amigable como prototipo para buscar mejor las condiciones energéticas y lograr cumplir los requerimientos establecidos por la norma ISO50001.

Para la información requerida para el proyecto fue necesario infamación de históricos de la estación Sansahuari y medición de variables, parámetros de operación, para lo cual se utilizó el medidor de energía HIOKI PW3198, una pinza amperimétrica FLUKE 376 y verificar las normas ARCERNNR, IEEE, IEC y regulaciones que permita conocer los límites de las variables medidas, detalladas en la tabla 31.

**Tabla 31** Normativas y límites de las variables analizar.

Ítem	Norma	Variables	Descripción	Límites de las variables
1	ARCERNNR -003/2023	Niveles de voltaje	Bajo Voltaje (menor igual a 0,6kV)	± 8% del voltaje nominal
2	ARCERNNR -003/2023	Desequilibrio de voltaje	Todo nivel de voltaje	El valor límite establecido es de 2%
3	ARCERNNR -027/2021 ARCERNNR -001/2023	Factor de Potencia	>0,6	95% de la potencia de reactivos
4	IEEE519 ARCERNNR -003/2023	Armónicos de voltaje	$V \leq 0,6kV$	Distorsión de armónico individual del 5%
		Armónicos de corriente	120V a 69KV	Distorsión de armónico total THD del 8%
5	IEC61000-4- 15	Flicker	Pst, corta duración, periodo de observación 10min	$Pst \leq 1$ $Plt \leq 0,65$

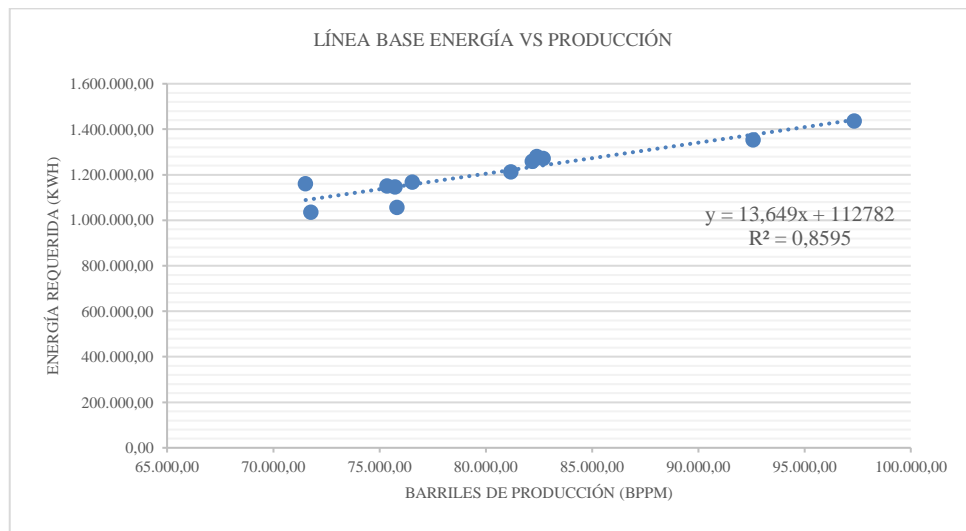
	IEC61000-3-3		Plt, larga duración, periodo de observación 2 horas	
6	ARCERNR-003/2023	Interrupciones del sistema	Recuperación del sistema	<3minutos, corta duración >3minutos, larga duración
7	IEEE1159	Variaciones corta duración	Elevaciones (Swell) Huecos (Sag)	0,5 a 1minuto 0,5 a 1 minuto
8	IEEE1160	Variaciones larga duración	Sobre Voltaje; >110% Bajo Voltaje;<90%	> 1minuto > 1minuto
9	EN50160	Variación de la frecuencia	Conexiones sincronas	±1%, operación normal durante 99,5% del año +4% / -6%, operación crítica durante el 100% del año
10	IEEE1159	Transitorios	Impulso Oscilatorio	<50ns 50ns-1ms >1ms 0,3-50ms 20 $\mu$ s 5 $\mu$ s

Para la implementación de los indicadores de gestión energética se considera la información del año 2022, para conocer la producción de barriles y la producción de energía por mes durante el año señalado, esta información permite establecer líneas base necesarias para la implementación de los indicadores, dentro de estos indicadores se encuentran los de producción vs energía, índice energético (BPP/kWh), como es un sistema de generación centralizada aislada se plantea indicadores de eficiencia, rendimiento de la central de generación, además para la gestión energética se verifica



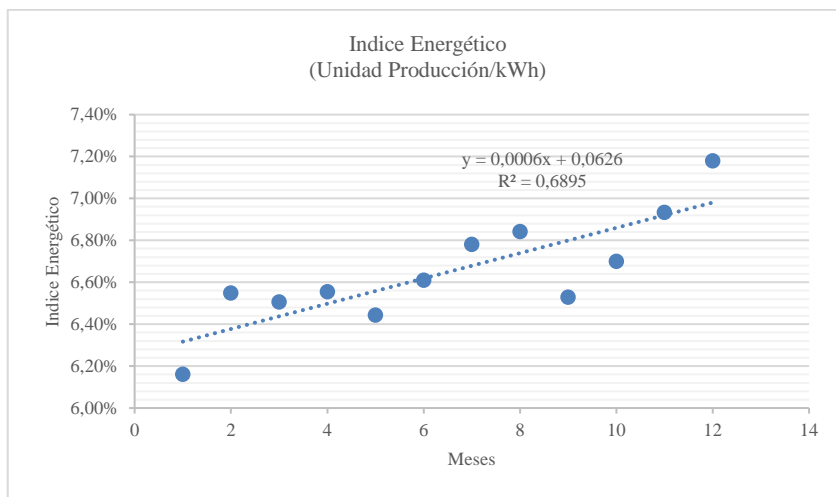
las condiciones de energía basados en normas y regulaciones nacionales e internacionales.

Para llevar un control adecuado de la energía necesaria para la producción de barril, se identifica la línea base para implementar el indicador de energía vs producción, donde permitirá diagnosticar las condiciones de operación de la estación Sansahuari y saber cuánto de energía sería necesario para la producción de crudo. La línea base que se ha determinado se identifica en la figura 42.



**Figura 42** Línea base energía vs producción.

Se plantea el indicador de índice energético que de igual manera se cuantificó base los históricos del año 2022, dicha línea base se identifica en la figura 43:



**Figura 43** Índice Energético.

El valor de  $R^2$ , de acuerdo a estudios identifican que el valor es aceptable cuando esta cerca del valor de 1, ya que estaría en una estrecha relación a lo real consumido y lo real producido, [32].

Se identifica problemas en el sistema de generación, como una baja potencia de operación de acuerdo a la potencia efectiva de las unidades de generación. Con base al procesamiento de la información se pudo determinar la eficiencia de la central de generación de la estación Sansahuari, dicha eficiencia está en un valor del 29%, para lo cual se realiza el cálculo de la línea base que debería estar implementada en la Estación Sansahuari, dicho límite se propone del 75% de su carga nominal.

Con la información del rendimiento de la central de generación se conoció cuántos galones se necesita para producir 1 kWh, el rendimiento promedio del año 2022 fue de 10,99 kWh/galón, para mejorar este rendimiento se plantea en este proyecto de estudio una línea base de 15,78 kWh/galón, dicho valor fue calculado en condiciones que las unidades de generación trabajen al 75% de su efectividad.

Del unifilar que EP Petroecuador tiene actualmente, se realiza la mejora del unifilar con el objetivo de tener claro donde se puede implementar arreglos en el sistema de

eléctrico de la estación Sansahuari, diagrama que se puede ver en detalle en el Anexo 2.

Del levantamiento de información que se ha obtenido de la estación Sansahuari se pudo identificar el consumo de energía de la estación Sanshuari por sistemas, dichas mediciones se realizaron por medio del analizador de energía HIOKI y con la pinza amperimétrica FLUKE376, dichos consumo se refleja en la siguiente tabla 31:

**Tabla 32** Sistemas de la estación Sansahuari.

GENERACIÓN ESTACIÓN SANSAHUARI				
Ítem	TAG	Potencia Entregada (kW)	Frecuencia de Operación (HZ)	Observaciones
1	MCO-0621	268	60	Planta de Generación 1
2	MG8001-2	460	60	
3	MCO-0614	294	60	
4	GEN110	507	60	
5	MCO-0612	230	60	Planta de Generación 2
	Total, entregado	1.759,0		
CARGAS DE LA ESTACIÓN SANSAHUARI				
Ítem	TAG	Potencia Requerida (kW)	Frecuencia De Operación (HZ)	Observaciones
6	MEL-1123	570,0	54,1	HPS Power Oil 1000HP
7	MEL-1125	523,0	54,2	HPS Power Oil 1000HP
8	MEL-5077	290,0	59,1	HPS Reinyección De Agua 500HP
9	MEL-3536	146,0	56,02	HPS Reinyección De Agua 250HP
10	MEL-1441	140,0	54	HPS Reinyección De Agua 250HP
11	N/A	90,0		Sistemas Auxiliares
	Total, requerido	1.759,0		

El diagnóstico energético se realizó en el punto de acoplamiento común (PCC) de la estación Sansahuari, por medio del analizador de energía HIOKI PW3198 que tiene una categoría CAT IV, diseñado para ambiente de mediciones industriales, dicho análisis permite que la gestión energética sea complementada con la medición de variables de energía y verificadas bajo las normas de calidad de energía, entre las normas que se toma como referencia para los límites de las variables medidas está la ARCERNNR 001, 003, 027, la IEE519, IEC61000, EN50160.

