

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA  
BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN  
ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”**

Realizado por:

**RENÉ FERNANDO SÁNCHEZ SÁNCHEZ**

Director del proyecto:

**Dr. Jesús López Villada**

Como requisito para la obtención del título de:

**MAGISTER EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL MENCIÓN EN  
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

Quito, 16 de marzo de 2022

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**DECLARACIÓN JURAMENTADA:**

Yo, RENÉ FERNANDO SÁNCHEZ SÁNCHEZ, con cédula de identidad # 180359871-1, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

FIRMA

180359871-1

**“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”**

**DECLARATORIA**

El presente Trabajo de investigación titulado:

**“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA  
BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA  
DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”**

Realizado por:

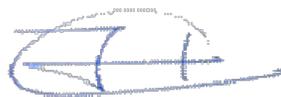
**RENÉ FERNANDO SÁNCHEZ SÁNCHEZ**

Como Requisito para la Obtención del Título de:

**MAGISTER EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL MENCIÓN EN EFICIENCIA  
ENERGÉTICA**

ha sido dirigido por el profesor

**JESÚS LÓPEZ**



“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN  
LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA  
BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**LOS PROFESORES INFORMANTES**

Los profesores Informantes:

**Msg. Patricia Otero**

**Msg. Marysol Materán**

Después de revisar el trabajo presentado,

Lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador.

FIRMA

FIRMA

Quito, 14 de marzo de 2022

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN  
LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA  
BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**DEDICATORIA**

*A Dios*

Por darme la oportunidad de  
concluir mi carrera, por  
darme vida, salud, sabiduría  
a lo largo de esta etapa.

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN  
LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA  
BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**AGRADECIMIENTO**

Mi gratitud eterna al padre celestial por permitir que cumpla esta meta en mi vida, compartiendo experiencias, oportunidades y aprendizajes que me han ayudado a cumplir todos mis objetivos

Para someterse a:

To be submitted:

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**ÍNDICE GENERAL**

<b>Contenido</b>	<b>Pág</b>
DECLARACIÓN JURAMENTADA: .....	2
DECLARATORIA .....	3
ÍNDICE GENERAL .....	7
ÍNDICE DE TABLAS .....	10
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	11
Resumen .....	12
Introducción.....	14
Objetivo General.....	15
Objetivos Específicos .....	15
Eficiencia Energética .....	16
Sistema De Gestión De La Energía (SGEN) .....	17
Recursos necesarios para la implementación de un SGEN .....	17
Beneficios de implementar un sistema de eficiencia energética.....	18
ISO 50001 .....	18
Materiales y Métodos .....	20
Área de estudio .....	20
Sistema de generación eléctrica.....	21
Metodología.....	22
Descripción del sistema de generación eléctrica y modos de operación .....	24
Características técnicas de las unidades del sistema de generación eléctrica a Gas.....	24
Características técnicas de las unidades del sistema de generación eléctrica a diésel .....	25
Características técnicas de las unidades del sistema de generación eléctrica a Crudo - Diésel .....	26
Modos de operación del sistema de generación eléctrica .....	27
Resultados y discusiones .....	28
Compromiso de la alta gerencia.....	28
Política energética.....	29
Introducción.....	29

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

Objetivo .....	30
Ámbito de aplicación.....	30
Compromisos de la política energética.....	30
Alcances y límites.....	32
Planificación energética.....	37
Requisitos y regulaciones .....	37
Análisis Energético.....	38
Demanda de electricidad del campo Sacha (autónoma y SEIP).....	38
Generación eléctrica según modo de operación.....	39
Generación eléctrica según tipo de combustible.....	41
Sistema de generación de energía eléctrica por Gas.....	43
Sistema de generación de energía eléctrica por Diésel.....	44
Sistema de generación de energía por crudo – diésel.....	46
Línea Base .....	47
Rendimiento Sistema de Generación Eléctrico a Diésel.....	48
Rendimiento Sistema de Generación Eléctrico a Gas.....	49
Rendimiento Sistema de Generación Eléctrico a Crudo.....	51
Demanda Energética del bloque 60 y producción de petróleo (2019).....	52
Diagrama Índice de consumo-producción.....	55
Propuestas de mejora.....	57
Aprovechamiento del gas quemado en el campo Sacha bloque 60.....	57
Medición de Gas.....	58
Proyección de producción de gas asociado y quema de gas.....	60
Implementación de un Sistema de Generación eléctrica a gas.....	61
Implementación y operación del SGen.....	67
Asignación de Responsabilidades.....	67
Política de comunicación interna.....	69
Documentación y control de Registros:.....	69
Planificación de actividades de mantenimiento.....	69
Verificación .....	70
Seguimiento, medición y análisis.....	70

**“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN  
LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA  
BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”**

Definición de las medidas correctivas y preventivas .....	70
Auditorías Internas.....	71
Revisión de la Alta Dirección.....	71
Conclusiones .....	72
Recomendaciones .....	74
Bibliografía.....	75
ANEXOS .....	77

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> .....	19
<b>Tabla 2</b> .....	24
<b>Tabla 3</b> .....	25
<b>Tabla 4</b> .....	26
<b>Tabla 5</b> .....	40
<b>Tabla 6</b> .....	40
<b>Tabla 7</b> .....	42
<b>Tabla 8</b> .....	42
<b>Tabla 9</b> .....	44
<b>Tabla 10</b> .....	45
<b>Tabla 11</b> .....	46
<b>Tabla 12</b> .....	48
<b>Tabla 13</b> .....	49
<b>Tabla 14</b> .....	50
<b>Tabla 15</b> .....	51
<b>Tabla 16</b> .....	53
<b>Tabla 17</b> .....	56
<b>Tabla 18</b> .....	56
<b>Tabla 19</b> .....	57
<b>Tabla 20</b> .....	58
<b>Tabla 21</b> .....	59
<b>Tabla 22</b> .....	60
<b>Tabla 23</b> .....	61
<b>Tabla 24</b> .....	62
<b>Tabla 25</b> .....	63
<b>Tabla 26</b> .....	64
<b>Tabla 27</b> .....	66
<b>Tabla 28</b> .....	66
<b>Tabla 29</b> .....	67

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**ÍNDICE DE GRÁFICOS**

<b>Figura 1</b> .....	21
<b>Figura 2</b> .....	22
<b>Figura 3</b> .....	34
<b>Figura 4</b> .....	35
<b>Figura 5</b> .....	36
<b>Figura 6</b> .....	36
<b>Figura 7</b> .....	36
<b>Figura 8</b> .....	38
<b>Figura 9</b> .....	40
<b>Figura 10</b> .....	41
<b>Figura 11</b> .....	42
<b>Figura 12</b> .....	43
<b>Figura 13</b> .....	44
<b>Figura 14</b> .....	45
<b>Figura 15</b> .....	46
<b>Figura 16</b> .....	53
<b>Figura 17</b> .....	54
<b>Figura 18</b> .....	55
<b>Figura 19</b> .....	55
<b>Figura 16</b> .....	58
<b>Figura 21</b> .....	59
<b>Figura 22</b> .....	65
<b>Figura 23</b> .....	67

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

## Resumen

La energía eléctrica es un pilar fundamental para el desarrollo social y económico del país. El sector petrolero es uno de los principales consumidores de energía, adicionalmente, se han desarrollado varios proyectos de generación eléctrica para abastecer su demanda energética. El objetivo del presente trabajo es elaborar una metodología de gestión energética, basado en la ISO 50001, en el proceso de generación eléctrica del campo Sacha. Para el estudio se recopiló los datos del bloque 60 como son: demanda energética, producción de petróleo, generación eléctrica, consumo de combustibles para la generación eléctrica, del todo el año 2019.

La demanda energética del bloque 60 es de 21000 MWh, El sistema de generación eléctrica del bloque está distribuido con un 41% proveniente del crudo, 39% del gas y el 20 % del diésel. En lo referente a los modos de operación, el predominante es el modo base (potencia predeterminada) con un 88%. De acuerdo al análisis realizado se tiene un indicador de 10 kWh/bbl extraído de petróleo. En las mediciones de gas realizadas se tiene un volumen de gas de 4593 MSCFD, del cual se podría obtener una potencia de 17 MW. Para poder instalar el sistema de generación a gas se requiere un presupuesto de \$ 45,550,000.00. Al instalar el sistema de generación a gas se desplazaría 11.750.400,00 galones de diésel por año. En lo que corresponde a la implementación y operación se tiene asignado las responsabilidades correspondientes, con un sistema de comunicación interna establecido, y con el compromiso de la alta gerencia para la revisión periódica del sistema de gestión energético.

**Palabras clave:** Generación eléctrica, eficiencia energética, ISO 50001, correlación, modos de operación.

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

## **Abstract**

Electric power is a fundamental pillar for the social and economic development of the country. The oil sector is one of the main consumers of energy, additionally, several electricity generation projects have been developed to supply its energy demand. The objective of this work is to develop an energy management methodology, based on ISO 50001, in the electricity generation process of the Sacha field. For the study, the data of block 60 was collected, such as: energy demand, oil production, electricity generation, fuel consumption for electricity generation, for the entire year 2019.

The energy demand of block 60 is 21,000 MWh. The block's electricity generation system is distributed with 41% coming from crude oil, 39% from gas and 20% from diesel. Regarding the operating modes, the predominant one is the base mode (default power) with 88%. According to the analysis carried out, there is an indicator of 10 kWh/bbl extracted from oil. In the gas measurements carried out, there is a volume of gas of 4593 MSCFD, from which a power of 17 MW could be obtained. In order to install the gas degeneration system, a budget of \$45,550,000.00 is required. When installing the gas generation system, 11,750,400.00 gallons of diesel per year would be displaced. In what corresponds to the implementation and operation, the corresponding responsibilities have been assigned, with an established internal communication system, and with the commitment of senior management for the periodic review of the energy management system.

**Keywords:** electricity generation, energy efficiency, iso 50001, operation, modes of operation.

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

## **Introducción**

La demanda de electricidad es un factor importante en la extracción de hidrocarburos, por lo que es de suma importancia implementar sistemas y procedimientos que aseguren el uso más eficiente posible del sistema. Es decir, tenemos que considerar los impactos ambientales resultantes de la implementación de nuevas plantas de generación de energía, así como transmisión y distribución de esa energía. En las diferentes industrias el uso ineficiente de la energía a dado pie al desarrollo de sistemas de gestión de la energía, los cuales, consisten en analizar el consumo en los diferentes procesos productivos, para proponer soluciones mediante buenas prácticas o procedimientos para disminuir el consumo energético y siempre manteniendo o incrementado los niveles de producción (Monsálvez, 2017).

Para el desarrollo del presente estudio es importante buscar formas de generar electricidad más eficiente. El contexto de la eficiencia energética, surgió en el año 2011 promovido por la Organización Internacional de Normalización (ISO), la norma técnica ISO 50001 busca establecer sistemas y procesos necesarios para mejorar continuamente el rendimiento energético, incluida la eficiencia energía, uso de energía y consumo de energía.

Acorde a lo mencionado anteriormente, se puede definir a la normativa ISO 50001 como el estándar guía a ser utilizado por una organización para desarrollar e implementar una política energética, que le permita identificar importantes áreas de consumo de energía y comprometerse con la reducción del uso de energía de manera continua. Al considerar los parámetros establecidos en la normativa ISO 50001 permitió generar y crear equipos de

## “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

trabajo, con el propósito de realizar una distribución de responsabilidad. Así como el análisis técnico crítico para la toma de decisiones estratégicas basados en los indicadores propuestos en el desarrollo del presente estudio. Adicionalmente se realizó un modelo matemático denominado como regresión simple con el propósito de determinar posibles correlaciones entre la producción petrolera y la generación de energía eléctrica.

### **Objetivo General**

- Elaborar una metodología de gestión energética en el campo Sacha Bloque 60 de EP PETROECUADOR en base a la Norma ISO 50001 para la mejora de los indicadores de eficiencia energética en la generación eléctrica.

### **Objetivos Específicos**

- Realizar una revisión energética del campo Sacha Bloque 60, identificando los diferentes tipos de generación y consumo energético para establecer una línea base energética del campo Sacha bloque 60.
- Analizar el rendimiento de las diferentes unidades de generación eléctrica a través de indicadores energéticos (IDENs) con el propósito de promover su máxima eficiencia para establecer un sistema de gestión energética SGen.
- Plantear medidas correctivas o preventivas de acuerdo a los indicadores de desempeño energético, para fijar metas que incrementen la eficiencia energética del campo Sacha bloque 60.

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

## **Eficiencia Energética**

Según el informe emitido por la Energy Research Company (EPE) se describe la eficiencia energética como la relación entre un bien producido o servicio prestado y la cantidad de energía final utilizado. Usar de forma eficiente la energía significa conseguir hacer las tareas con el mínimo consumo de energía posible desarrollando tecnologías, sistemas de vida y de trabajo que ahorren energía. Es de gran importancia lograr un auténtico desarrollo que se puede llamar sostenible y que no comprometa la disponibilidad de recursos para las futuras generaciones (Altomonte, 2017).

La calidad de la gestión energética depende de los resultados obtenidos en cuanto al rendimiento energético. El motor principal para la adopción de una medida o una práctica concreta es su impacto en el rendimiento energético. Por tal razón, unos resultados energéticos que no cumplen ciertos estandartes indican la presencia de puntos débiles o carencias en la gestión energética, además, la evaluación de la gestión energética se basa en el sistema de comparaciones y por tal razón la eficiencia energética es una de las alternativas menos costosas y menos contaminante u se convierte en una fuente no agotable y aplicable a todo tipo de entidades (Navarro et al., 2021).

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

## **Sistema De Gestión De La Energía (SGEN)**

Sistema de gestión para establecer una política energética, objetivos, metas energéticas, planes de acción y procesos para alcanzar los objetivos y las metas energéticas (Norma ISO 50001, 2018). Además, otros conceptos aportados por Guayablema (2017) define al sistema de gestión energética como el conjunto de elementos de una organización, interrelacionados para establecer una política energética, metas, objetivos y planes para obtener buenas prácticas de uso adecuado de la energía, priorizar oportunamente las posibilidades de mejora y conseguir que estos criterios de eficiencia estén presentes en todas las actividades que se realizan dentro de la organización.

## **Recursos necesarios para la implementación de un SGEN**

Según García-León et al (2019) se refiere a la gestión de energía como la ejecución de diversas acciones, organizativas, técnicas y comportamentales económicamente viables destinadas al mejoramiento del desempeño energético. Aquello involucra un control sistemático para mantener óptimos los logros alcanzados, estas acciones aseguran a la organización continuar estableciendo políticas, planes, acciones a tomar, implementaciones y verificar sus resultados.