El punto común que se realizó el análisis fue en el transformador de distribución de la central de generación.

De las variables medidas se resumen en la tabla 33, las novedades encontradas en la Estación Sansahuari durante la medición:

**Tabla 33** Variable medidas y novedades.

Descripción	Valor	Novedades
Niveles de Potencia	P=1174,5kW Q=849,5kVAr S=1450,5kVA	Se identifica que la potencia en cada fase se encuentra balanceadas.
Niveles de Corriente	Fase A=1740A Fase B=1757A Fase C=1734A	Se identifica que la corriente en cada fase se encuentra balanceada.
Niveles de Voltaje	Voltaje nominal por equipo 480V Voltaje real medido: VA=478,7V VB=479,3V VA=476,7V	Con base a la regulación establecida ARCERNNR-003/2023 para niveles de voltajes del $\pm 8\%$ del voltaje nominal, se verifica que: VA con respecto a la nominal se tiene una variación de 0,27% VB con respecto a la nominal se tiene una variación de 0,15% VA con respecto a la nominal se tiene una variación de 0,69% Valores que se encuentran dentro de los parámetros establecidos por las regulaciones.

Factor de potencia	FP medido: Fase A: 0,8242 Fase B: 0,8154 Fase C: 0,8202	ARCERNNR-027/2021, ARCERNNR-001/2023, con base a las regulaciones establece que el factor de potencia debe ser mayor a 0,6. Con base a esta regulación los factores de potencia se encuentran mayores a 0,6, pero el valor del factor de potencia se encuentra en el rango de 0,82; generando más reactivos al sistema de generación
Distorsión armónica total del voltaje.	Distorsión de armónicos por fase: Fase 1: Mínimo=9,42 Máximo=11,99 Fase 2: Mínimo=9,14 Máximo=11,39 Fase 3: Mínimo=8,91 Máximo= 11,52 Distorsión armónica total THDV tiene un valor de 10,33	Para verificar la condición de armónicos de voltaje nos regimos a la regulación ARCERNNR-003/2023, donde establece que para bajo voltaje (<0,6kV) debe tener una distorsión menores al 5% y en distorsión de armónicos total menor al 8%. Con base a estos criterios de la regulación la distorsión armónica por fases no cumple con el valor máximo del 5%, como tampoco cumple el valor máximo del THDV que es del 8%. De acuerdo a estos indicadores de energía, nos permite conocer el comportamiento de la energía en la Estación Sansahuari y tomar acciones correctivas para mejorar las condiciones eléctricas de la estación.
Distorsión armónica total de la corriente.	Distorsión de armónicos por fase: Fase 1: Mínimo=6,19 Máximo=9,15 Fase 2: Mínimo=6,14 Máximo=9,06 Fase 3: Mínimo=6,22 Máximo= 9,19	Para verificar la condición de armónicos de corriente presentes en el sistema eléctrico de la Estación Sansahuari nos enfocaremos en la norma IEE-519 y la regulación ARCERNNR 003/2023, donde establece límites de distorsión de armónicos individual y límites de distorsión armónicos total TDD. Para determinar el límite se aplica la relación $I_{cc}/I_L$ , donde $I_{cc}$ es la corriente máxima de cortocircuito en el PCC y $I_L$ es la corriente máxima de carga. Con base a estos criterios y tomando como referencia el PCC el transformador de distribución, se tiene como datos que:

	<p>Distorsión armónica total TDD O THDi tiene un valor de 8,52</p>	<p>Icc= 2,88kA y IL = 1,795KA, teniendo una relación de 1,604. Con la relación Icc/IL=1,604, se verifica los límites establecidos: Icc/IL &lt;20 teniendo TDD de 5,0. De acuerdo a estos indicadores de energía, nos permite conocer el comportamiento de la energía en la Estación Sansahuari y tomar acciones correctivas para mejorar las condiciones eléctricas de la estación.</p>
<p>Perturbaciones existentes en el sistema (Flicker)</p>	<p>Severidad de flicker: Fase 1: Pst: Mínimo=0,291 Máximo= 0,827 Plt: Mínimo=0,317 Máximo=0,702; una de los 23 mediciones tomadas. Fase 2: Pst: Mínimo=0,256 Máximo= 0,805 Plt: Mínimo=0,277 Máximo=0,674; una de los 23 mediciones tomadas. Fase 3: Pst: Mínimo=0,251 Máximo= 0,82 Plt:</p>	<p>Para la verificación las perturbaciones existentes en el sistema eléctrico de la estación Sansahuari, tomaremos como referencia los índices de severidad establecidos en la regulación ARCERNN 003/2023 y la norma IEC61000-3-3, establece parámetros de flicker corto de duración (Pst) y periodo de largo de duración (Plt) tomado cada 2 horas, la IEC establece límites de Pst&lt;1 y de Plt&lt;0,65. De acuerdo a la ARCERNN 003/2023, establece que el Pst cumple cuando de los valores medidos el 95% está por debajo del límite establecido. Con base a las regulaciones mencionadas se verifica que las condiciones de Flicker en las Estación Sansahuari están por debajo de límite de Pst y Plt</p>

	Mínimo=0,271 Máximo=0,693, una de los 23 mediciones tomadas.
Variaciones de frecuencia	<p>La frecuencia del sistema eléctrico: Mínimo=59,87 Máximo=60,05</p> <p>Para verificar las condiciones de frecuencia de la Estación Sansahuari, tomaremos como límites la norma EN50160, donde establece los límites de <math>\pm 1\%</math>, operación normal durante 99,5% del año y <math>+4\%</math> / <math>-6\%</math>, operación crítica durante el 100% del año. Con la base indicada y tomando como referencia la frecuencia fundamental de 60Hz, podemos verificar que está dentro de parámetros la frecuencia del sistema eléctrico.</p>

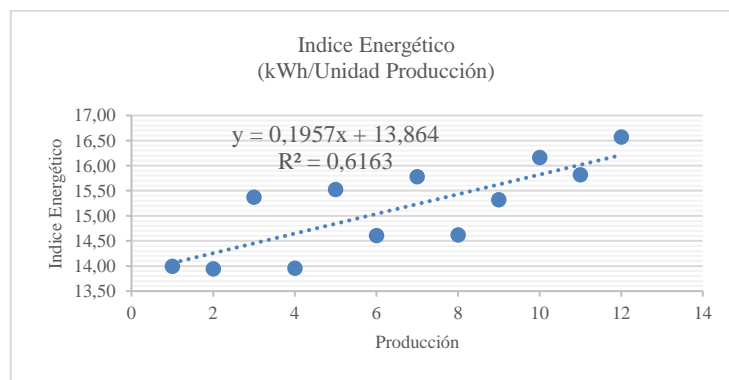
## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estación Sansahuari actualmente ha operado con generación centralizada de manera aislada de los sistemas de generación del activo Cuyabeno, esto se debe a las distancias que existe entre centrales de generación y el costo alto de la inversión requerida para generar sub estaciones para mejorar la caída de voltaje a las locaciones de mayor distancia y centrales de mayor capacidad., por lo que EP Petroecuador mantiene la generación con motores de combustión interna que para este caso de estudio con motores Caterpillar de combustible diésel para su operación.

Tiene el sistema de generación con unidades Caterpillar que aportan una potencia promedio actual de 1.759,0kW, operando de manera continua para mantener la producción diaria aproximada de 2.320,01 BPPD.

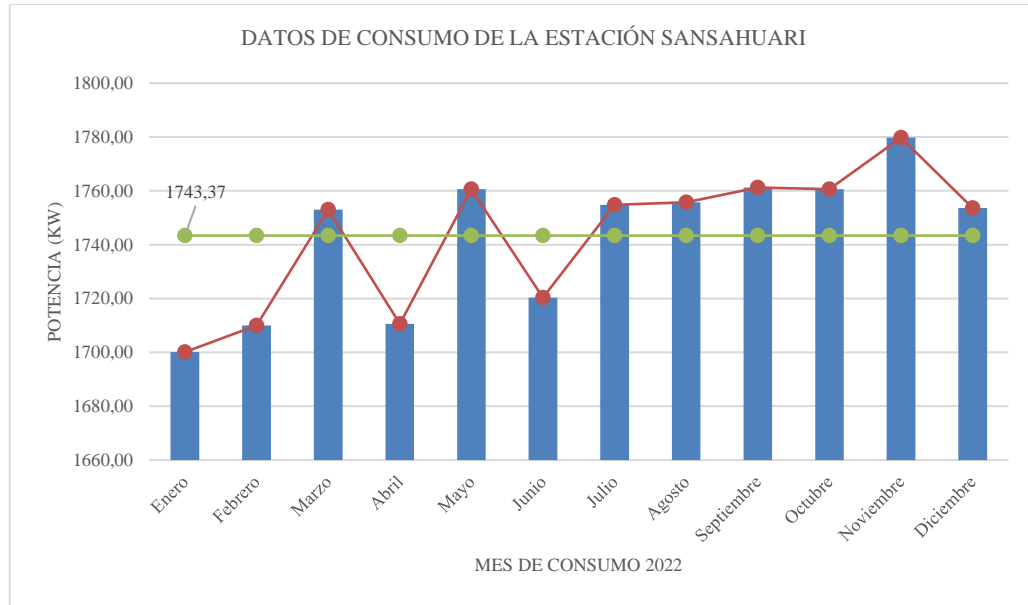
Durante el año 2022, se tiene una producción promedio mensual de 80.427,325BPPM, para cubrir esta producción la central de generación de la Estación Sansahuari tuvo que aportar una energía promedio por mes de 1.210.514,464 kWh, para relacionar estos dos valore de producción y energía se establece la relación del índice energético figura 44, considerado bajo los histórico del 2022 y servirá como línea base para identificar el consumo de energía vs la cantidad de producción.



**Figura 44** Índice Energético.



Las unidades de generación durante el año 2022 han operado a una potencia promedio de 1.743,37kW de acuerdo a la figura 45, carga que permite cubrir la demanda energía de la estación Sansahuari.



**Figura 45** Potencia de la estación Sansahuari.

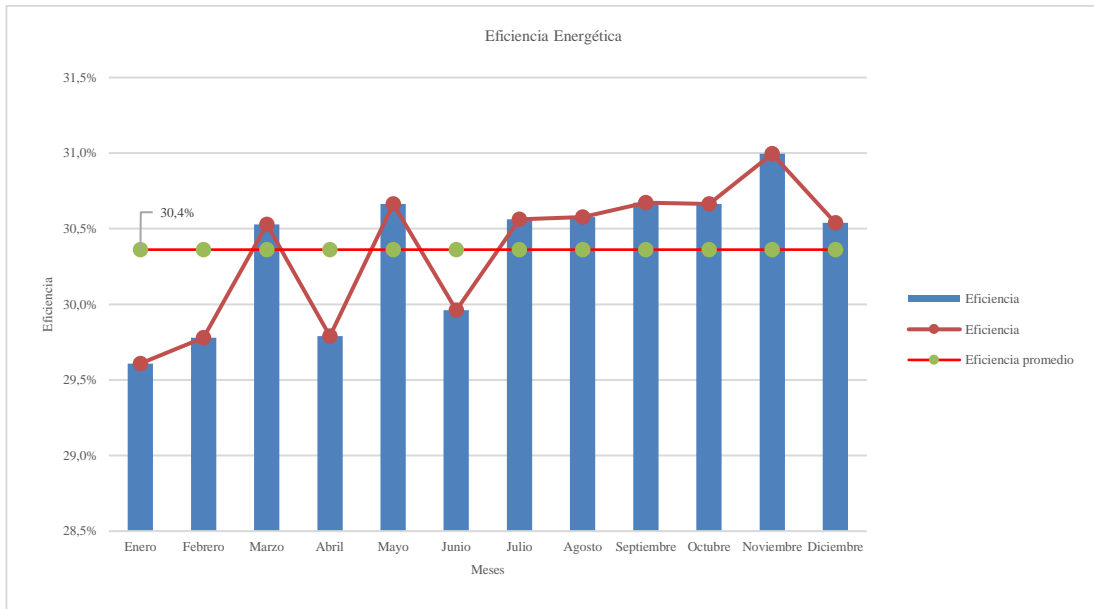
Al verificar la potencia actual del sistema de generación, nos podemos dar cuenta que la potencia promedio de la estación Sansahuari se mantiene en el rango de los 1.743,0 a 1.759,0 kW. La distribución de potencia de la central de generación se detalla en la tabla 34, la potencia de la central de generación se encuentra distribuida en dos plantas de generación, la generación de la planta 1 conformado por 4 unidades y la planta 2 por una unidad de generación en operación continua.

**Tabla 34** Distribución de potencia actual.

GENERACIÓN ESTACIÓN SANSAHUARI				
Ítem	TAG	Potencia Entregada (kW)	Frecuencia de Operación (HZ)	Observaciones
1	MCO-0621	268	60	Planta de Generación 1
2	MG8001-2	460	60	

3	MCO-0614	294	60	
4	GEN110	507	60	
5	MCO-0612	230	60	Planta de Generación 2
Total, entregado		1.759,0		
CARGAS DE LA ESTACIÓN SANSAHUARI				
Ítem	TAG	Potencia Requerida (kW)	Frecuencia de Operación (HZ)	Observaciones
6	MEL-1123	570,0	54,1	HPS POWER OIL 1000HP, alimentado por la planta 1
7	MEL-1125	523,0	54,2	HPS POWER OIL 1000HP, alimentado por la planta 1
8	MEL-5077	290,0	59,1	HPS REINYECCION DE AGUA 500HP, alimentado por la planta 1
9	MEL-3536	146,0	56,02	HPS REINYECCION DE AGUA 250HP, alimentado por la planta 1
10	MEL-1441	140,0	0	BOMBA HPS REINYECCION DE AGUA 250HP, alimentado por la planta 2
11	N/A	90,0		SISTEMAS AUXILIARES, alimentado por la planta 2
Total, requerido		1.759,0		

Las centrales de generación durante el año del 2022 han operado a una eficiencia promedio del 30,4%, como se puede evidenciar en la figura 46.



**Figura 46** Eficiencia Energética central de generación.

Las unidades de generación según datos de fabricante deberían operar a una carga mínima del 70% de su carga nominal, permitiendo a la central de generación llegar a su valor mínimo de eficiencia.

Tomando como referencia la potencia de operación mínimo del 70% de las unidades de generación, las unidades operarían de acuerdo al detalle de la tabla 35.

**Tabla 35** Potencia efectiva de las unidades de generación.

DATOS DE GENERACIÓN POWER OIL ESTACIÓN SANSAHUARI PLANTA 1					
Ítem	TAG	Modelo	Potencia nominal	Potencia efectiva	Eficiencia
			P(kW)	P(kW)	%
1	MCO-0621	3508	832	582,4	70%
2	MG8001-2	3516	1.450,0	1.015,0	70%
3	MCO-0614	3508	910	637	70%
4	GEN110	3516	1.825,0	1.277,5	70%
Total, potencia (kW)			5.017,0	3.511,9	

DATOS DE GENERACIÓN ESTACIÓN SANSAHUARI Y REINYECCIÓN DE AGUA PLANTA 2					
Ítem	Tag	Modelo	Potencia nominal	Potencia efectiva	Eficiencia
			P(kW)	P(kW)	%
5	MCO-0612	C27	725	507,5	70%
Total, potencia (kW)			725	507,5	

Al realizar el análisis de la operación de las unidades de generación, las unidades se encuentran por debajo de la eficiencia recomendada por el fabricante, dichos valores se pueden evidenciar en la tabla 36.

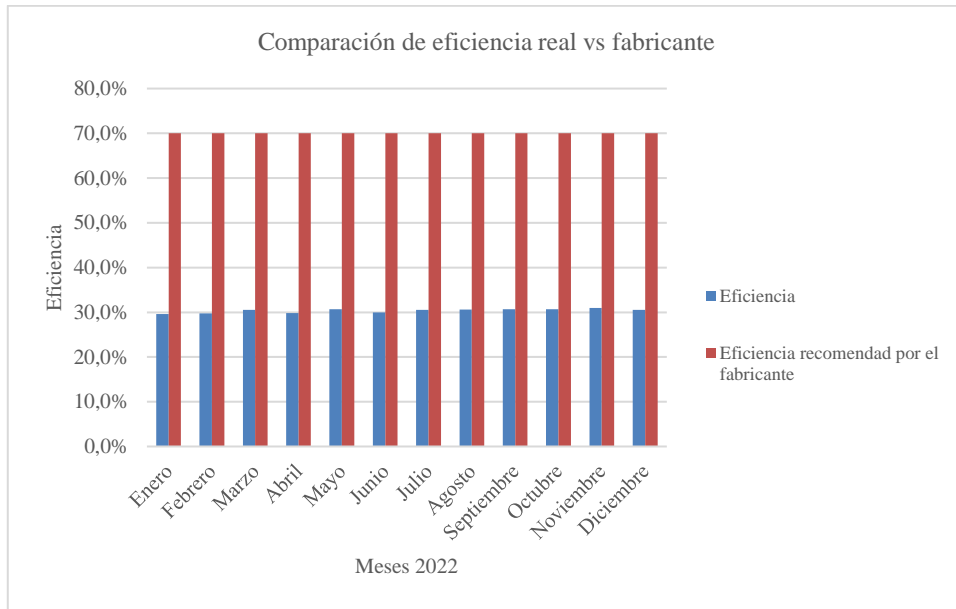
**Tabla 36** Diferencia de eficiencia de operación.