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

## **Beneficios de implementar un sistema de eficiencia energética**

Los sistemas de gestión de energía proveen:

- Soporte para entender los usos significativos de energía.
- Planes de acción para continuamente mejorar el desempeño energético.
- Soporte estructura y organizacional para mantener las mejoras del desempeño energético

La eficiencia energética es una alternativa al aumento de la capacidad instalada de generación de energía eléctrica. Se pueden obtener muchos beneficios a través de un programa de eficiencia energética. Estos son: reducir los consumos energéticos y por ende los costos de energía en las organizaciones y minimización de impactos factores ambientales causados por contaminantes liberados a la atmósfera. La eficiencia energética también aporta beneficios intangibles como una concientización del usuario para el uso racional de la energía, que también puede conducir al uso racional de otros recursos.

## **ISO 50001**

Para satisfacer la demanda de estandarización para la gestión energética, la Organización Internacional de Normalización lanzó la norma ISO 50001 en 2011. Es importante enfatizar que ISO 50001 es una familia de estándares que se representa en la tabla 1.

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Tabla 1**

Normas ISO similares

<b>Norma</b>	<b>Descripción estándar</b>
ISO 50001	Sistemas de gestión de energía - Requisitos con directrices de uso
ISO 50002	Diagnóstico energético ISO Requisitos orientados al uso
ISO 50003	Requisitos para organismos de certificación y auditoría de sistemas administración de energía
ISO 50004	Guía ISO 50004 para implementar, mantener y mejorar un sistema administración de energía
ISO 50006	Medición del rendimiento energético ISO 50006
ISO 50014	ISO 50014 Medición y verificación del desempeño energético de las organizaciones
ISO 50047	ISO 50047 Determinación del ahorro de energía en las organizaciones.

**Fuente:** Marimon y Casadesús (2017)

Como se establece en el preámbulo de NBR ISO 50001: 2018, esta norma trae como beneficio cuando se implementa eficazmente un enfoque sistemático para la mejora continua del rendimiento energético. Además, al mejorar el rendimiento energético y sus costes asociados, ayudar a las organizaciones a ser más competitivas, ya que tendrán costos más bajos con un importante aporte de las organizaciones.

El inicio de la norma ISO 50001, esta busca establecer, mantener y mejorar un SGen, y en base a estas etapas se espera que la organización establezca un enfoque sistemático e implemente la mejora continua del desempeño energético. Además, la normativa ISO 50001 se puede aplicar a cualquier organización, independientemente de su tipo, tamaño, complejidad y otras características, por lo tanto, esta norma se ocupa de los recursos energéticos en general, no se limita a ninguna fuente de energía específica.

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

## **Materiales y Métodos**

Dentro del proceso de revisión en el campo Sacha, bloque 60, dedicado a la extracción de petróleo se analizan las prestaciones del sistema de generación eléctrica del bloque, analizando el rendimiento de cada sistema de generación con sus respectivas unidades o generadores. Para el cumplimiento de los objetivos planteados, se utilizarán diferentes cálculos de indicadores en base a la toma de datos del reporte de generación eléctrico diario, del área de mantenimiento del bloque 60 pertenecientes al año 2019.

En base a lo antes mencionado, el presente estudio toma un enfoque cuantitativo evaluando el desarrollo natural de los sistemas de generación energética. Adicionalmente, se optó por sustentar la investigación en la revisión documental debido a que permite realizar un análisis comparativo entre la lectura de datos obtenida y a la hoja técnica del fabricante de las distintas unidades de generación.

### **Área de estudio**

La empresa pública EP PETROECUADOR inicia sus actividades en el año de 1972 bajo el nombre de Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana CEPE, posteriormente cambiaría su denominación en PETROECUADOR, la misma que opera los 23 bloques petroleros a nivel nacional, las se distribuyen entre las regiones costa y oriente. Uno de los más importantes es el Bloque 60, se encuentra en la región amazónica, provincia de Orellana, cantón Joya de los Sacha. Este bloque es uno de las principales fuentes de extracción de petróleo en el Ecuador,

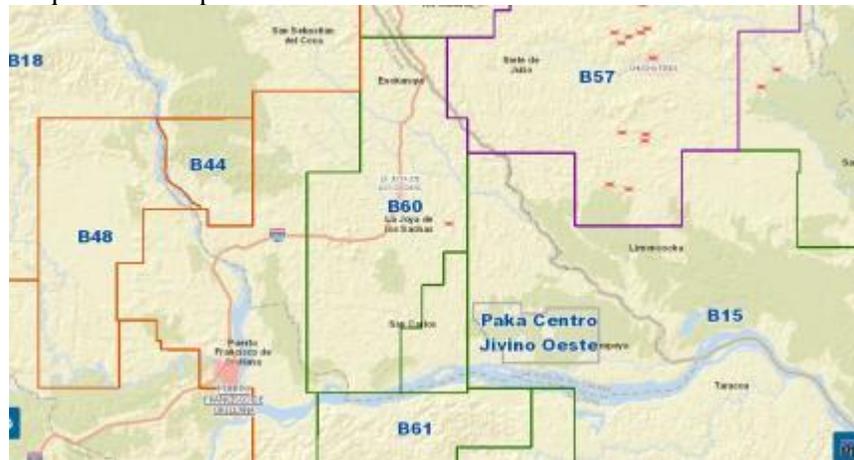
## “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

debido que tiene una producción aproximada de 70000 barriles de crudo diarios. El campo de estudio posee una capacidad máxima de generación eléctrica de 24 MW y está encargada de brindar energía eléctrica tanto a los sistemas de producción como el área administrativa del bloque. Se ha considerado este bloque ya que presenta un elevado consumo de diésel en el sistema de generación eléctrica

### **Sistema de generación eléctrica.**

El bloque 60 campo Sacha se encuentra conectado al sistema eléctrico interconectado petrolero (SEIP). El sistema de generación eléctrica está conformado por tres tipos de generación, gas, diésel y crudo, con una demanda energética aproximada de 29 MW. Esta demanda es cubierta por el sistema de generación del bloque, más la energía que recibe del sistema eléctrico interconectado petrolero.

**Figura 1:**  
Bloque 60 – campo Sacha



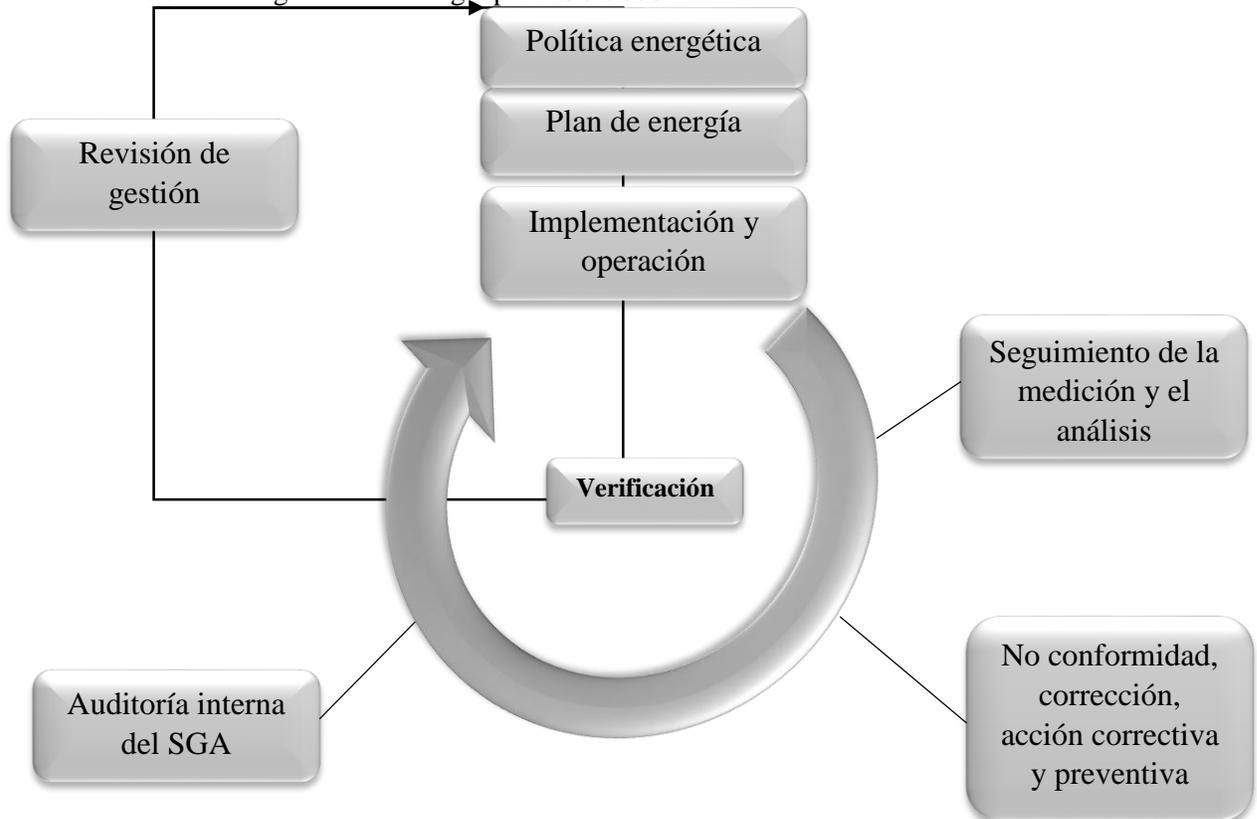
**Elaborado por:** Sanchez (2021)

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

## Metodología

Para el desarrollo de la metodología propuesta en el presente estudio se toma como base los parámetros establecidos en la normativa ISO 50001, la cual, especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía para lograr la mejora continua del rendimiento de la energía, incluida la eficiencia energética, el uso y el consumo. Esta norma se basa en el marco de mejora continua Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) y en el contexto de la gestión energética; este enfoque PHVA se describe a continuación:

**Figura 2:**  
Modelo de sistema de gestión de energía para ISO 50001



**Fuentes:** Marimon y Casadeús (2017)

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

El presente trabajo presentará un estudio para la implementación de una metodología de gestión de la energía basado en la norma ISO 50001 en las instalaciones del campo Sacha bloque 60 de EP PETROECUADOR. Con el propósito de dar cumplimiento a los objetivos propuestos en el presente trabajo de investigación es necesario medir, registrar, procesar, interpretar y socializar datos relevantes que tienen injerencia en el cumplimiento de los objetivos, de acuerdo a una periodicidad, metodología y canales de comunicación preestablecidos.

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Descripción del sistema de generación eléctrica y modos de operación**

**Características técnicas de las unidades del sistema de generación eléctrica a Gas**

El sistema de Generación a Gas está conformado por 14 Unidades de Generación con las siguientes características técnicas:

**Tabla 2**

Unidades de generación a Gas

<b>Código Del Equipo</b>	<b>Marca Motor</b>	<b>Modelo Motor</b>	<b>Serie Motor</b>	<b>Potencia Nominal Motor [Kw]</b>	<b>Marca Generador</b>	<b>Modelo Generador</b>	<b>Potencia Nominal Generador [Kw]</b>	<b>Voltaje Nominal Generador [V]</b>
<b>TGT-3002</b>	RUSTON	TA1750	66908-2	1000	KATO	1000ES9D	1000	4160
<b>TGT-3003</b>	RUSTON	TB2500	9052/0481/10	3000	GENERAL ELECTRIC	5ATIP61169A503	3000	4160
<b>MCO-0244</b>	WAUKESHA	VHP L7042 GSID	5283704783	1050	LEROY SOMER	LS661-03	1050	480
<b>MCO-0243</b>	WAUKESHA	VHP L7042 GSID	5283705449	1050	LEROY SOMER	LS661-03	1050	480
<b>MCO-0245</b>	WAUKESHA	VHP L7042 GSID	5283705450	1050	LEROY SOMER	LS661-03	1050	480
<b>MCO-0242</b>	WAUKESHA	VHP L7042 GSID	5283705451	1050	LEROY SOMER	LS661-03	1050	480
<b>MCO-3020</b>	WAUKESHA	VHP 7042GSID S4	5283705479	1050	LEROY SOMER	LS661-03	1050	480
<b>MCO-3021</b>	WAUKESHA	VHP 7042GSID S4	5283705484	1050	LEROY SOMER	LS661-03	1050	480
<b>MCO-0013</b>	WAUKESHA	VHP 7042GSID S4	5283705452	1050	LEROY SOMER	LS661-03	1050	480
<b>MCO-0014</b>	WAUKESHA	VHP 7042GSID S4	5283705488	1050	LEROY SOMER	LS661-03	1050	480
<b>MCO-3022</b>	WAUKESHA	VHP L7042GSI	5283705831	1050	LEROY SOMER	LS 661-03	1050	480
<b>MCO-3023</b>	WAUKESHA	L7042GSI S4	5283705832	1050	LEROY SOMER	LS 661-03	1050	480
<b>MCO-3024</b>	WAUKESHA	L7042GSI S4	5283705868	1050	LEROY SOMER	LS 661-03	1050	480
<b>MCO-3025</b>	WAUKESHA	L7042GSI S4	5283705846	1050	LEROY SOMER	LS 661-03	1050	480

**Autor:** Sánchez (2021)

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Características técnicas de las unidades del sistema de generación eléctrica a diésel**

El sistema de Generación a diésel está conformado por 16 Unidades de Generación con las siguientes características técnicas:

**Tabla 3**

Unidades de Generación a Diésel

Código Del Equipo	Marca Motor	Modelo Motor	Serie Motor	Potencia Nominal Motor [Kw]	Marca Generador	Modelo Generador	Potencia Nominal Generador [Kw]	Voltaje Nominal Generador [V]
MCO-8001	CATERPILLAR	3516B	ZAP00792	1462,16	CATERPILLAR	SR4B-HV	1825	13200
MCO-8002	CATERPILLAR	3516B	ZAP00970	1462,16	CATERPILLAR	SR4B-HV	1825	13200
MCO-8003	CATERPILLAR	3516B	ZAP00955	1462,16	CATERPILLAR	SR4B-HV	1825	13200
MCO-8004	CATERPILLAR	3516B	ZAP00942	1462,16	CATERPILLAR	SR4B-HV	1825	13200
MCO-8005	CATERPILLAR	3516B	ZAP00940	1462,16	CATERPILLAR	SR4B-HV	1825	13200
MCO-5075	CATERPILLAR	3516B	1NW00193	1383,83	CATERPILLAR	SR4B	1200	480
MCO-5074	CATERPILLAR	3516B	1NW00192	1383,83	CATERPILLAR	SR4B	1200	480
MG-W24	CATERPILLAR	3516B	67Z01787	1640	CATERPILLAR	G5H00692	1450	480
MCO-5049	CATERPILLAR	C27	MJE01414	824,33	CATERPILLAR	SR4B	725	480
MCO-8008	CATERPILLAR	C15	FTH04417	419,998	CATERPILLAR	LC6	365	480
MCO-5071	CATERPILLAR	C15	FTH04964	419,998	CATERPILLAR	LC6	365	480
MCO-5063	CATERPILLAR	C15	FTH04412	419,998	CATERPILLAR	LC6	365	480
MCO-5066	CATERPILLAR	C18	EGP00788	619,926	CATERPILLAR	LC7	545	480
MCO-5067	CATERPILLAR	C18	EGP00887	619,926	CATERPILLAR	LC7	545	480
MCO-5070	CATERPILLAR	C18	EGP00789	619,926	CATERPILLAR	LC7	545	480
MCO-5073	CATERPILLAR	C18	EGP00886	619,926	CATERPILLAR	LC7	545	480