DATOS DE GENERACIÓN POWER OIL ESTACIÓN SANSAHUARI PLANTA 1								
Ítem	TAG	Modelo	Potencia nominal	Potencia efectiva	Eficiencia	Potencia actual	Eficiencia	Diferencia
			P(kW)	P(kW)		P(kW)		
1	MCO-0621	3508	832	582,4	70%	268	32,2%	37,8%
2	MG8001-2	3516	1450	1015	70%	460	31,7%	38,3%
3	MCO-0614	3508	910	637	70%	294	32,3%	37,7%
4	GEN110	3516	1825	1.277,5	70%	507	27,8%	42,2%
Total, potencia (kW)			5017	3.511,9		1529		

DATOS DE GENERACIÓN ESTACIÓN SANSAHUARI Y REINYECCIÓN DE AGUA PLANTA 2								
Ítem	Tag	Modelo	Potencia nominal	Potencia efectiva	Eficiencia	Potencia actual	Eficiencia	Diferencia
			P(kW)	P(kW)		P(kW)		
5	MCO-0612	C27	725	507,5	70%	230	31,7%	38,3%
Total, potencia (kW)			725	507,5		230		

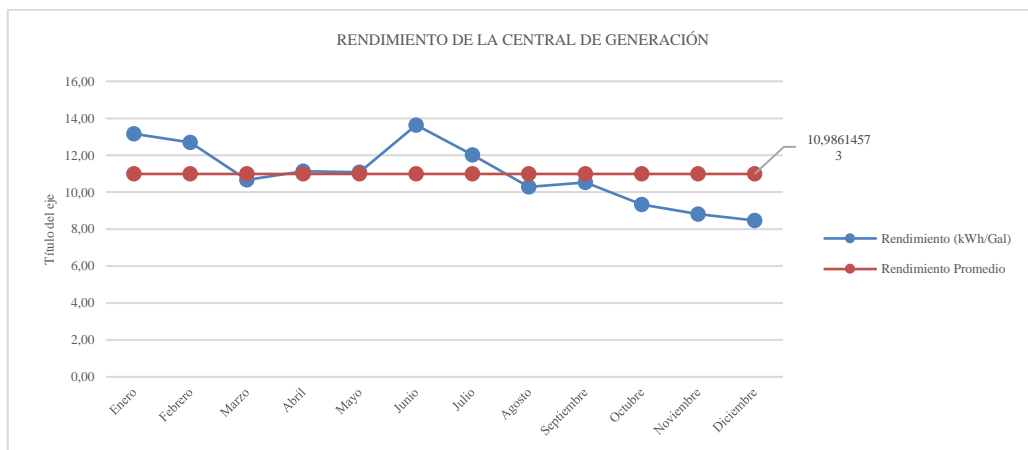
Al realizar el análisis estadístico de operación del año 2022 con las recomendaciones del fabricante del 70%, se ve una diferencia del 46% de la eficiencia de operación, como se puede evidenciar en la figura 47.



**Figura 47** Comparación de eficiencia 2022 vs eficiencia recomendada.

Al observar que las unidades de generación se encuentran por debajo de la operación mínima recomendada por el fabricante, se procede a analizar el rendimiento que tienen las unidades de generación y compararlo con el análisis estadístico que tiene en el año 2022.

El rendimiento de las unidades de generación de acuerdo a datos históricos está en un promedio del 10,9 (kWh/gal), detalle que se puede evidenciar en la figura 48.



**Figura 48** Rendimiento de la generación.

Con el fin de conocer cuál es el rendimiento adecuado que debería tener la central de generación de Sansahuari, se realiza el análisis de la operación de las unidades de generación a su carga de operación mínima recomendado con su consumo de energía mensual y su consumo de combustible mensual, teniendo como rendimiento mínimo recomendado de 15,43 kWh/galón, detalle que se puede evidenciar en la tabla 37.

**Tabla 37** Rendimiento mínimo requerido Central Sansahuari.

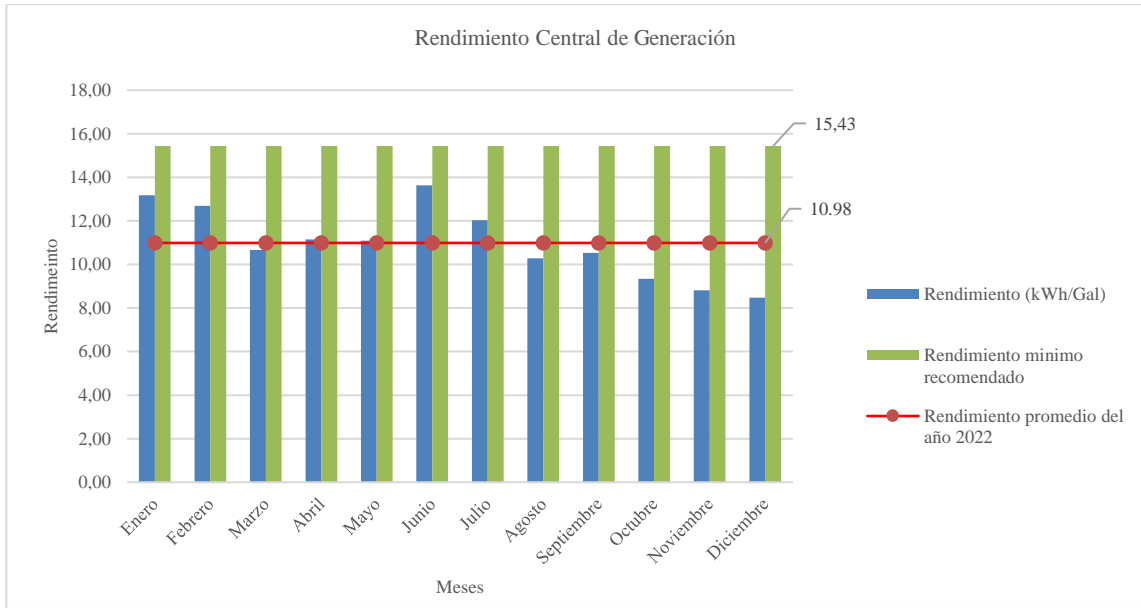
TAG	Modelo	Potencia Nominal (kW)	Potencia Efectiva (kW)	Energía kWh/MES	Consumo Combustible galones/mes	Rendimiento (kWh/galón)
MCO-0621	3508	832,0	582,4	419.328,0	28.914,05	14,50
MG8001-2	3516	1.450,0	1.015,0	730.800,0	46.297,80	15,78
MCO-0614	3508	910,0	637,0	458.640,0	31.017,24	14,79
GEN110	3516	1.825,0	1.277,5	919.800,0	56.409,30	16,31
MCO-0612	C27	725,0	507,5	365.400,0	24.948,90	14,65
TOTAL		5.742,0	4.019,4	2.893.968,0	187.587,29	15,43

En la tabla 38 se detalla la diferencia entre el rendimiento mínimo calculado por unidad de generación y el rendimiento actual de las unidades, teniendo una diferencia promedio de 1,93.

**Tabla 38** Diferencia del Rendimiento.

DATOS DE GENERACIÓN POWER OIL ESTACIÓN SANSAHUARI								
Ítem	TAG	Modelo	Potencia nominal P(kW)	Potencia efectiva P(kW)	Rendimiento mínimo (kWh/galón)	Potencia actual P(kW)	Rendimiento (kWh/galón)	Diferencia
1	MCO-0621	3508	832,0	582,4	14,50	268	12,70	1,80
2	MG8001-2	3516	1.450,0	1.015,0	15,78	460	14,65	1,13
3	MCO-0614	3508	910,0	637,0	14,79	294	13,93	0,86
4	GEN110	3516	1.825,0	1.277,5	16,31	507	14,71	1,60
5	MCO-0612	C27	725,0	507,5	14,65	230	11,50	3,15
Total, potencia (kW)			5.742,0	4.019,4	15,43	1.759,0	13,50	1,93

Al realizar el análisis estadístico del rendimiento del sistema de generación del año 2022 con el rendimiento mínimo requerido, se evidencia en la figura 49 que la variación promedio es de 4,44 que equivale al 28,83% por debajo del rendimiento recomendado.



**Figura 49** Rendimiento central de generación.

La gestión energética establece la medición de parámetros de medida de energía, para nuestro caso de estudio se aplicará las normas y regulaciones que nos permita verificar los límites adecuados de operación de los parámetros medidos, las regulaciones que se empleo es las ARCERNNR-003/2023, ARCERNNR 027/2021, ARCERNNR 001/2023 y las normas internacionales IEEE519, IEC61000-4-15, IEC61000 3-3, IEEE1159, EN50160.

Dentro de las variables medidas se plantea realizar el análisis en un punto de acoplamiento común, donde se tenga la mayoría de cargas asociadas al sistema de generación, en este caso se tiene el transformador elevador de 480V/13.8KV, de acuerdo a la regulación ARCERNNR 003/2023 establece que las medidas se lo deben realizar en el lado de bajo voltaje.

Dentro de la regulación ecuatoriana establece los parámetros que son necesarios para verificar la calidad de energía, entre estos está el nivel de voltaje, perturbaciones de voltaje o flicker, la distorsión armónica de voltaje y el desequilibrio de voltaje existente en el sistema.

Partiendo con esta aclaración, después de realizada la verificación de los parámetros de potencia activa, aparente, reactiva, niveles de corriente entre fases, niveles de voltaje, perturbación rápida de voltaje (Flicker) y la variación de frecuencia, se encuentran dentro de los límites establecidos por las regulaciones y normativas.

De las novedades encontradas en la medición de variables se resumen en la tabla 39:

**Tabla 39** Novedades encontradas en las mediciones.

Descripción	Valor	Observación
Factor de potencia	FP medido:	ARCERNNR-027/2021, ARCERNNR-001/2023, con base a las regulaciones establece que el factor de potencia debe ser mayor a 0,6. Con base a esta regulación, los factores de potencia se encuentran mayores a 0,6, pero el valor del factor de potencia se encuentra en el rango de 0,82; generando más reactivos al sistema de generación.
	Fase A: 0,8242	
	Fase B: 0,8154	
	Fase C: 0,8202	
Distorsión armónica total del voltaje.	Distorsión de armónicos por fase:	Para verificar la condición de armónicos de voltaje nos regimos a la regulación ARCERNNR-003/2023, donde establece que para bajo voltaje (<0,6kV) debe tener una distorsión menores al 5% y en distorsión de armónicos total menor al 8%. Con base a estos criterios de la regulación la distorsión armónica por fases no cumple con el
	Fase 1:	
	Mínimo=9,42	
	Máximo=11,99	
	Fase 2:	
	Mínimo=9,14	
Máximo=11,39		

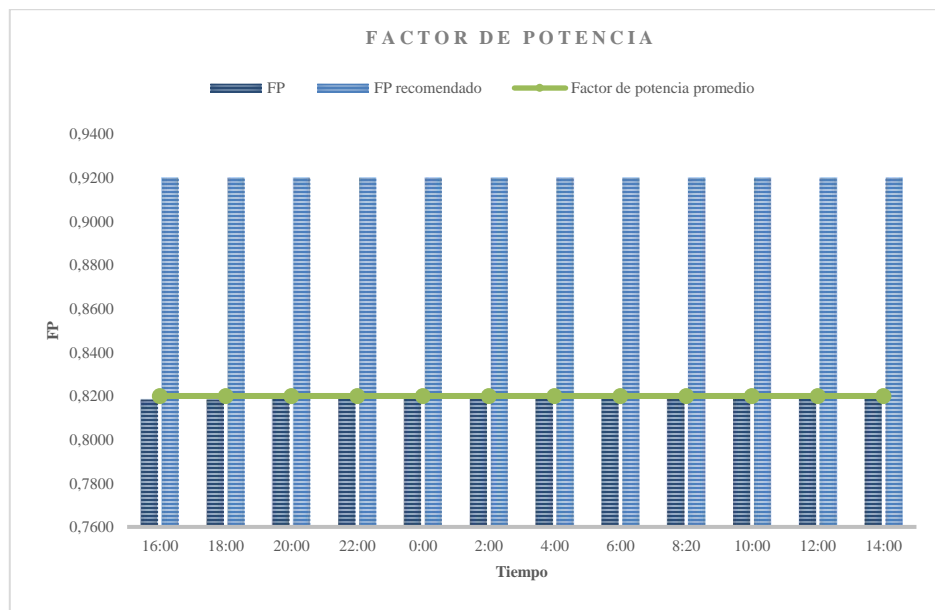


	<p>Fase 3: Mínimo=8,91 Máximo= 11,52 Distorsión armónica total THDV tiene un valor de 10,33</p>	<p>valor máximo del 5%, como tampoco cumple el valor máximo del THDV que es del 8%. De acuerdo a estos indicadores de energía, nos permite conocer el comportamiento de la energía en la Estación Sansahuari y tomar acciones correctivas para mejorar las condiciones eléctricas de la estación.</p>
<p>Distorsión armónica total de la corriente.</p> <p>Distorsión de armónicos por fase:</p> <p>Fase 1: Mínimo=6,19 Máximo=9,15</p> <p>Fase 2: Mínimo=6,14 Máximo=9,06</p> <p>Fase 3: Mínimo=6,22 Máximo= 9,19</p> <p>Distorsión armónica total TDD O THDi tiene un valor de 8,52</p>	<p>Para verificar la condición de armónicos de corriente presentes en el sistema eléctrico de la Estación Sansahuari nos enfocaremos en la norma IEE-519 y la regulación ARCERNNR 003/2023, donde establece límites de distorsión de armónicos individual y límites de distorsión armónicos total TDD.</p> <p>Para determinar el límite se aplica la relación <math>I_{cc}/I_L</math>, donde <math>I_{cc}</math> es la corriente máxima de cortocircuito en el PCC y <math>I_L</math> es la corriente máxima de carga.</p> <p>Con base a estos criterios y tomando como referencia el PCC el transformador de distribución, se tiene como datos que: <math>I_{cc}= 2,88kA</math> y <math>I_L = 1,795KA</math>, teniendo una relación de 1,604.</p> <p>Con la relación <math>I_{cc}/I_L=1,604</math>, se verifica los límites establecidos: <math>I_{cc}/I_L &lt; 20</math> teniendo TDD de 5,0.</p> <p>De acuerdo a estos indicadores de energía, nos permite conocer el comportamiento de la energía en la Estación Sansahuari y tomar acciones correctivas para mejorar las condiciones eléctricas de la estación.</p>	

De acuerdo al factor de potencia promedio que se tiene en el sistema según la medición de los parámetros es de 0,82, se encuentra por encima del factor mínimo de 0,6 pero por debajo del valor de 0,92 que establece los pliegos tarifarios del servicio eléctrico del Ecuador.

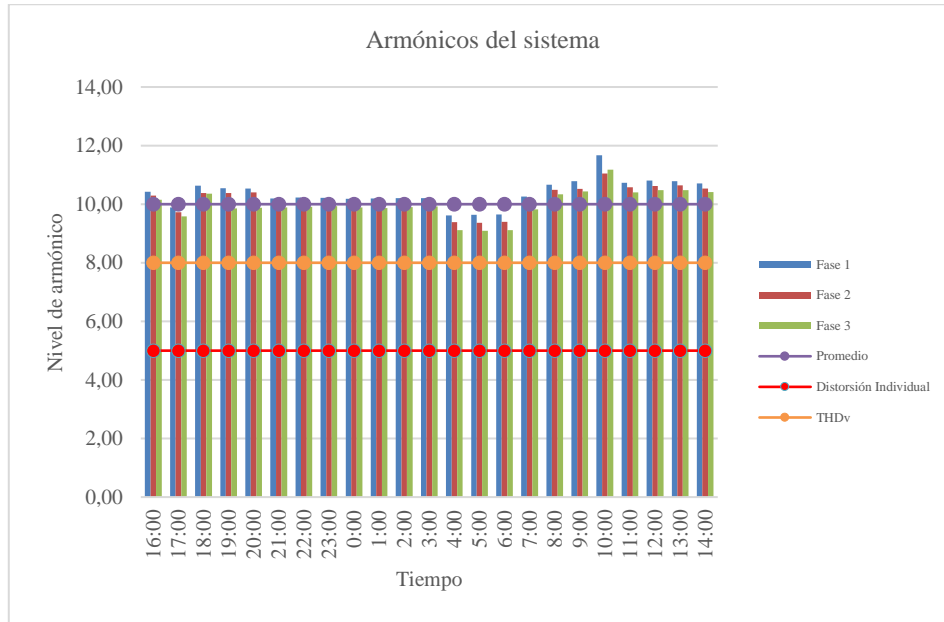
El factor de potencia de acuerdo al estudio realizado en Cuba, establece que se debería mantener un factor de potencia entre el 0,92 al 0,96 con el fin de controlar el aporte de la potencia reactiva que limita la aportación de la potencia activa al sistema, en el estudio realizado añaden un banco de capacitores permitiendo mejorar el factor de potencia 0,77 ha un valor de 0,98, [33].

Partiendo del factor de potencia  $\geq 0,92$ , se realiza el análisis estadístico del año 2022, verificando que durante el año 2022 se llega a un factor de potencia máximo de 0,82 como se puede evidenciar en la figura 50, estando por debajo del valor recomendado.



**Figura 50** Tendencia del factor de potencia.

Para el análisis de la distorsión armónica total del voltaje se analiza las variables medidas, encontrando que el 100% de las mismas se encuentran por encima del límite THDv permitidos por la regulación RACERNN-003/2023, como se evidencia en la figura 51.