\*Cada una de estas unidades son móviles debido a los requerimientos de operación del campo Sacha bloque 60, las cuales, por su facilidad de trasportación son adecuadas para este tipo de requerimientos (imprevistos)

**Autor:** Sánchez (2021)

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Características técnicas de las unidades del sistema de generación eléctrica a Crudo - Diésel**

El sistema de Generación a diésel – crudo está conformado por 12 Unidades de Generación con las siguientes características técnicas

**Tabla 4**

Unidades de generación a Crudo - Diésel

Código Del Equipo	Marca Motor	Modelo Motor	Serie Motor	Potencia Nominal Motor [Kw]	Marca Generador	Modelo Generador	Potencia Nominal Generador [Kw]	Voltaje Nominal Generador [V]
MCIN-BF0500	HYUNDAI	9H21/32	BF0500	1800	HIMSEN	HSR7 637-8P	1700	4160
MCIN-BF0503	HYUNDAI	9H21/32	BF0503	1800	HIMSEN	HSR7 637-8P	1700	4160
MCIN-BF0505	HYUNDAI	9H21/32	BF0505	1800	HIMSEN	HSR7 637-8P	1700	4160
MCIN-BF0499	HYUNDAI	9H21/32	BF0499	1800	HIMSEN	HSR7 637-8P	1700	4160
MCIN-BF0436	HYUNDAI	9H21/32	BF0436	1800	HIMSEN	HSR7 637-8P	1700	4160
MCIN-BF0501	HYUNDAI	9H21/32	BF0501	1800	HIMSEN	HSR7 637-8P	1700	4160
MCIN-BF0504	HYUNDAI	9H21/32	BF0504	1800	HIMSEN	HSR7 637-8P	1700	4160
MCIN-BF0235	HYUNDAI	9H21/32	BF0235	1800	HIMSEN	HSR7 637-8P	1700	4160
MCIN-BF0444	HYUNDAI	9H21/32	BF0444	1800	HIMSEN	HSR7 637-8P	1700	4160
MCIN-BF0445	HYUNDAI	9H21/32	BF0445	1800	HIMSEN	HSR7 637-8P	1700	4160
MCIN-BF0447	HYUNDAI	9H21/32	BF0447	1800	HIMSEN	HSR7 637-8P	1700	4160
MCIN-BF0502	HYUNDAI	9H21/32	BF0502	1800	HIMSEN	HSR7 637-8P	1700	4160

Autor: Sánchez (2021)

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

## **Modos de operación del sistema de generación eléctrica**

**Modo Isócrono:** Es uno de los modos de regulación de la frecuencia o velocidad de un generador, en el cual se fija un valor de frecuencia que el generador debe seguir. Si el valor es inferior al fijado, la máquina que mueve el generador 'acelera', proporciona más energía mecánica al eje, y si es superior, proporciona menos energía. Este modo de funcionamiento solo funciona correctamente en generadores que funcionan en isla o en aquellos en los que el generador produce una parte importante de la energía que circula por la red.

**Modo Droop:** Este modo de operación es utilizado normalmente para trabajar con generadores que se encuentra conectados a un sistema de potencia robusto con carga y frecuencia estable, es la solución clave para compartir la demanda de energía entre generadores en micro-redes autónomas donde no hay soporte de la red de distribución eléctrica.

**Modos Base:** Con este modo de operación el generador puede entregar una potencia predeterminada, sin importar la frecuencia del sistema eléctrico al que se encuentra conectado, este funcionamiento se logra utilizando sensores de carga isócronos y conectados a una señal eléctrica externa.

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

## **Resultados y discusiones**

La implementación de un sistema de gestión energética o por sus siglas SGEN ISO 50001 permite obtener una visión general en el desempeño de los sistemas de generación energética. Para ello, es necesario obtener la comprensión general del contexto, por el cual, se va a implementar el SGEN, ya que nos permite definir el propósito metas y objetivos en la organización. Al integrar el SGEN en las prácticas del bloque 60 permite la generación de un sistema integrado de la gestión, calidad, ambiente y energía sometidos a un proceso de mejora continua. Además, es necesario identificar a cada uno de los involucrados tanto en el equipo de trabajo, alta gerencia y creaciones de políticas.

### **Compromiso de la alta gerencia**

La alta dirección de la gerencia de Petroecuador es consciente del impacto ambiental que tiene la generación de energía eléctrica en el proceso de explotación del campo petrolero Sacha bloque 60 y se ha comprometido en adoptar un SGEN en base a la norma ISO 50001 con el compromiso de reducir el consumo de diésel, es decir, reduciendo la emisión de CO<sub>2</sub> al ambiente y optimizando el gas asociado a la producción de petróleo del bloque.

La organización adoptó este proceso sistemático de mejora continua y se comprende que la implementación de este sistema de gestión debe ser perdurable en el tiempo. Finalmente se resalta la importancia del liderazgo y compromiso de los delegados para dar cumplimiento a las implementaciones seguimientos y evaluaciones.

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

## **Política energética**

El compromiso de la alta dirección es uno de los principales pilares para la implementación y estructura de un SGen que se lo verifica mediante una política energética plasmada con un enfoque de responsabilidades y obligaciones para el desarrollo y la implementación de la norma ISO 50001. De acuerdo con los lineamientos planteados en la norma ISO 50001 se estableció una política energética para el campo Sacha bloque 60, la cual, demuestra su compromiso con el manejo medio ambiental en la generación eléctrica. La política energética se estructura acorde a los objetivos y metas de eficiencia que se buscan alcanzar. En las políticas planteadas se muestra una clara intención de apoyo y compromiso para la asignación de recursos humanos, económicos y tecnológicos.

## **Política Energética De EP Petroecuador**

### **Introducción**

La EP PETROECUADOR, a través de su Programa de Eficiencia Energética, desde el año 2009 (iniciado por la ex PETROAMAZONAS EP) viene implementando un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) en sus operaciones, con el fin de medir, registrar, mejorar y verificar su desempeño energético, en términos de la eficiencia, uso, consumo de energía y optimización de fuentes energéticas, e intensidad energética en sus procesos productivos.

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

## **Objetivo**

Establecer los lineamientos estratégicos que direccionarán la gestión de la energía en la EPPETROECUADOR sobre los cuales se establezca el compromiso de la empresa en todos sus niveles, para ejecutar actividades de planificación, operación, mantenimiento y desarrollo, dentro de un marco de mejora continua, disposición de recursos, cumplimiento de los requisitos legales y revisión periódica del sistema.

## **Ámbito de aplicación**

La presente Política Energética, guía los ejercicios de conceptualización, planificación y ejecución de actividades que involucren el uso de energía en las operaciones de la EP PETROECUADOR.

## **Compromisos de la política energética**

La Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador EP PETROECUADOR establece los siguientes compromisos:

1. Contribuir a la reducción de emisiones directas de gases de efecto invernadero (GEI)
2. Optimizar los recursos energéticos disponibles (de menor costo y menor impacto al ambiente) dentro de la industria petrolera.
3. Optimizar el Gas Asociado para la producción de GLP y energía eléctrica.

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

4. Diversificar la matriz energética de la empresa para incorporar e incrementar el uso de fuentes de energía renovable.
5. Desarrollar un Sistema de Distribución/Transmisión robusto, para llevar energía de menor costo e impacto al ambiente a los diferentes usuarios (Operadoras Petroleras y las poblaciones dentro del Área de Influencia)
6. Ser un referente dentro de la Industria Hidrocarburífera Nacional e Internacional en materia energética.
7. Optimizar el consumo energético en los procesos productivos, a niveles de alta eficiencia y eficacia de dichos procesos.
8. Cumplir con los requisitos legales y otros requisitos relacionados con la eficiencia energética, el uso y consumo de la energía en la EP PETROECUADOR.
9. Otorgar los recursos necesarios para la implementación del Sistema de Gestión de Energía (SGEn), disponibilidad de la información, capacitación al personal en temas de Eficiencia Energética para el logro de los objetivos y metas energéticas.
10. Fomentar el desarrollo empresarial y la implementación de nueva infraestructura con equipamiento, productos, servicios, bases y criterios de diseño energéticamente eficientes.
11. Implementar, mejorar y mantener el Sistema de Gestión de Energía (SGEn) con el fin de mejorar el desempeño energético de la empresa dentro de las operaciones, con criterios de eficiencia energética en sus procesos.
12. Contar con planes estratégicos y operativos energéticos que se adapten a la realidad empresarial en todos los ámbitos, que se direccionen de forma eficaz a alcanzar los

## “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

objetivos trazados, que se encuentren permanentemente actualizados y cuya

factibilidad tenga soporte en la dinámica y perspectiva empresarial.

13. Medir, registrar, procesar, analizar, inteligenciar y socializar datos relevantes que tienen injerencia en el manejo energético eficiente y optimizado, incorporando herramientas tecnológicas de vanguardia.

### **Alcances y límites**

El alcance del estudio está aplicado al sistema de generación eléctrico del bloque 60, los principales procesos realizados en el campo son.

- Sistema de Generación eléctrica a Gas.
- Sistema de Generación eléctrica a Diésel.
- Sistema de Generación eléctrica a Crudo.

Se recopiló la siguiente información del parque generador del bloque 60:

- Consumos de combustible de cada unidad de generación.
- Producción de energía de cada unidad de generación.
- Potencia nominal de cada unidad de generación.
- Potencia entregada de cada unidad de generación.
- Características técnicas de cada unidad de generación.

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

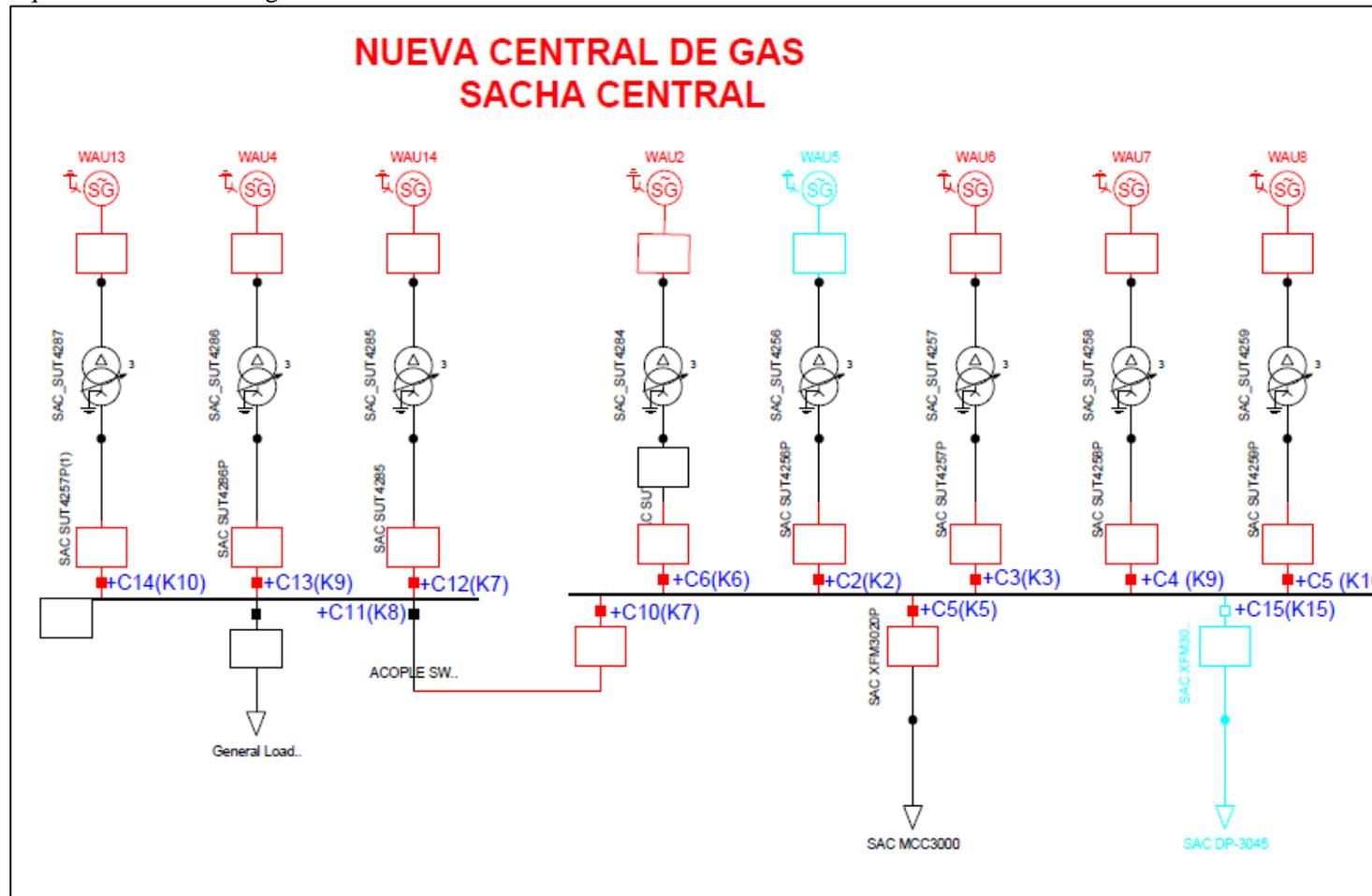
Una vez obtenida y recopilada la información se elaborará la línea base y se establecerá los indicadores de gestión energética:

- Línea Base del sistema de generación eléctrica
- Consumo energético por cada barril de petróleo producido
- Porcentaje de carga de los equipos de generación eléctrica
- Carga media de las unidades de generación eléctrica.