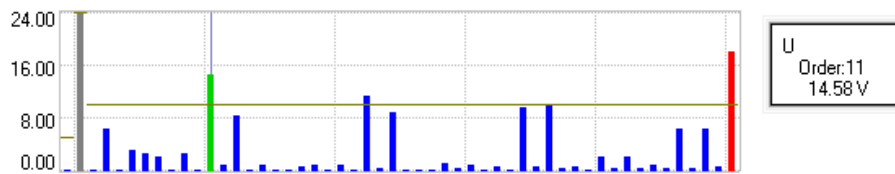
**Figura 51** Medición de armónicos en el sistema.

Dentro del análisis de los armónicos se realiza la verificación del tipo de orden de armónico que se encuentra en el sistema detallados en la tabla 40, donde se puede evidenciar que los armónicos de orden 11, tiene un factor de distorsión armónica individual mayor al recomendado por la regulación ARCERNNR 003/2023 y a la norma IEEE519.

**Tabla 40** Armónicos individuales.

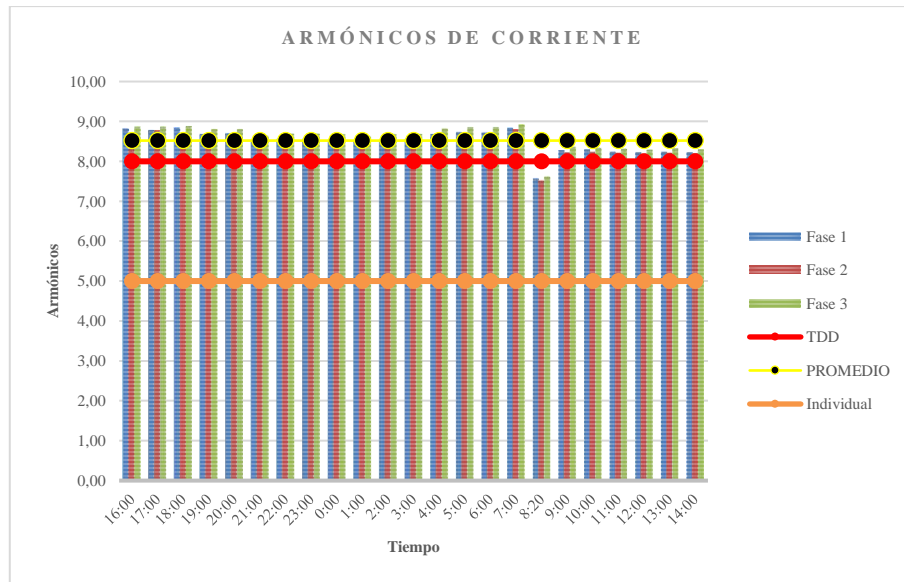
Fundamental:	275,8	v
# Armónico	voltaje	
3	5,58	2,02%
5	3,2	1,16%
7	2,29	0,83%
9	2,42	0,88%

11	14,75	5,35%
13	8,52	3,09%
15	0,71	0,26%
17	0,33	0,12%
19	0,55	0,20%
21	0,92	0,33%
23	11,21	4,06%
25	8,88	3,22%
35	9,33	3,38%



**Figura 52** Valor del armónico de voltaje

Para el análisis de la distorsión armónica total del corriente se analiza las variables medidas, encontrando que el 100% de las mismas se encuentran por encima del límite THDv permitidos por la regulación RACERNN-003/2023, como se evidencia en la figura 53.

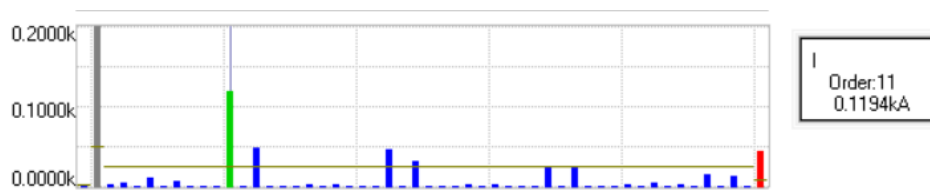


**Figura 53** Armónicos de Corriente.

Dentro del análisis de los armónicos se realiza la verificación del tipo de orden de armónico individual que se encuentra en el sistema, detallados en la tabla 41, donde se puede evidenciar que los armónicos de orden 11 tiene un factor de distorsión armónica mayor al recomendado por la regulación ARCERNNR 003/2023.

**Tabla 41** Armónicos de corriente individual.

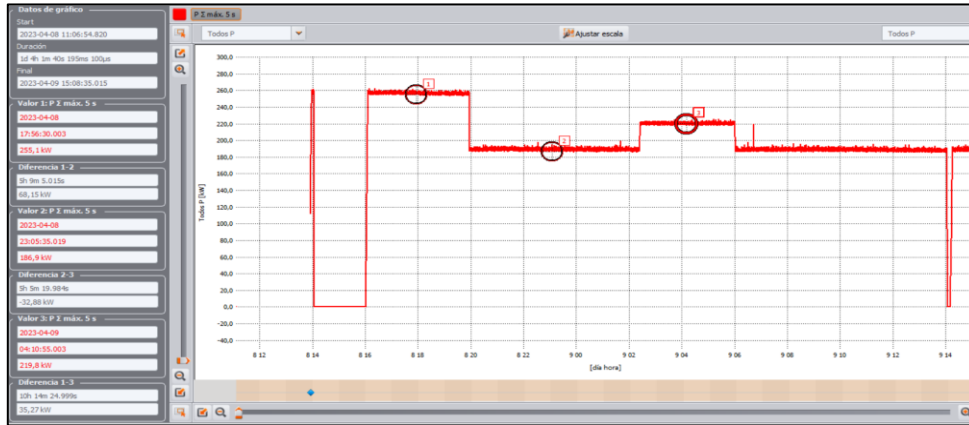
Fundamental	1712	A
corriente		
3	5,3	0,3%
5	11,4	0,7%
7	6,6	0,4%
9	1,9	0,1%
11	119,4	7,0%
13	49	2,9%
15	10	0,6%
17	35	2,0%
19	3	0,2%
21	0,8	0,0%
23	46,1	2,7%
25	33	1,9%
35	26	1,5%



**Figura 54** Valor del armónico de corriente.

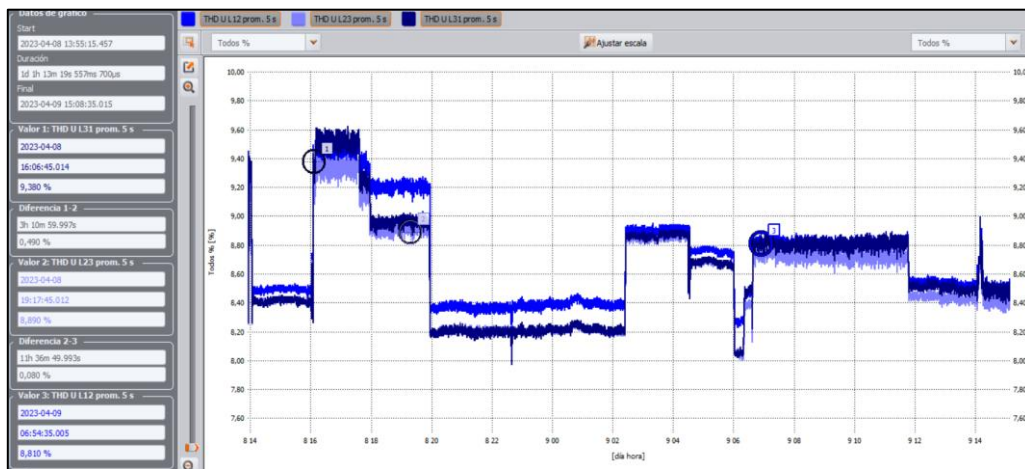
Se realiza una breve revisión de la calidad de energía del sistema de reinyección de agua, ubicando el analizados antes de la entrada de los variadores de frecuencia.

De la inspección realizada en el sistema de reinyección de agua de la boba HPS#3 de acuerdo a la figura 55, se encuentra que la variación de la potencia durante el arranque de la unidad es progresiva, se identifica que la operación normal de la unidad es con la baja y subida de frecuencia, para controlar los niveles de agua en el sistema de reinyección.



**Figura 55** Medición de la calidad de energía en el sistema de reinyección de agua.

Como verificación de las variables se analiza los armónicos existentes en este sistema figura 56, evidenciando que existe un THDv promedio de 9,03, que de acuerdo a la regulación del ARCERNNR se encuentra por encima de los límites admitidos de THDv.



**Figura 56** Armónicos en la operación de la bomba HPS.

Una de las causas de la presencia de los armónicos según estudios realizados es por la presencia de cargas no lineales al sistema eléctrico, este efecto es causado por variadores de velocidad, computadores, UPS, variadores de velocidad, los efectos que se pueden presentar es el sobrecalentamiento de los transformadores, apertura de interruptores, sobre dimensionamiento de los equipos de generación, presencia de corriente elevada en el neutro, para mitigar la presencia de armónicos lo que recomiendan es la instalación de filtros de armónicos, alimentación independiente de fuentes no lineales y lineales, transformadores con conexión especial, [34].