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

Acorde a lo antes mencionado se muestra esquema del sistema de generación

**Figura 3:**  
Esquema del sistema de generación

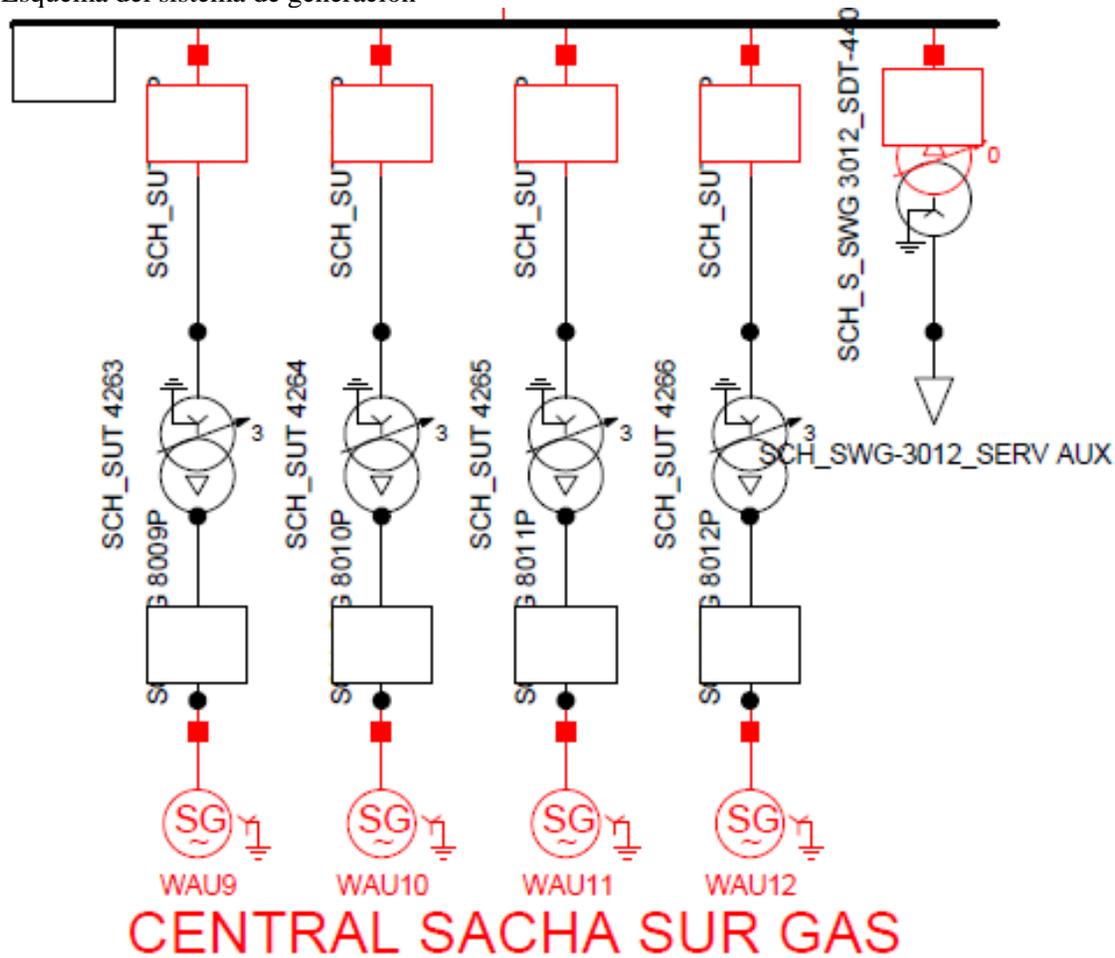


**Autor:** Sánchez (2021)

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

Figura 4:

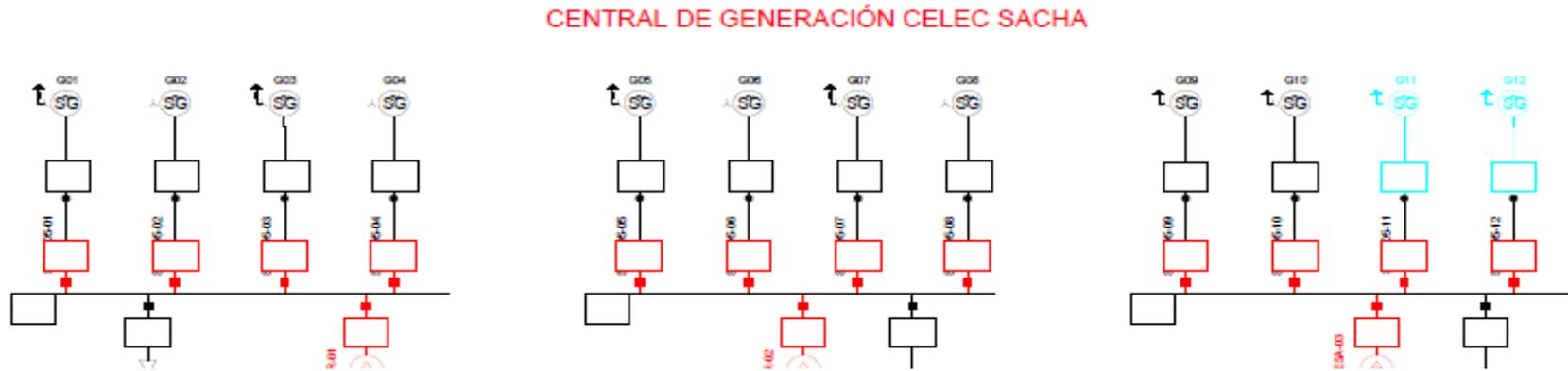
Esquema del sistema de generación



Autor: Sánchez (2021)

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Figura 5:**  
Esquema del sistema de generación 2



**Autor:** Sánchez (2021)

**Figura 7:** Esquema del sistema de generación 3



**Autor:** Sánchez (2021)

**Figura 6:** Esquema del sistema de generación 4



**Autor:** Sánchez (2021)

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

## **Planificación energética**

Para dar cumplimiento a esta etapa, se realizó el análisis cuantitativo de la generación eléctrica, con el propósito de brindar un panorama global de los tipos de sistemas utilizados, y lograr distinguir el sistema de mayor importancia y mayor consumo. La información fue proporcionada por el área de mantenimiento. Estos datos son registrados diariamente por instrumentos de medición instalados en cada unidad de generación.

## **Requisitos y regulaciones**

- Cumplimiento de la sentencia No. 21201 – 2020 -00170 emitida por la Corte de Justicia de Sucumbíos, la cual, ordena que se apaguen los mecheros, los cuales deben ser apagados en dos tiempos, dependiendo de la cercanía de los mismos a centros poblados: los más cercanos deben ser eliminados en 18 meses, pero los más alejados podrían seguir existiendo hasta el 2030.
- Plan para eliminación de mecheros y optimización de gas asociado del distrito amazónico.
- Plan Nacional de Energía Renovable y Eficiencia Energética del Ecuador
- Ley Orgánica de Eficiencia Energética
- Ley de Hidrocarburos

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

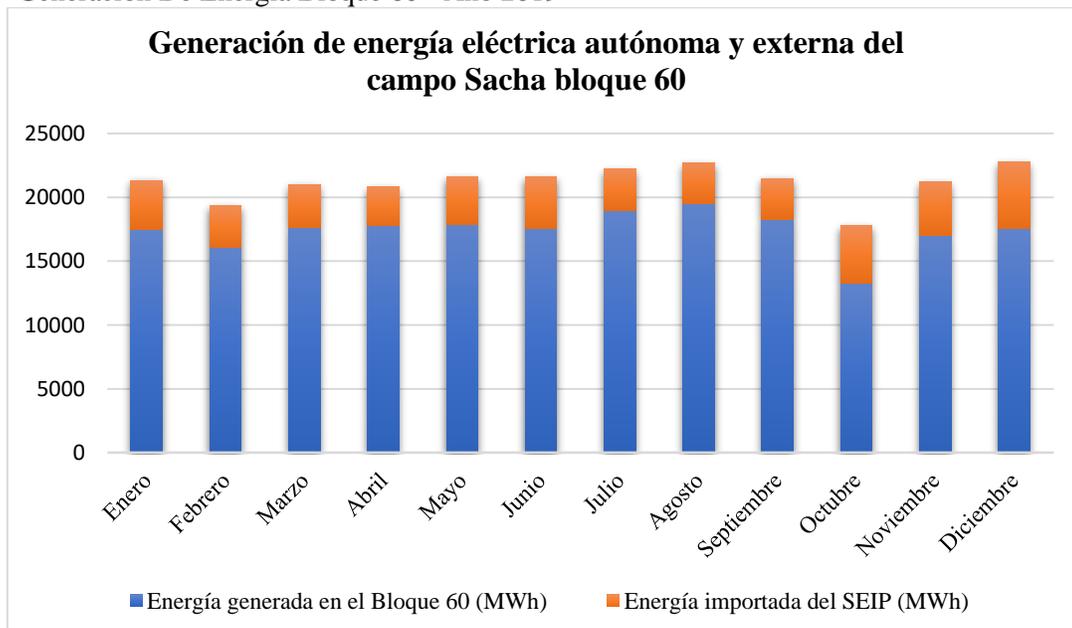
## Análisis Energético

### Demanda de electricidad del campo Sacha (autónoma y SEIP)

La demanda energética del bloque 60 en el año 2019 fue de un promedio de 21000 MWh/mes, de la cual el 82 % de la demanda energía es generada en el bloque 60, el 18% es cubierta por la energía importada del SEIP (sistema eléctrico interconecto petrolero).

En el gráfico No. 1 se puede identificar un incremento en la energía generada específicamente en los meses de julio, agosto y septiembre. Este comportamiento se explica debido a que el sistema de generación eléctrica autónomo aumentó su generación. Esto se debió a que la fuente de energía eléctrica externa denominada SEIP disminuyó como resultado de los mantenimientos programados a los diferentes sistemas interconectados.

**Figura 8:**  
Generación De Energía Bloque 60 - Año 2019



**Autor:** Sánchez (2021)

## “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

En cuanto al mes de octubre en el cual se presentó la paralización de actividades a nivel nacional provocada por las manifestaciones de transportistas y pueblo indígena se procedió a utilizar la energía eléctrica proveniente del SEIP, el cual se puede identificar en el gráfico. Mientras que la maquinaria de generación eléctrica autónoma del campo sachá bloque 60 inició un proceso de mantenimiento y por tal razón brindó menor generación de energía eléctrica al campo de estudio.

### **Generación eléctrica según modo de operación**

Existen tres modos de operación de las unidades de generación del bloque 60. El 88% de la generación eléctrica trabaja en modo base, donde los grupos de las unidades de generación se encuentran conectadas al sistema de interconexión petrolero (SEIP) y se requiere que las unidades de generación operen a una carga preestablecida. Por otro lado, con el 9% tenemos el modo de operación Droop, en este es posible estabilizar el sistema, debido a la variación de frecuencia se requiere que algunas de las unidades de generación operen con este modo Droop y así ayudan a la estabilización del sistema de generación eléctrica del bloque 60. Por último y con un 3% tenemos el modo de operación Isócrono, el cual prácticamente es utilizado en las unidades de generación que operan en zonas remotas, las cuales no se encuentran conectadas a la red del sistema eléctrico del bloque 60.

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Tabla 5**

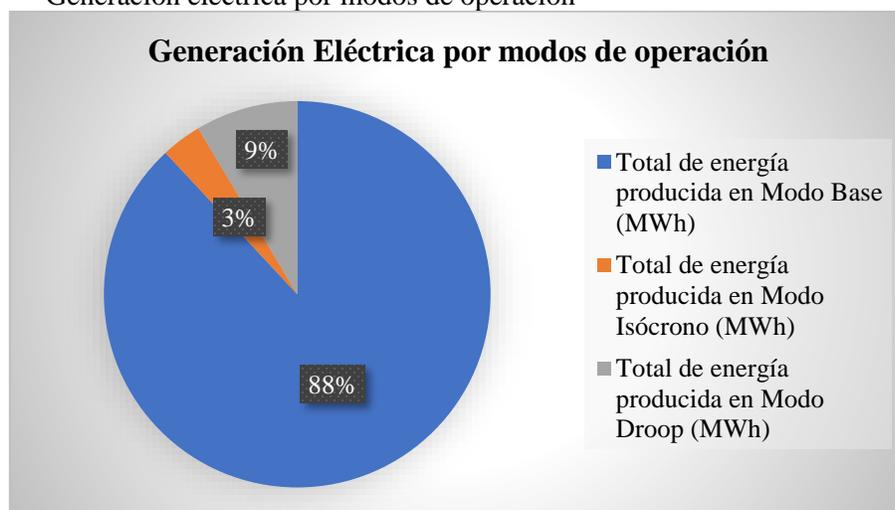
Generación eléctrica por modos de operación

<b>MODOS DE OPERACIÓN</b>	
Total de energía producida en Modo Base (MWh)	<b>177652</b>
Total de energía producida en Modo Isócrono (MWh)	6798
Total de energía producida en Modo Droop (MWh)	17257

**Autor:** Sánchez (2021)

**Figura 9:**

Generación eléctrica por modos de operación



**Autor:** Sánchez (2021)

**Tabla 6**

Generación eléctrica mensual por modos de operación

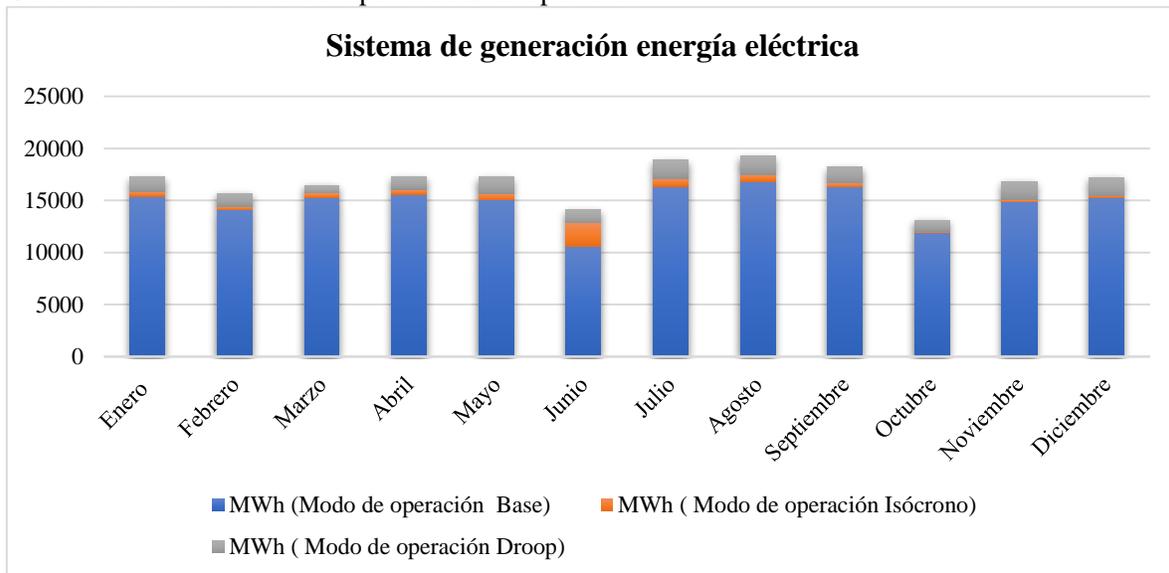
Mes	MWh (Modo de operación Base)	MWh (Modo de operación Isócrono)	MWh (Modo de operación Droop)
<b>Enero</b>	15406	421	1448
<b>Febrero</b>	14130	302	1263
<b>Marzo</b>	15288	419	752
<b>Abril</b>	15604	435	1229
<b>Mayo</b>	15056	627	1583
<b>Junio</b>	10540	2287	1282
<b>Julio</b>	16360	768	1782
<b>Agosto</b>	16836	660	1768
<b>Septiembre</b>	16299	401	1565
<b>Octubre</b>	11916	143	1044
<b>Noviembre</b>	14900	163	1800
<b>Diciembre</b>	15316	171	1742

**Autor:** Sánchez (2021)

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Figura 10:**

Generación eléctrica mensual por modos de operación



**Autor:** Sánchez (2021)

## Generación eléctrica según tipo de combustible

Durante el año 2019, la generación eléctrica que utiliza crudo (petróleo) tiene el mayor porcentaje de aportación de energía al sistema eléctrico con un 41%, seguido por la generación a gas que tiene un 39% de aporte al sistema y diésel que suma un total del 20% de aporte al sistema. En base a los resultados obtenidos se puede mencionar que la generación de energía eléctrica a base de crudo es la más utilizada, sin embargo, el funcionamiento de este sistema ha traído un impacto ambiental y económico a la empresa, mientras que el sistema de generación a gas utiliza menores costos y se reduce la contaminación ambiental causada por la quema de dicho gas en los mecheros del campo Sacha.

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Tabla 7**

Generación eléctrica del Bloque 60 por tipo de combustible - Año 2019

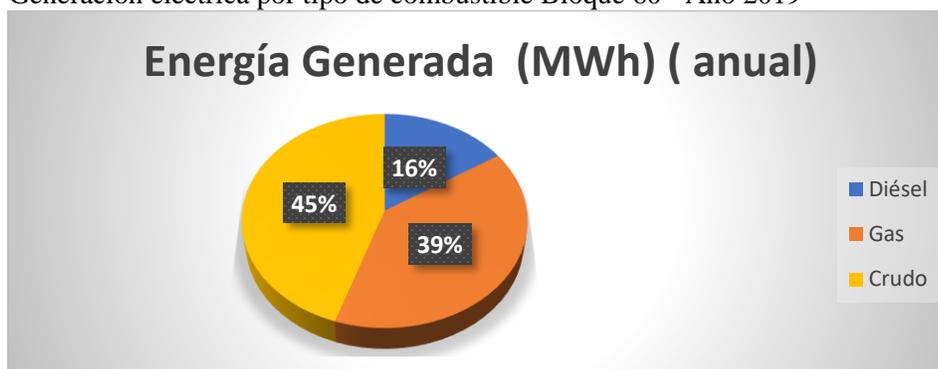
**GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL BLOQUE 60 - AÑO 2019**

Tipo de combustible	Energía Generada (MWh) ( anual)
Diésel	32971
Gas	82095
Crudo	93572

**Autor:** Sánchez (2021)

**Figura 11:**

Generación eléctrica por tipo de combustible Bloque 60 - Año 2019



**Autor:** Sánchez (2021)

En cuanto a la participación de los sistemas de generación eléctrica mensual se detallan en la tabla 8:

**Tabla 8**

Generación eléctrica mensual por tipo de combustible del Bloque 60 - Año 2019

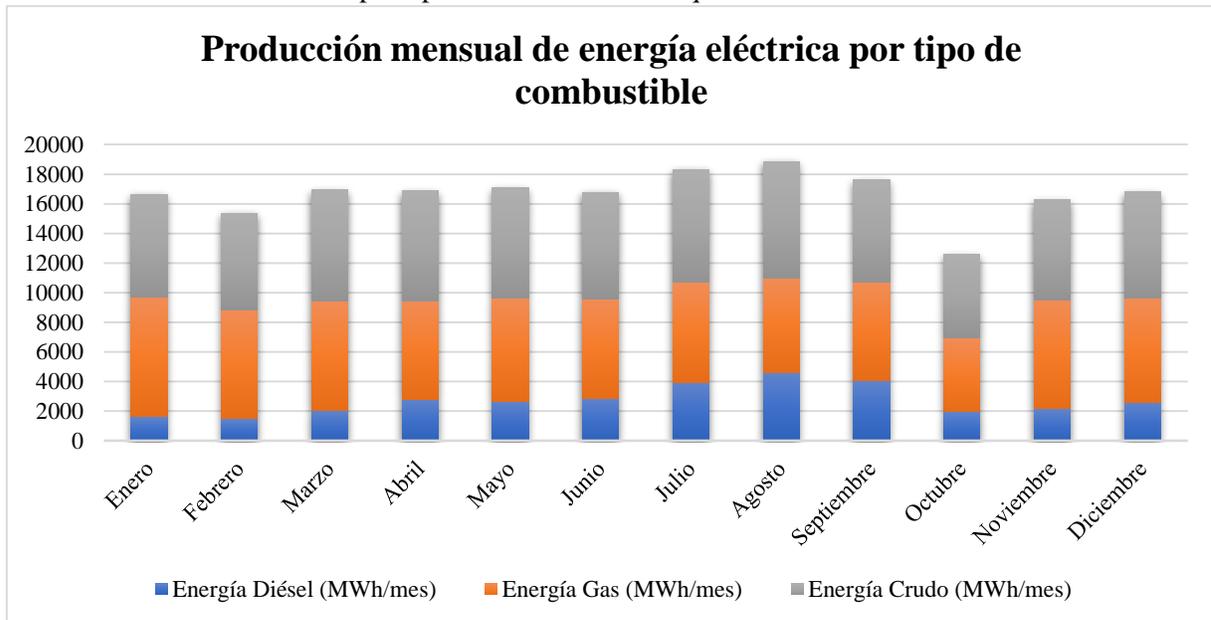
Mes	Energía Diésel (MWh/mes)	Energía Gas (MWh/mes)	Energía Crudo (MWh/mes)
<b>Enero</b>	1618	8066	6959
<b>Febrero</b>	1491	7329	6552
<b>Marzo</b>	2047	7364	7526
<b>Abril</b>	2832	6625	7427
<b>Mayo</b>	2673	6959	7455
<b>Junio</b>	2890	6675	7214
<b>Julio</b>	3954	6741	7618
<b>Agosto</b>	4621	6383	7841
<b>Septiembre</b>	4086	6631	6918
<b>Octubre</b>	1987	4951	5670
<b>Noviembre</b>	2163	7363	6767
<b>Diciembre</b>	2608	7006	7205

**Autor:** Sánchez (2021)

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Figura 12:**

Generación eléctrica mensual por tipo de combustible Bloque 60 - Año 2019



**Autor:** Sánchez (2021)

## Sistema de generación de energía eléctrica por Gas

El sistema de Generación a Gas del bloque 60, durante el año 2019 aportó al sistema 82095 MWh, lo que representó un 39% de la capacidad total de generación eléctrica anual del bloque 60. Podemos observar que, durante el primer trimestre del año 2019, el uso de gas es superior a comparación del resto de meses del año. Esto debido a que el volumen de gas asociado en el bloque no estaba siendo transportado a la refinería industrial de Shushufindi, por motivos operativos en dicha refinería, razón por la cual el gas estaba disponible en mayor volumen par ser aprovechado en la generación eléctrica. Cabe indicar que en el mes de octubre del año 2019 hay un decremento en la generación, esto se debe a las manifestaciones y paralizaciones que sufrió el país.

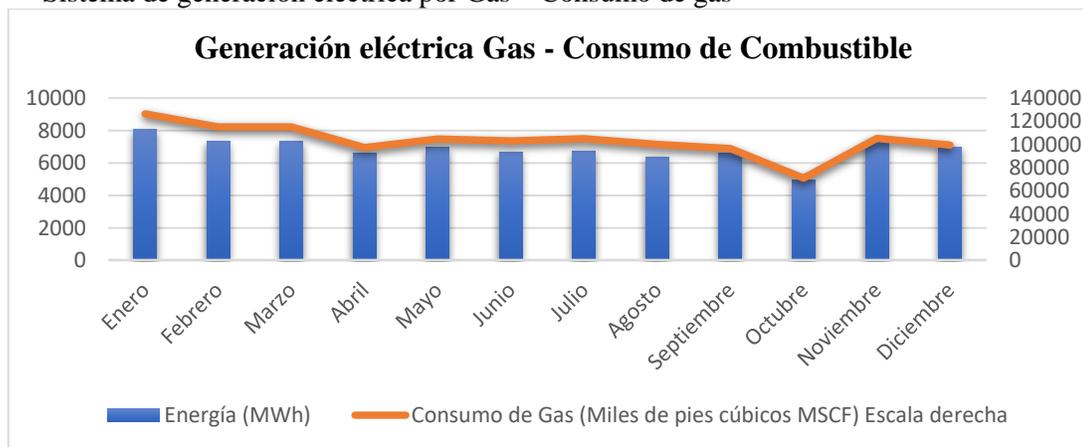
“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Tabla 9**  
Sistema de generación de energía por Gas

Mes	Energía (MWh/mes)	Consumo de Gas (Miles de pies cúbicos MSCF)
<b>Enero</b>	8066	126599
<b>Febrero</b>	7329	115266
<b>Marzo</b>	7364	115172
<b>Abril</b>	6625	97381
<b>Mayo</b>	6960	104764
<b>Junio</b>	6675	103098
<b>Julio</b>	6741	105068
<b>Agosto</b>	6383	100108
<b>Septiembre</b>	6632	96500
<b>Octubre</b>	4952	71033
<b>Noviembre</b>	7363	105382
<b>Diciembre</b>	7006	99576

Autor: Sánchez (2021)

**Figura 13:**  
Sistema de generación eléctrica por Gas – Consumo de gas



Autor: Sánchez (2021)

### Sistema de generación de energía eléctrica por Diésel

El sistema de Generación a Diésel del bloque 60, aportó con 32970 MWh durante año 2019, lo que representó un 20% de la capacidad total del bloque 60. Mediante un análisis visual (véase Figura 14) se puede identificar que entre los meses de enero-agosto existe un incremento en el uso de la generación eléctrica a base de diésel, lo que se debe al menor uso

**“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”**

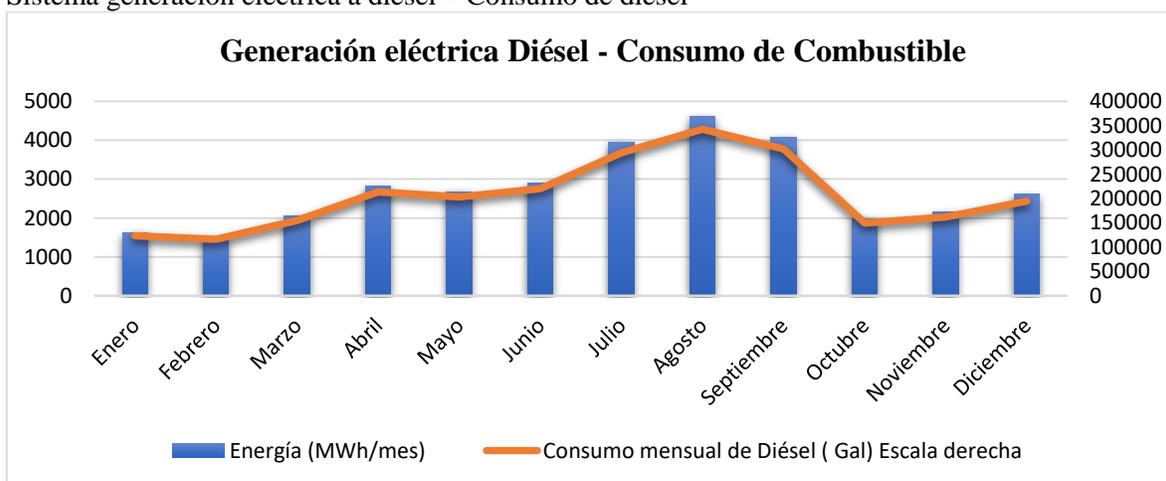
del sistema de generación a gas. Para los meses de julio, agosto y septiembre existe un incremento en la generación eléctrica por diésel, esto se debe a que el sistema SEIP no proveyó la demanda energética requerida para el bloque 60 lo que condujo a incrementar la generación eléctrica mediante unidades de generación Diésel, esto debido a la disponibilidad de maquinaria que presenta el bloque 60.

**Tabla 10:** Sistema de generación eléctrica por Diésel– Consumo de combustible

Mes	Energía (MWh/mes)	Consumo mensual de Diésel ( Gal)
<b>Enero</b>	1618	123274
<b>Febrero</b>	1491	116208
<b>Marzo</b>	2047	155065
<b>Abril</b>	2832	213549
<b>Mayo</b>	2673	203582
<b>Junio</b>	2890	220033
<b>Julio</b>	3954	294428
<b>Agosto</b>	4621	342941
<b>Septiembre</b>	4086	302327
<b>Octubre</b>	1988	149481
<b>Noviembre</b>	2163	162110
<b>Diciembre</b>	2607	194436

**Autor:** Sánchez (2021)

**Figura 14:**  
Sistema generación eléctrica a diésel – Consumo de diésel



**Autor:** Sánchez (2021)

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Sistema de generación de energía por crudo – diésel**

El sistema de Generación Diésel – Crudo del bloque 60 en el año 2019 aportó con 93572MWh, siendo el sistema con mayor porcentaje de energía generada, es decir. cubrió el 41% de la energía del sistema de generación eléctrica del bloque 60. El sistema de generación eléctrica a base de crudo no presenta variaciones considerables en su rendimiento mensual del año 2019 a excepción del mes de octubre, como ya se mencionó anteriormente se debe a las manifestaciones a nivel nacional.