Con base a las variables de energía y los resultados se propone las siguientes estrategias:

**Tabla 42** Estrategias para la optimización energética.

Propuestas de estrategias para la optimización energética	
Estrategia	Propósito
Implementar un diagrama unifilar completo del sistema eléctrico de la estación Sansahuari	Nos permitirá conocer en detalle los equipos que se encuentran alimentados desde la central de generación, determinar las potencias y poder intervenir en las mejoras del sistema eléctrico de la estación.
Implementación de indicadores energéticos de la central de generación.	Establecer la línea base de la energía producida con relación a la producción, permitiendo conocer el comportamiento durante el tiempo de operación.  Los indicadores energéticos, nos permitirá saber si las unidades de generación se encuentran dentro de parámetros de operación, conocer los límites eficiencia, rendimiento de los equipos.
Medición de energía	La medición de energía nos permitirá conocer las variables energéticas de intensidad de corriente,

	tensión, potencia, factor de potencia, armónicos del sistema. Y los problemas que se pueden encontrar en el sistema eléctrico.
Implementación de transformador desfasador en el sistema de reinyección de agua	Disminuir los armónicos que tiene los variadores de frecuencia que genera en la distorsión de la frecuencia de onda de corriente y voltaje.
Mejorar el factor de potencia con la implementación de un banco de capacitores	Permitirá al sistema mejorar el factor de potencia disminuyendo la aportación de reactivos y permitiendo disminuir el consumo de energía.
Implementación de filtros de armónicos	Mejorar la potencia reactiva permitiendo mejorar el factor de potencia, dicho equipo se instala en el punto común de acoplamiento.
Centralización de la carga	Disminuir los equipos de generación y permitiendo que la central de generación tenga mayor eficiencia.
Cambio de transformadores de mayor K	Permitirá mejorar la curva de corriente sinusoidal que está generado por los variadores de velocidad.

Las estrategias planteadas tienen como enfoque mejorar la calidad de energía que ingresa a la central de generación, actualmente se evidencia la presencia de armónicos en voltaje y en corriente, generados por los variadores de frecuencia de los sistemas de reinyección de agua y los sistemas de power oil de la estación Sansahuari, los beneficios que se tendrá con la implementación de las estrategias son:

- Conocer en detalle las cargas que tiene involucrado en el sistema eléctrico de la estación Sansahuari, permitiendo tener claro el punto de medición común de las variables eléctricas.
- Disminuir las unidades de generación que actualmente operan, mejorando la calidad de energía que ingresa al sistema de generación, mediante la



implementación de transformadores desfasadores que permita disminuir los armónicos generados por el variador de velocidad de las bombas HPS.

- Al reducir las unidades de generación que operan en la central de generación, permite a la empresa aportar en la disminución de los gases de efecto invernadero generado por la combustión de las unidades de generación, mejorar la eficiencia de las unidades de generación, mejorar el rendimiento de los grupos electrógenos, disminuir el consumo de combustible y ahorrar en la ejecución de los mantenimientos.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

#### 5.1.Conclusiones

Se determina que la potencia requerida para la Estación Sansahuari es de 1759kW, distribuida en dos sistemas de generación, para mantener una producción promedio de 2680BPPD, el primer sistema de generación está conformado por 4 unidades Caterpillar compartiendo carga en modo de operación isocrono, sistema que aporta a los sistemas de Power Oil, reinyección de agua y sistemas auxiliares, una potencia aproximada de 1529 kW y el segundo sistema de generación aislada al primer sistema con un generador Caterpillar que aporta al sistema de reinyección de agua y sistemas auxiliares de la estación de producción, una potencia aproximada de 230kW.

Al realizar el análisis de la eficiencia energética de la estación Sansahuari, se identifica que en el año 2022 se tiene una eficiencia promedio del 30,4% menor a la eficiencia mínima recomendada por el fabricante de las unidades Caterpillar del 70%, la diferencia de que la eficiencia sea muy baja de las unidades de generación, es por la operación del primer sistema de generación que operan con 4 unidades de una potencia efectiva de 3.511,9kW y el segundo sistema de generación con una unidad de potencia efectiva de 507,5kW, la baja eficiencia de las unidades de generación se debe a los problemas que presenta el sistema eléctrico por la presencia de armónicos existentes, dichos problemas no permiten disminuir las unidades de generación que se encuentran operando, ya que al retirar una de las cuatro unidades la afectación de armónicos ocasiona que varié la frecuencia y el voltaje del sistema, los sistemas de generación no son centralizados por los problemas de armónicos presentes en la planta 1, al centralizar las cargas en un solo punto, afecta a los sistemas de control que ocasiona la apertura de los breaker que alimenta a los sistemas auxiliares de la estación.

El rendimiento del sistema de generación se encuentra en un valor promedio de 10,9kWh/gal, que al plantear la línea base de acuerdo a la operación mínima recomendada por el fabricante de las unidades de generación, el valor promedio está en un valor aproximado de 15,43 kWh/gal, identificando que el rendimiento de las unidades de generación se encuentran por debajo del límite calculado en un 29%, que no se ve favorable para los intereses de cualquier empresa, ya que refleja un mayor consumo de combustible para generar 1kWh.

Para una adecuada gestión energética se plantea los indicadores del índice energético de kWh/unidades de producción, indicador que permitirá conocer cuántos kWh necesito para producir un barril de petróleo de la Estación Sansahuari, dentro de este indicador se plantea la línea base necesaria para llevar el control de la producción y la energía.

Con base a los históricos de eficiencia y rendimiento de las unidades de generación del año 2022, se plantean líneas base para la implementación de indicadores de eficiencia y rendimiento de las unidades de generación con base a los límites mínimos de operación recomendados por el fabricante.

Del análisis de energía realizado en la Estación Sansahuari en el punto de acoplamiento común en el transformador de distribución en el lado de bajo voltaje, se determina que los parámetros de potencia, no se encuentran desbalanceadas, con lo que respecta a niveles de voltaje, corriente, perturbaciones rápidas de voltaje (flicker) y variaciones de frecuencia se encuentren dentro de los límites establecidos por la ARCERNNR. El factor de potencia tiene un valor mayor al 0.6 que la regulación sanciona, pero por debajo del 0,92 que el sistema tarifario del sistema eléctrico del Ecuador recomienda. Las variables que se encuentran fuera de los límites recomendadas por las regulaciones y normas extranjeras es la distorsión de armónicos total de voltaje y de corriente.

Dentro de las regulaciones el ARCERNNR y la IEEE519 recomienda que los límites de distorsión armónica para bajo voltaje ( $\leq 0,6\text{kV}$ ) individual sea menor al 5% y menor al 8% en armónicos totales THDv y para la distorsión armónica para corriente para nuestro estudio de acuerdo a la relación  $I_{cc}/I_L = 1,604$ , establece un valor de TDD=5,0 y en armónicos individual de 4. De acuerdo a estos lineamientos las mediciones realizadas se tiene un THDv=10,33 y armónico 11 con un valor de 5,35 superior al recomendado por la norma; con relación al TDD se tiene un valor de 8,52 que se encuentra por encima del valor recomendado y de armónico individual de orden 11 se encuentra con un valor de 7 estando por encima del recomendado de norma, concluyendo que el sistema tiene armónicos que están afectando al sistema de generación.

Para la Gestión Energética de la Estación Sansahuari se implementó el Sistema de Gestión de Tecnología de Gestión Total donde se enfoca en la recopilación de la información y la verificación de la condición energética de la Estación Sansahuari, dicho sistema está encaminado en la mejora continua y como empresa EP Petroecuador orientarse a cumplir con los requerimientos necesarios para una certificación ISO5001.

## **5.2.Recomendaciones**

Se recomienda la implementación de filtros de armónicos, o transformadores desfasadores antes de los variadores de frecuencia para mejorar las condiciones de operación de las unidades de generación, mejorando la eficiencia de las unidades de generación y operar con menor cantidades de generadores, cumpliendo de igual manera el requerimiento de energía de la Estación Sansahuari.

Centralizar las cargas de las dos plantas de generación para disminuir los gases contaminantes que producen los motores de combustión interna, con esta centralización se puede disminuir los consumos de materiales para los mantenimientos de las unidades de generación, como la disminución del consumo de combustible.

Se recomienda realizar una verificación de la calidad de energía por sistema permitiendo conocer que sistema genera la mayor cantidad de armónicos como la verificación del sistema puesta a tierra de cada sistema.