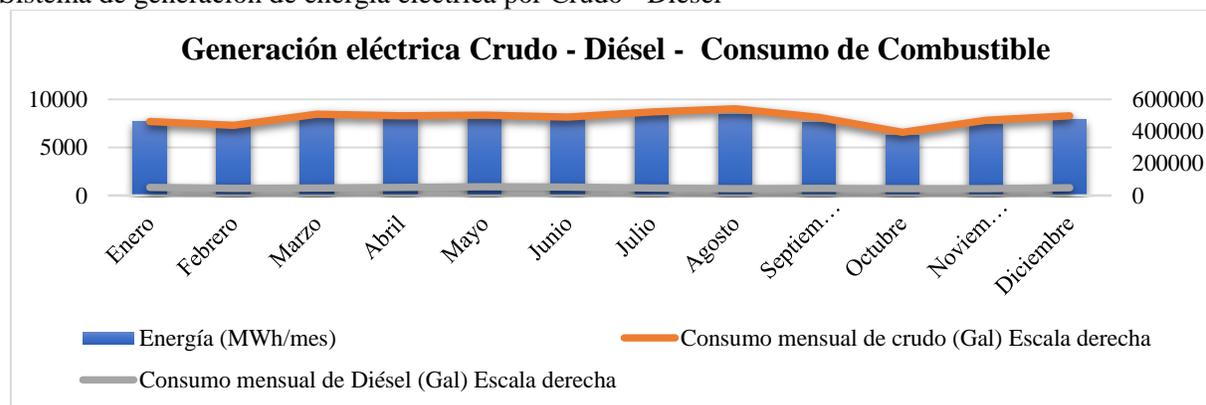
**Tabla 11:** Sistema de generación de energía eléctrica por Crudo - Diésel

Mes	Energía (MWh/mes)	Consumo mensual de crudo (Gal)	Consumo mensual de Diésel (Gal)
<b>Enero</b>	7717	460665	50253
<b>Febrero</b>	7242	437126	45987
<b>Marzo</b>	8223	507748	47044
<b>Abril</b>	8203	497457	51973
<b>Mayo</b>	8262	501278	54268
<b>Junio</b>	8003	489384	53528
<b>Julio</b>	8298	520025	46342
<b>Agosto</b>	8470	539843	43496
<b>Septiembre</b>	7570	488005	45941
<b>Octubre</b>	6270	393574	42765
<b>Noviembre</b>	7397	470328	43797
<b>Diciembre</b>	7917	496433	49008

Autor: Sánchez (2021)

**Figura 15:**

Sistema de generación de energía eléctrica por Crudo - Diésel



Autor: Sánchez (2021)

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

## **Línea Base**

En el siguiente apartado se muestran los resultados obtenidos a partir del procesamiento de los datos recolectados en la generación energética, al igual que sus respectivos análisis y desarrollo de las IDEn en el campo sachá bloque 60.

Para determinar la línea base que representa el modelo matemático entre la variable significativa Producción vs Consumo energético, se identifica como la variable más significativa a la de mayor relevancia, es decir, al proceso de mayor consumo como tal.

Para la generación de tablas, gráficos y ecuaciones se han considerado datos históricos del proceso de producción y generación de energía eléctrica pertenecientes al mismo periodo de medición, frecuencias mensuales para cada sistema de generación eléctrica. Es decir, para cada mes se registra la energía consumida en ese periodo de tiempo y se toma los datos de producción pertenecientes al mes en consideración.

Finalmente se establece una relación lineal. Garantizando que la ecuación obtenida representa matemáticamente el proceso entre producción y consumo de energía, obteniendo el coeficiente de determinación  $R^2$ , el cual se interpreta como más exacto mientras su valor sea más cercano a 1.

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Rendimiento Sistema de Generación Eléctrico a Diésel.**

En la tabla No. 12, se detalla el consumo de diésel de las unidades de Generación CATERIPLAR que se encuentran operando en el bloque 60, también se detalla el factor de utilización y la energía producida del sistema de Generación a diésel, con lo cual se calcula el rendimiento de kWh/gal.

**Tabla 12:** Rendimiento Unidades de Generación a diésel

Mes	Energía (MWh/mes)	Consumo mensual de Diésel ( Gal)	Factor de utilización ( Promedio)	kWh / GAL DIÉSEL ( promedio)
<b>Enero</b>	1618	123274	55%	11,99
<b>Febrero</b>	1491	116208	56%	11,85
<b>Marzo</b>	2047	155065	57%	11,99
<b>Abril</b>	2832	213549	59%	12,17
<b>Mayo</b>	2673	203582	65%	12,49
<b>Junio</b>	2890	220033	64%	12,64
<b>Julio</b>	3954	294428	68%	13,05
<b>Agosto</b>	4621	342941	69%	13,02
<b>Septiembre</b>	4086	302327	70%	12,93
<b>Octubre</b>	1988	149481	68%	12,54
<b>Noviembre</b>	2163	162110	66%	12,59
<b>Diciembre</b>	2608	194436	67%	12,71

**Autor:** Sánchez (2021)

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

De acuerdo al ANEXO II ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERADORES DÍESEL los datos técnicos de los generadores CATERPILLAR de los siguientes modelos CAT 3516B, CAT 3412, C27, y a un 100% de la carga se tiene los siguientes rendimientos:

**Tabla 13:** Rendimiento de Unidades de Generación CATERPILLAR

<b>Rendimiento de Unidades de Generación CATERPILLAR</b>				
<b>Modelo</b>	<b>Potencia Nominal (kW)</b>	<b>Potencia nominal al 100 %</b>	<b>Consumo de combustible a un 100% de carga ( gal/h)</b>	<b>kWh/gal</b>
<b>3516</b>	1825	1825	123,2	14,81
<b>3412</b>	635	635	45,2	14,05
<b>C27</b>	680	680	48,4	14,05

**Autor:** Sánchez (2021)

Los rendimientos de las unidades de generación a diésel del bloque 60 oscilan entre 11.85 y 13.05 kWh/gal, es decir un promedio de 12.5 kWh/gal mensual. En comparación entre las unidades de generación CATERPILLAR (CAT 3516B, CAT 3412, C2) existe una variación aproximada de 1.5 kWh/gal, esto se debe al tiempo de operación y la vida útil de cada unidad de generación que están trabajando en el bloque 60.

### **Rendimiento Sistema de Generación Eléctrico a Gas**

En la tabla No. 14, se detalla el consumo de diésel de las unidades de Generación a Gas que se encuentran operando en el bloque 60, también se detalla el factor de utilización y la energía producida del sistema de Generación a Gas, con lo cual se calcula el rendimiento de kWh/MSCF.

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Tabla 14:** Rendimiento Unidades de Generación a Gas

Mes	Energía (MWh)	Consumo de GAS (MSCF)	Promedio de Factor de Utilización	IDEn kWh / MSCF GAS (promedio)
<b>Enero</b>	8066	126599	81%	66,12
<b>Febrero</b>	7329	115266	86%	65,93
<b>Marzo</b>	7364	115172	85%	65,18
<b>Abril</b>	6625	97381	85%	72,69
<b>Mayo</b>	6960	104764	82%	71,29
<b>Junio</b>	6675	103098	78%	69,91
<b>Julio</b>	6741	105068	77%	69,91
<b>Agosto</b>	6383	100108	80%	70,20
<b>Septiembre</b>	6632	96500	82%	74,49
<b>Octubre</b>	4952	71033	78%	75,51
<b>Noviembre</b>	7363	105382	84%	76,67
<b>Diciembre</b>	7006	99576	84%	77,89

**Autor:** Sánchez (2021)

En el Anexo “ANEXO I PRUEBAS DE DESEMPEÑO- GENERADORES A GAS” de pruebas de desempeño realizadas a las Unidades de Generación a Gas WAUKESHA del Bloque 60 se puede determinar que durante un periodo de prueba de 24 horas y al 100% la carga de cada Unidad de Generación dio los siguientes resultados:

Energía Producida (kWh): 91390

Consumo de gas (MSCF): 913.46

Por lo que se obtiene un rendimiento de 100 kWh/MSCF.

Mientras que, en el presente estudio el factor de utilización de las Unidades de Generación a Gas es alrededor del 80% y con lo cual tenemos un rendimiento aproximado de 70 kWh/MSCF. Es necesario recordar que las unidades de generación no operan en un rendimiento del 100% debido a que puede ocasionar problemas por en factores operativas y condiciones físicas químicas del gas. Es decir, el gas disponible en el bloque 60 no cumple con

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

las características establecidas por el fabricante de las unidades de generación a gas, sin embargo, acorde a los datos del fabricante una operación óptima se encuentra alrededor del 80% lo que incrementaría el rendimiento.

En la Generación a Gas se utiliza motores de Combustión interna a Gas WAUKESHA y Turbinas de Gas RUSTON, las cual, ya cumplieron su tiempo de vida útil por lo que su rendimiento es menor al 80%, por tal razón, se requiere reemplazarlas y se dará más detalles en el siguiente apartado.

### **Rendimiento Sistema de Generación Eléctrico a Crudo**

En la tabla No. 15, se detalla el consumo de Crudo de las unidades de Generación a Crudo que se encuentran operando en el bloque 60, también se detalla el factor de utilización y la energía producida del sistema de Generación a Crudo, con lo cual se calcula el rendimiento de kWh/gal.

**Tabla 15:** Rendimiento unidades de generación a crudo

<b>Mes</b>	<b>Energía (MWh/mes)</b>	<b>Consumo mensual de Crudo ( Gal)</b>	<b>Facto de Utilización</b>	<b>IDEn kWh / GAL crudo ( promedio)</b>
<b>Enero</b>	7717	460665	96%	15.28
<b>Febrero</b>	7242	437126	96%	14.99
<b>Marzo</b>	8223	507748	96%	14.83
<b>Abril</b>	8203	497457	96%	14.94
<b>Mayo</b>	8262	501278	96%	14.89
<b>Junio</b>	8003	489384	96%	14.75
<b>Julio</b>	8298	520025	96%	14.65
<b>Agosto</b>	8470	539843	96%	14.52
<b>Septiembre</b>	7570	488005	96%	14.20
<b>Octubre</b>	6270	393574	96%	14.33
<b>Noviembre</b>	7397	470328	96%	14.40
<b>Diciembre</b>	7917	496433	96%	14.52

**Autor:** Sánchez (2021)

## “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

De acuerdo al ANEXO III ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERADORES HYUNDAI los datos del fabricante de generadores a crudo HYUNDAI nos indica que sus equipos tienen un rendimiento de 187 g/KWh lo que equivale a 18.98 kWh/gal con una carga del 100%.

Acorde a los datos recolectados se puede identificar que las Unidades de Generación a crudo del bloque 60 se encuentran operando al 96% de su capacidad sin embargo el rendimiento obtenido es de 14.5 kWh/gal, si realizamos un análisis comparativo con la hoja de datos técnicos del fabricante de generadores a crudo HYUNDAI indica que sus equipos tiene un rendimiento de 18.98 kWh/gal lo que representa una variación del 4.48 kWh/gal en el rendimiento obtenido, esta variación es el resultado del cumplimiento de vida útil de los generadores a crudo.

### **Demanda Energética del bloque 60 y producción de petróleo (2019).**

Durante el año 2019 la producción promedio mensual de petróleo fue de 2,100,000.00 bbl y para lo cual se requirió una demanda promedio energética de 21000 MWh (Generación gas, diésel y crudo). En el mes de octubre del año en estudio tanto para la producción de petróleo y la demanda energética disminuyeron un 20% en comparación al mes anterior, esto como consecuencia de los problemas suscitados en el país. En cuanto al indicador (kWh/bbl) muestra que para extraer un barril de petróleo se requiere un promedio aproximadamente 10 kWh.

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

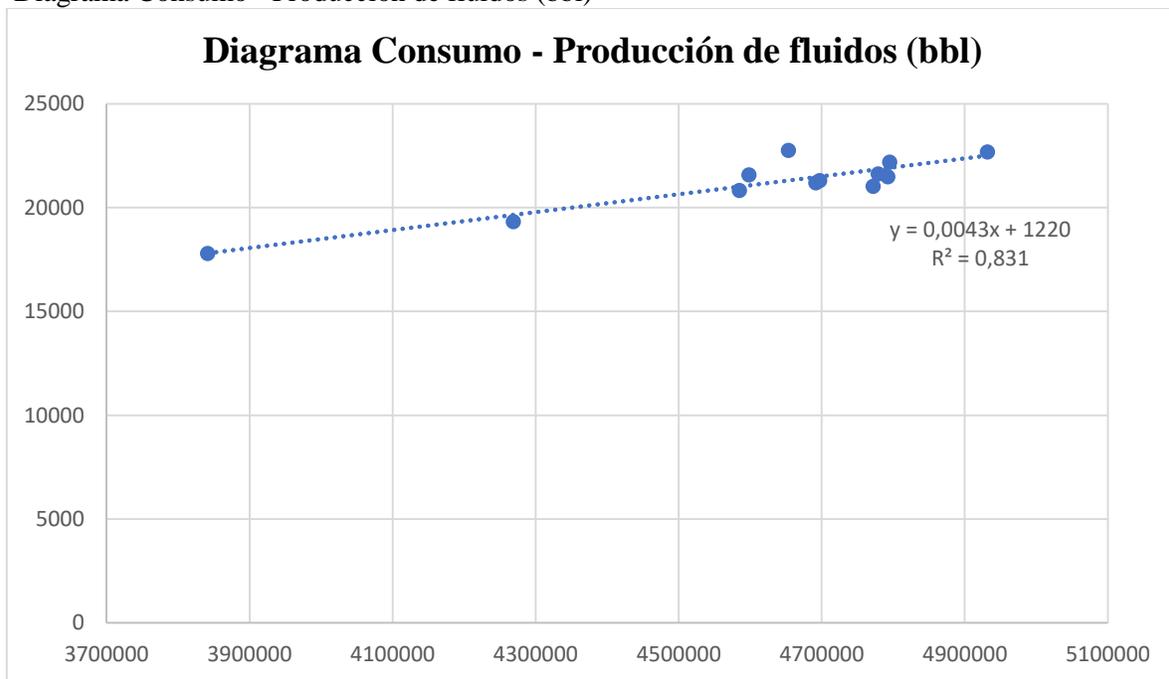
**Tabla 16:** Indicadores de desempeño

Mes	Demanda de electricidad (MWh)	Producción de Petróleo (bbl)	IDEn( kWh/Bbl)
Enero	21313	2089902	10,20
Febrero	19336	1896753	10,19
Marzo	21024	2110991	9,96
Abril	20826	2077952	10,02
Mayo	21626	2226547	9,71
Junio	21589	2109698	10,23
Julio	22202	2182902	10,17
Agosto	22683	2224992	10,19
Septiembre	21491	2174126	9,88
Octubre	17795	1727348	10,30
Noviembre	21203	2125261	9,98
Diciembre	22766	2137137	10,65

Autor: Sánchez (2021)

**Figura 16:**

Diagrama Consumo - Producción de fluidos (bbl)



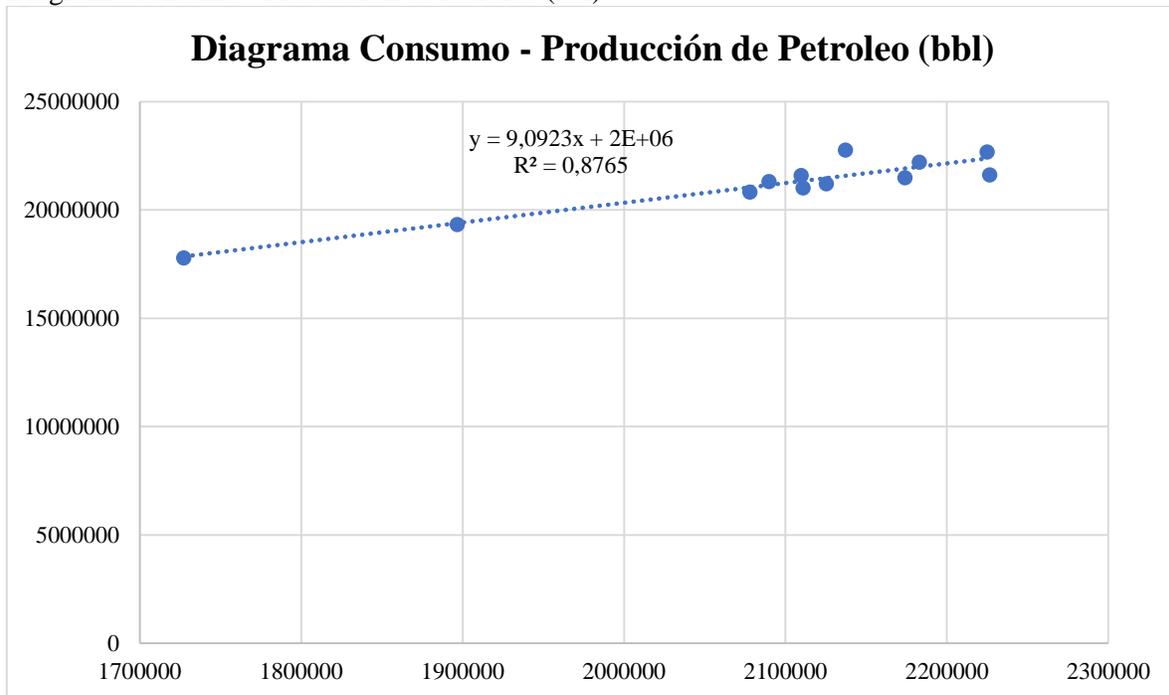
Autor: Sánchez (2021)

En base al gráfico No. 9, se muestran correlaciones significativas al 83% acorde a los resultados obtenidos en el R cuadrado y se catalogan como correlaciones altas en el intervalo de 0.70 y 0.90, es decir, existe correlación entre las variables demanda de energía eléctrica y

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

producción de fluido BSW (Basic Sediment & Water). Mientras que la ecuación de tendencia  $y = 9,0923x + 2E+06$  permite estimar el consumo de energía en base a la producción de fluido BSW y se puede aceptar como línea base.

**Figura 17:**  
Diagrama Consumo - Producción de Petróleo (bbl)



**Autor:** Sánchez (2021)

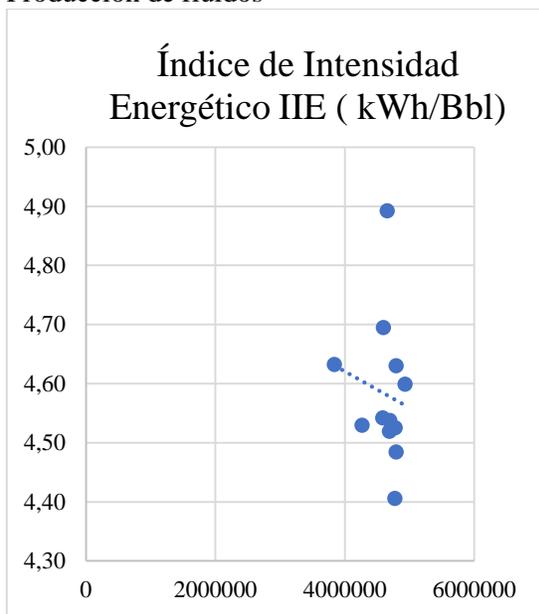
Para el análisis de la demanda de energía y la producción de petróleo los resultados obtenidos en el análisis de regresión simple muestran un R cuadrado del 88%, esto acorde a los criterios de clasificación se catalogada como correlaciones fuertes en un intervalo de 0.70 y 0.89, con la siguiente ecuación  $y = 9,0923x + 2E+06$ , bajo lo antes mencionado, se puede mencionar que existe correlación entre las variables demanda de energía eléctrica y la producción de petróleo.

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Diagrama Índice de consumo-producción.**

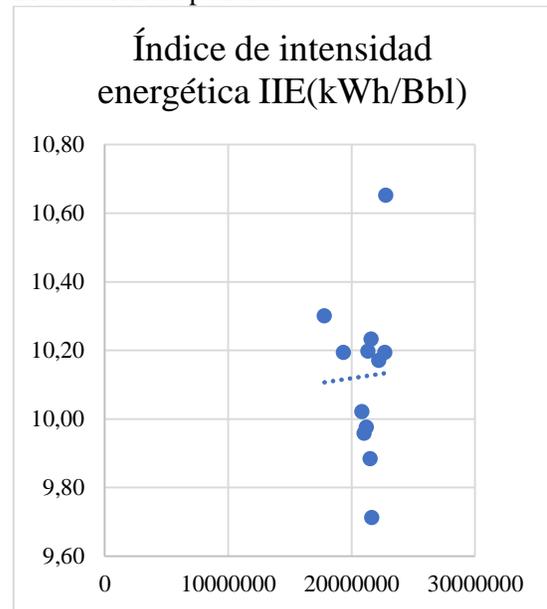
Finalmente, al analizar la demanda de energía con los indicadores de intensidad energética se observan valores del R cuadrado entre 0,001 y 0,0213, es decir, no existe evidencia estadísticamente significativa que identifique posibles correlaciones entre las variables. Este comportamiento posiblemente se explica debido a las variables utilizadas, es decir, la variable explicada (IIE) posee relación con la variable explicativa (demanda energética) lo que puede generar errores de auto correlación.

**Figura 18:**  
Índice de Intensidad Energético IIE (kWh/Bbl)  
Producción de fluidos



**Autor:** Sánchez (2021)

**Figura 19:**  
Índice de Intensidad Energético IIE (kWh/Bbl)  
Producción de petróleo



**Autor:** Sánchez (2021)

**“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”**

**Resumen de indicadores de desempeño energético**

En el siguiente apartado se muestran objetivos, metas y actividades que serán aplicados a los rendimientos de las unidades de generación eléctrica

**Tabla 17:** Rendimientos de Unidades de Generación

<b>Rendimientos de Unidades de Generación</b>						
<b>No</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Tipo de generación</b>	<b>Promedio Rendimiento anual (2019)</b>	<b>Unidades</b>	<b>Meta</b>	<b>Actividad</b>
<b>1</b>	Incrementar rendimientos de las Unidades de Generación	Diésel	12,5	kWh/gal	Incrementar 5% en el rendimiento de la unidades de generación	Mantenimientos correctivos y preventivos de acuerdo al fabricante
		Gas Asociado	71,32	kWh/MSCF	Incrementar 12% en el rendimiento de la unidades de generación	Instalar una planta de ajuste de punto de rocío para mejora de la calidad de gas
		Crudo	14,69	kWh/gal	Incrementar 10% en el rendimiento de la unidades de generación	Inhalar un sistema de tratamiento de crudo, para mejora de la calidad de crudo

**Autor:** Sánchez (2021)

**Tabla 18:** Consumo de combustible

<b>Consumo de combustible</b>						
<b>No</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Combustible</b>	<b>Consumo anual (2019)</b>	<b>Unidades</b>	<b>Meta</b>	<b>Actividad</b>
<b>1</b>	Desplazar el consumo de Diésel utilizado en Generación eléctrica	Diésel	2.477.434,00	gal	Reducir el 100% de consumo de Diésel en Generación eléctrica .	Implementar un sistema de captación, transporte y generación eléctrica con Gas Asociado.
<b>2</b>	Optimizar e incrementar el Gas Asociado en Generación Eléctrica	Gas Asociado	1.239.947,00	MSCF	Incrementar el 52% del volumen de Gas Asociado utilizado en	

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

Generación  
Eléctrica.

**Autor:** Sánchez (2021)

**Tabla 19:** Producción de energía por tipo de Generación

<b>Producción de energía por tipo de Generación</b>						
<b>No</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Tipo de generación</b>	<b>Energía anual Producida (2019)</b>	<b>Unidades</b>	<b>Meta</b>	<b>Actividad</b>
<b>1</b>	Incrementar 17 MW en la Generación eléctrica del campo Sacha Bloque 60	Diésel	32970	MWh	Disminuir el 100% de generación eléctrica a Diésel	Implementar un sistema de captación, transporte y generación eléctrica con Gas Asociado.
		Gas Asociado	82096	MWh	Instalar 17 MW de Generación Eléctrica a Gas	

**Autor:** Sánchez (2021)

### Propuestas de mejora

#### Aprovechamiento del gas quemado en el campo Sacha bloque 60

Acorde a los datos de la tabla No. 20, las locaciones Sacha Norte y Sacha Sur presentan mayor quema de gas en los mecheros entre los años 2018 al 2019, en cuanto a Sacha Central presenta menor quema de gas en mecheros, esto debido a que en esta localidad existe una central de generación a gas conformada por generadores y turbinas a gas, es decir se optimiza el gas para la generación eléctrica. El principal propósito de la presente propuesta es plantear el incremento de la utilización de gas asociado en generación eléctrica mediante la captación y transporte de gas hacia las locaciones donde se tiene facilidades para poder ampliar el parque generador, principalmente en sachas norte y sachas sur.

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

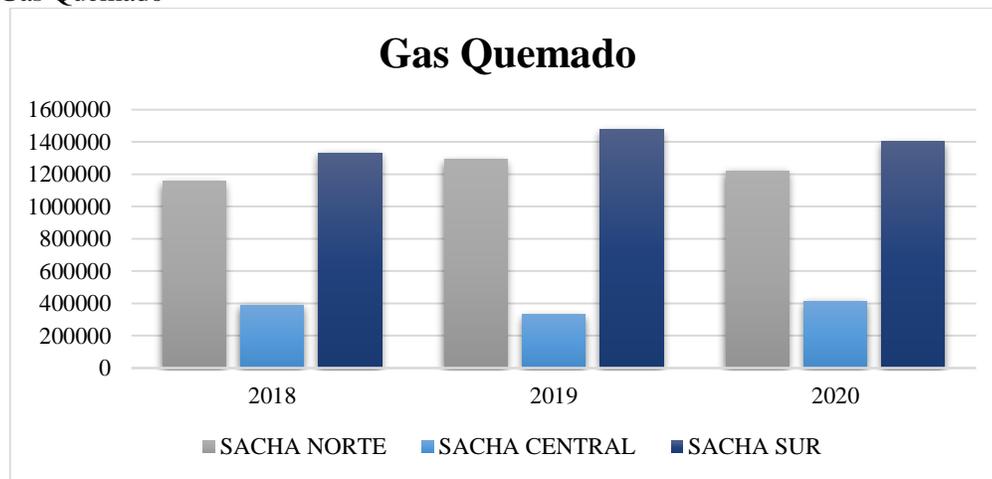
**Tabla 20:** Gas quemado en el campo Sacha bloque 60

LOCACIONES	2018 (MSCFD)	2019 (MSCFD)	2020 (MSCFD)	TOTAL (MSCFD)
SACHA NORTE	1156370	1290893	1221786	3669049
SACHA CENTRAL	391013	332671	414591	1138275
SACHA SUR	1331829	1474891	1401649	4208369

\***MSCFD:** Miles de pies cúbicos estándar por días

**Autor:** Sánchez (2021)

**Figura 20:**  
Gas Quemado



**Autor:** Sánchez (2021)

### Medición de Gas

En cuanto a las mediciones de gas se han identificado plataformas que se encuentran aledañas a las locaciones donde se tiene centrales de generación a gas (Norte, Central y Sur), las cuales, se encuentran quemando una gran cantidad de volumen de gas en los mecheros. Estas son las plataformas PAD 192 aledaña a Sacha Norte, plataforma (PAD) 400 aledaña a Sacha Central y finalmente la plataforma (PAD) 198 aledaña a Sacha Sur. En cuanto a las mediciones realizadas en las plataformas antes mencionadas se puede evidenciar que tanto la plataforma PAD 400 y PAD 198 queman el 70% de gas, mientras que, la plataforma PAD 192 quema el 30% restante, hay que considerar que la medición de gas quemado se realizó en día aleatorio obteniendo los siguientes resultados:

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

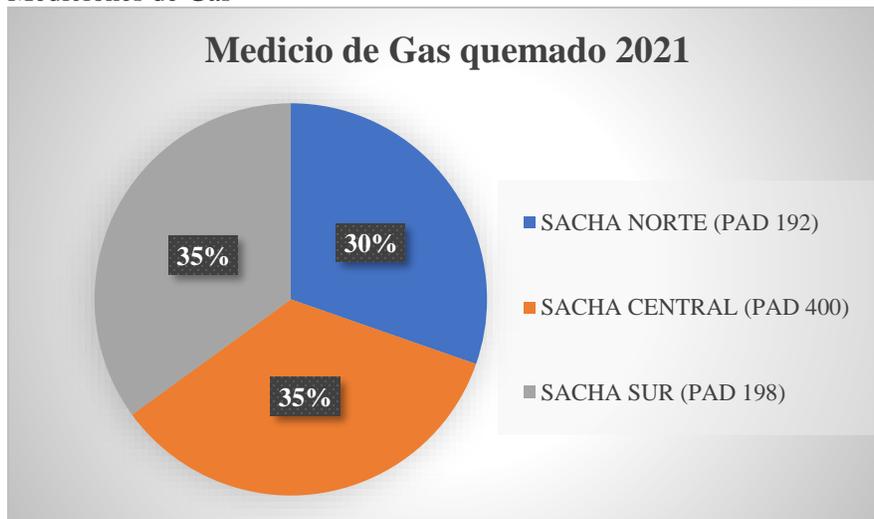
**Tabla 21:** Medición de Gas

ESTACIÓN	GAS (MSCFD)
SACHA NORTE (PAD 192)	1394
SACHA CENTRAL (PAD 400)	1591
SACHA SUR (PAD 198)	1608

\*Miles de pies cúbicos estándar por días

**Autor:** Sánchez (2021)

**Figura 21:**  
Mediciones de Gas



**Autor:** Sánchez (2021)

En las plataformas Sachas 400, 192 y 198 se desea implementar un sistema de captación y transporte de gas con el propósito de direccionar el gas a las locaciones donde se tiene facilidades para la generación a gas. Para el sistema antes descrito se requiere la construcción de gasoductos, instalación de equipos de compresión de gas, separadores, y filtros coalescentes.