### **5.3. Abreviaturas y Siglas Empleadas**

**ONU** Organización de las Naciones Unidas

**CMNUCC** Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático

**ISO** Organización Internacional de Normalización

**TGEE** Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía

**CUP** Peso Cubano

**MTEP** Megatoneladas Equivalentes de Petróleo

**OLADE** Organización Latinoamericana de Energía

**PHVA** Planificar, Hacer, Verificar y Actuar

**LEAP** Planificación Alternativa de Energía de Largo Plazo

**WCM** Manufactura de Clase Mundial

**MCEE** Mantenimiento Centrado en Eficiencia Energética

## 5.4. Bibliografía

- [1] M. Honorato, Evaluación de la Eficiencia Energética de un Sistema de Generación Eléctrica que usa como Fuente de Energía la Biomasa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2022, p. 63.
- [2] N. V. Blanco, «Modelo de Gestión de la Energía Eléctrica con Base en Indicadores (MGEI), para Empresas Generadoras con Sistemas de Cogeneración en Nicaragua,» *Scielo*, vol. 31, nº 3, p. 11, Septiembre 2018.
- [3] E. Matías, Gestión de Eficacia Energética en el Sector Industrial, Rosario: Universidad Nacional de Rosario, 2019, p. 126.
- [4] EP Petroecuador, «Reporte de Carga del Activo Cuyabeno,» EP PETROECUADOR, Cuyabeno, 2022.
- [5] M. Berenguer, Y. Rodríguez, N. Hernández, M. Morales y J. Estrada, «Las Funciones de la Economía Política como Guía en el Análisis de la Gestión Energética,» *SCIELO*, vol. 162, p. 6, 2019.
- [6] R. U. Romero, Desarrollo de una Metodología Innovadora que Agiliza la Implementación del Sistema de Gestión Energética ISO50001, México: Universidad Autónoma de Baja California, 2018.
- [7] Agencia Internacional de Energía, «IEA,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/electricity>.
- [8] R. Castrillón, Herramientas de Gestión Energética para el Desarrollo Sostenible en Edificios Aplicado a un Campus Universitario en Colombia, Colombia: Universidad de Valladolid, 2021.
- [9] P. Guerra, Herramientas para el Sistema de Gestión Energética en la Empresa Central de Equipos UEB Cubiza, Matanzas Cuba: Universidad de Matanzas, 2020.
- [10] S. Botero, «Desarrollo de un Sistema de Gestión Energética en la Clínica Portoazul,» *LADDE*, vol. 2, nº 1, p. 11, 2021.
- [11] M. Perellada y M. Albelo, «Análisis de la Gestión Energética en la Empresa Elementos de Riego para la Agricultura,» *Ingeniería Agrícola*, vol. 10, nº 2, p. 7, Abril-Junio 2020.

- [12] J. Benavides, D. Jara, D. Bustan y A. Santiesteban, «Gestión Energética en un Taller con Elementos de la Norma ISO: 50001,» *Ciencias Holguín*, vol. 26, nº 2, p. 7, 2020.
- [13] V. Ruis, Auditoría Energética: Herramienta para la Mejora del Desempeño Energético, Chile: Universidad de Desarrollo, 2020.
- [14] J. Uribe, L. Avila y E. Chacón, «Sistema de gestión de energía bajo el paradigma de Industria 4.0,» *Ingenio*, p. 8, 2020.
- [15] J. Guerrero, «Estudio para la Implementación de la Estrategia de Control Operacional bajo la Norma NTC – ISO 50001 para el Mejoramiento de la Eficiencia Energética en una Planta de Inyección de Agua Perteneciente al Proceso de Recobro Secundario en el Magdalena,» de *Estudio para la Implementación de la Estrategia de Control Operacional bajo la Norma NTC – ISO 50001 para el Mejoramiento de la Eficiencia Energética en una Planta de Inyección de Agua Perteneciente al Proceso de Recobro Secundario en el Magdalena*, Colombia, Universidad Autonoma de Bucaramanga, 2022, p. 185.
- [16] M. Arévalo, «Implementación de la Metodología WCM en la empresa Fiberglass-Isover como herramienta de mejora continua de eficiencia energética, y su beneficio ambiental asociado.,» de *Implementación de la Metodología WCM en la empresa Fiberglass-Isover como herramienta de mejora continua de eficiencia energética, y su beneficio ambiental asociado.*, Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 2018, p. 78.
- [17] M. Sánchez, «Eficiencia Energética en Refinerías de Petróleo,» 18 Diciembre 2018. [En línea]. Available:  
<https://enerlac.olade.org/index.php/ENERLAC/article/download/49/92?inline=1>.
- [18] F. Iraola, Los impactos de la Eficiencia Energética en Petróleo y Gas Argentino S.A, Argentina: Universidad Empresarial Siglo 21, 2021.
- [19] E. García, «Metodología para la implementación de un sistema de Mantenimiento Centrado en la Eficiencia Energética (MCEE) en las Organizaciones Industriales a Través de una Herramienta Informática,» *Espacios*, p. 12, 2019.
- [20] J. Espinoza, «Estándares de Sustentabilidad,» *SCIELO*, p. 19, 2019.
- [21] OLADE, «Panorama Energético de América Latina y el Caribe,» *Organización Latinoamericana de Energía*, p. 414, 2021.

- [22] L. Patajalo, *Análisis de Necesidad para la Implementación de un Sistema de Gestión Energética*, Quito: Universidad Internacional SEK, 2020.
- [23] L. Mantilla, «Gestión energética motores eléctricos,» *Academia*, p. 9, 2018.
- [24] V. Gómez y R. Rodríguez, «Ecuador de Cara a la Sustentabilidad en el siglo XXI: Ley de Eficiencia Energética,» *Identidad bolivariana (ib)*, vol. 3, nº 1, p. 7, Enero-Julio 2019.
- [25] J. Silva, A. Piñeres, J. Cabello y W. Herrera, «Evaluación de Barreras e Impulsores de la Eficiencia Energética,» *Corporación Universidad de la Costa*, p. 8, 2020.
- [26] E. Muñoz, «Eficiencia Energética en Función del Desarrollo del Plan Maestro de Electrificación,» *Revista RIEMAT*, p. 12, 2018.
- [27] EP Petroecuador, «Datos mensuales de la Estación Sansahuari,» 2022.
- [28] EP Petroecuador, *Diagrama Unifilar Estación Sansahuari, Sansahuari*, 2021.
- [29] ALS Ecuador ALSECU S:A, «Monitoreo Ambiental de Fuentes Fijas de Combustión EP Petroecuador,» *Bloque 58*, 2023.
- [30] Maquina de negocios internacionales, «IBM,» IBM Corporation, 3 enero 2023. [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/docs/es/cognos-analytics/11.2.0?topic=terms-r2>. [Último acceso: 5 mayo 2023].
- [31] EP Petroecuador, «Datos de consumo de combustible».
- [32] I. Roy, R. Rivas, M. Perez y L. Palacios, «Correlación: no toda correlación implica causalidad,» *SCIELO*, vol. 66, nº 3, p. 9, 2020.
- [33] Y. Landera, L. Fernández y L. Diaz, «Análisis de la Potencia Reactiva en el Sistema Aislado Cayo Snata Maria,» *ALTAE*, p. 12, 2017.
- [34] C. Barrera y A. Valenzuela, «Métodos de Simulación de Armónicos en Sistemas Eléctricos de Potencia,» *ITECKNE*, p. 10, 2020.
- [35] O. Rubio, *Elaboración de una Metodología de Gestión Energética*, Quito: Universidad Internacional SEK, 2022.
- [36] L. Abad y D. Aguaiza, «Análisis de Escenarios de Eficiencia Energética en el Sector Residencial del Cantón Cuenca Utilizando el Modelo LEAP,» de *Análisis de Escenarios*



*de Eficiencia Energética en el Sector Residencial del Cantón Cuenca Utilizando el Modelo LEAP*, Cuenca, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2019, p. 144.

## **5.5.Anexos.**

### **Anexo 1.- Diagrama unifilar actual estación Sansahuari.**

**Anexo 2. Diagrama Unifilar de la estación Sansahuari.**

### Anexo 3. Levantamiento de información campo.

#### Generador n° 1 mco-0621

MARCA	Modelo	SERIE	CAF	POTENCIA	INTENSIDAD. BREAKER	VOLTAJE	Estado
CATERPILLAR	3508 GD	1FZ03945 / ZDA00322	CAF0017672	832 KW.	1600 A	480V	OPERATIVO



#### Generador n° 2 GEN-110

MARCA	Modelo	SERIE	CAF	POTENCIA	INTENSIDAD. BREAKER	VOLTAJE	Estado
CATERPILLAR	3516	-	-	1640 KW.	2500 A	480V	OPERATIVO



**Generador n° 3 MG8001-2**

MARCA	Modelo	SERIE	CAF	POTENCIA	INTENSIDAD. BREAKER	VOLTAJE	Estado
CATERPILLAR	3516	GZR00136	CAF0142164	1450 KW.	2500 A	480V	OPERATIVO



**Generador n° 4 MCO-0614**

MARCA	Modelo	SERIE	CAF	POTENCIA	INTENSIDAD. BREAKER	VOLTAJE	Estado
		1FZ03949					
CATERPILLAR	3508	/	CAF0017362	920 KW.	1600 A	480V	OPERATIVO
		ZAD00335					



## Generador n° 1 MCO-0593

MARCA	Modelo	SERIE	CAF	POTENCIA	INTENSIDAD. BREAKER	VOLTAJE	Estado
		1EZ09567					
CATERPILLAR	3412	/	CAF0015184	635 KW.	1000 A	480V	OPERATIVO
		DJN01366					