Para la generación eléctrica se recomienda ampliar las centrales de generación lo que implica la compra de generadores, transformadores, y equipos eléctricos asociados al sistema de distribución eléctrica. Para garantizar el volumen producido de gas se toma los valores proyectados por el activo Sacha que se muestran a continuación, esto con el propósito de

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

prever el volumen de gas disponible en los futuros años y garantizar la generación eléctrica mediante el uso del gas.

### Proyección de producción de gas asociado y quema de gas

En la tabla 19 se presenta la proyección de la producción de gas asociado hasta el año 2025, con los datos proyectados se analiza optimización del gas asociado en la generación eléctrica.

**Tabla 22:**

Proyección de producción de gas asociado y quema de gas

<b>Año</b>	<b>Producción de Gas</b>	<b>Gas quemado</b>
2018	5055118	2879212
2019	5609133	3098456
2020	5225173	3038026
2021	13580436	3123090
2022	14591799	3210537
2023	15770260	1534092
2024	15611489	1577047
2025	14320283	1621204

**Autor:** Sánchez (2021)

Con la implementación de los sistemas de captación, transporte y generación eléctrica a gas en el año 2022 se considera que el gas quemado para el año 2023 disminuiría en un 52%, lo que representa un incremento de 17.000 kW para el consumo del campo sachá bloque 60. Es necesario indicar que el equipo técnico de Soluciones Energéticas de PETROECUADOR maneja un aproximado de; Por cada 250.000 MSCF de gas que se optimiza se obtiene alrededor de 1.000 kW en la generación eléctrica.

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Tabla 23:**  
Reducción de emisiones

<b>REDUCCIOÓN DE EMISIONES AL IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE GENERACIÓN A GAS CAMPO SACHA BLOQUE 60</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Observación</b>
1	Potencia nominal a instalar	17.000,00	kW	
2	Potencia nominal a instalar	17,00	MW	
3	Energía producida por mes	12.240,00	MWh/mes	
4	Energía producida por año	146.880,00	MWh/año	
5	Factor de Emisión Generación con Gas se	0,60	ton. CO2 / MWh	Factor Utilizado por EP PETROECUDOR
6	Reducción de emisiones de CO2	7.344,00	ton. CO2 /mes	
7	Reducción de emisiones de CO2	88.128,00	ton. CO2 /año	

**Autor:** Sánchez (2021)

### **Implementación de un Sistema de Generación eléctrica a gas.**

Mediante la implementación del sistema de generación eléctrica a gas en el campo Sacha se puede obtener beneficios económicos y ambientales. Por un lado, en la parte económica se obtiene un ahorro neto anual de \$30.990.551,96, los cuales, pueden ser destinados hacia otros proyectos planificados de la empresa o estado. Por su parte, en los beneficios ambientales con la implementación de dicho proyecto se pretende disminuir aproximadamente 88.128,00 ton. CO2 /año. Este sistema de generación eléctrica a gas desplazará el sistema de generación eléctrica por diésel.

En cuanto al detalle de costos del proyecto se detallan a continuación:

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Tabla 24:**

Sistema de generación a gas campo sachá bloque 60

Sistema De Generación A Gas Campo Sacha Bloque 60				
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad	Observación
1	Potencia nominal a instalar	17.000,00	kW	
3	Energía producida por mes	12.240.000,00	kwh/mes	
4	Energía producida por año	146.880.000,00	kwh/año	
5	Rendimiento de generadores a Diésel del SEIP-E	12,50	kwh/gal	
6	Volumen de diésel requerido para generación por mes	979.200,00	gal/mes	
7	Volumen de diésel requerido para generación por año	11.750.400,00	gal/año	
8	Costo Diésel (galón)	3,01	USD\$/gal	Precio vigente Diésel Premium petrolero a febrero 2022. ( Fuente EP PETROECUADOR ) Incluye transporte.
9	Costo de Diésel para generación por mes	2.949.746,00	USD\$/mes	
10	Costo de Diésel para generación por año	35.396.951,96	USD\$/año	
11	Costo O&M	0,03	USD\$/kWh	Costo promedio de OPEX - EP PETROECUADOR
12	Costo total O&M anual	\$ 4.406.400,00	USD\$/año	
13	Ahorro anual neto	<b>\$ 30.990.551,96</b>	<b>US\$/año</b>	
14	Inversión del Proyecto	\$ 45.550.000,00	US\$/año	

**Autor:** Sánchez (2021)

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Tabla 25:**  
Flujo de caja

<b>Inversiones</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>
Inversión	(45.550.000,00)						
Ahorro por combustible		30.990.551,96	30.990.551,96	30.990.551,96	30.990.551,96	30.990.551,96	30.990.551,96
Flujo	(45.550.000,00)	30.990.551,96	30.990.551,96	30.990.551,96	30.990.551,96	30.990.551,96	30.990.551,96
Tasa de Descuento	12%						
TIR	67,65%						
Pay Back Period (años)	1,47						
Promedio de ahorros anuales	30.990.551,96						
<b>Valor Presente Neto</b>	<b>115.672.794,96</b>						
<b>Inversión del Proyecto</b>	<b>45.550.000,00</b>						
<b>Tasa Interna de Retorno TIR</b>	<b>67,65%</b>						
<b>Valor Presente Neto (VNA)</b>	<b>115.672.794,96</b>						
<b>Período de retorno (años)</b>	<b>1,47</b>						

**Autor:** Sánchez (2021)

<b>Inversión</b>	<b>2029</b>	<b>2030</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>
Ahorro por combustible				
Flujo	30.990.551,96	30.990.551,96	30.990.551,96	30.990.551,96
Tasa de Descuento	30.990.551,96	30.990.551,96	30.990.551,96	30.990.551,96
TIR				
Pay Back Period (años)				
Promedio de ahorros anuales				

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Tabla 26:**  
Presupuesto del proyecto

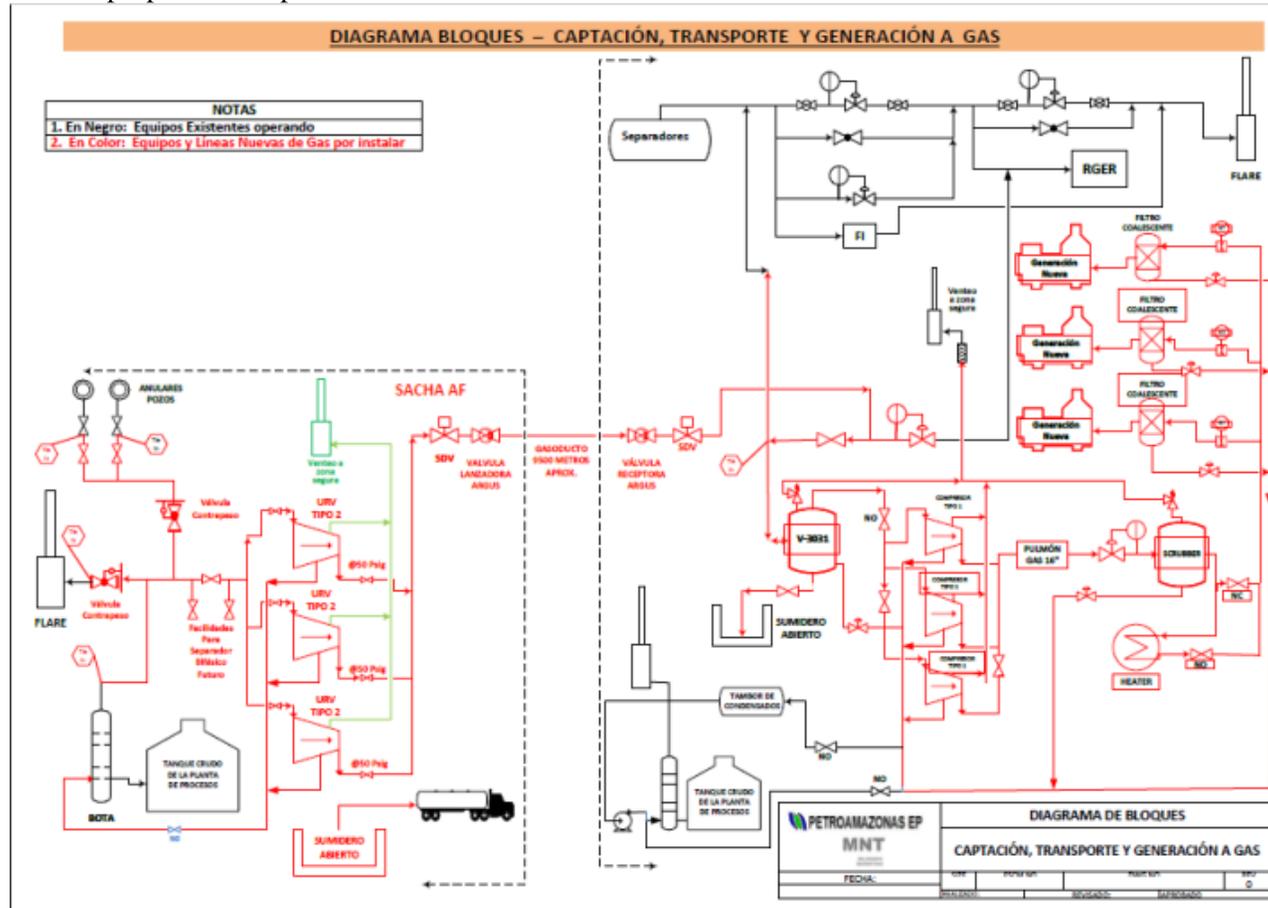
<b>Presupuesto del proyecto</b>	
Descripción	Costo
<b>Implementación del proyecto: optimización de gas en la generación eléctrica del campo sachá - bloque 60</b>	<b>\$ 45.550.000,00</b>
<b>INGENIERÍA</b>	<b>\$ 750.000,00</b>
Ingeniería del Sistema de Captación de Gas	\$ 300.000,00
Ingeniería del Sistema de Generación a Gas	\$ 450.000,00
<b>PROCURA</b>	<b>\$ 30.900.000,00</b>
Procura del sistema de Captación a Gas	<b>\$ 4.400.000,00</b>
Procura de Compresores - (9 Unidades )	\$ 3.000.000,00
Procura de Separador - ( 9 Unidades )	\$ 900.000,00
Procura de Tubería de Gasoducto - ( 10 km)	\$ 500.000,00
Procura del sistema de Generación a Gas	<b>\$ 26.500.000,00</b>
Procura de Generadores a gas - (17 Unidades de 1MW)	\$ 17.000.000,00
Procura de Equipos Mecánicos	\$ 3.000.000,00
Procura Equipos Eléctricos	\$ 5.000.000,00
Procura Bulk Material	\$ 1.500.000,00
<b>CONSTRUCCIÓN</b>	<b>\$ 13.000.000,00</b>
Sistema de Captación de Gas	<b>\$ 3.000.000,00</b>
Obras Civiles	\$ 1.000.000,00
Obras Mecánicas	\$ 1.000.000,00
Obras Eléctricas	\$ 500.000,00
Obras de Instrumentación y Control	\$ 500.000,00
<b>SISTEMA DE GENERACIÓN A GAS</b>	<b>\$ 10.000.000,00</b>
Obras Civiles	\$ 2.500.000,00
Obras Mecánicas	\$ 3.000.000,00
Obras Eléctricas	\$ 3.000.000,00
Obras de Instrumentación y Control	\$ 1.500.000,00
<b>COMISIONADO Y PUESTA EN MARCHA</b>	<b>\$ 900.000,00</b>
Sistema de Captación de Gas	\$ 300.000,00
Comisionado y puesta en Marcha del sistema	\$ 300.000,00
Sistema de Generación a Gas	\$ 600.000,00
Comisionado y puesta en Marcha del sistema	\$ 600.000,00

**Autor:** Sánchez (2021)

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

A continuación, se presenta un diagrama de bloques básicos en el cual se indica el sistema propuesto a implementar:

**Figura 22:**  
sistema propuesto a implementar



Autor: Sánchez (2021)

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

Finalmente, la distribución en cuanto a la reducción del gas quemado por localidad corresponde de la siguiente forma:

**Tabla 27:**

Proyección de gas a optimizar

<b>Proyección del gas quemado año 2022</b>		
3210537 (MSCFD)		
<b>Gas anual quemado por locaciones consideradas en el estudio.</b>		<b>Porcentaje representativo por PAD´s en estudio según el último año de quema de gas.</b>
Sacha Norte (MSCF)	508810	16%
Sacha Central (MSCF)	580715	18%
Sacha Sur (MSCF)	586920	18%
<b>Disminución de quema de gas</b>		<b>52%</b>

**Autor:** Sánchez (2021)

En cuanto a la potencia adquirida por el sistema de generación eléctrica a gas implementado se puede detallar lo siguiente

**Tabla 28:**

Potencia a Instalar

<b>ESTACIÓN</b>	<b>POTENCIA A INSTALAR</b>	
	<b>GAS (MSCFD)</b>	<b>Generación eléctrica (MWh)</b>
sacha norte (pad 192)	1394	5,6
sacha central (pad 400)	1591	6,4
sacha sur (pad 198)	1608	6,4
total mscfd	<b>4593</b>	
<b>Potencia disponible optimizando el gas MW</b>	18,372	

**Autor:** Sánchez (2021)

Mediante la implementación del sistema de generación eléctrica a gas se busca desplazar el siguiente volumen de diésel utilizado.

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Tabla 29:**

Volumen de diésel a desplazar

Volumen de diésel desplazado por año			
Ítem	Descripción	Cantidad	Unidad
1	Rendimiento de generadores a Diésel del SEIP-E	12,50	kWh/gal
2	Volumen de diésel requerido para generación por mes	979.200,00	gal/mes
3	Volumen de diésel requerido para generación por año	11.750.400,00	gal/año

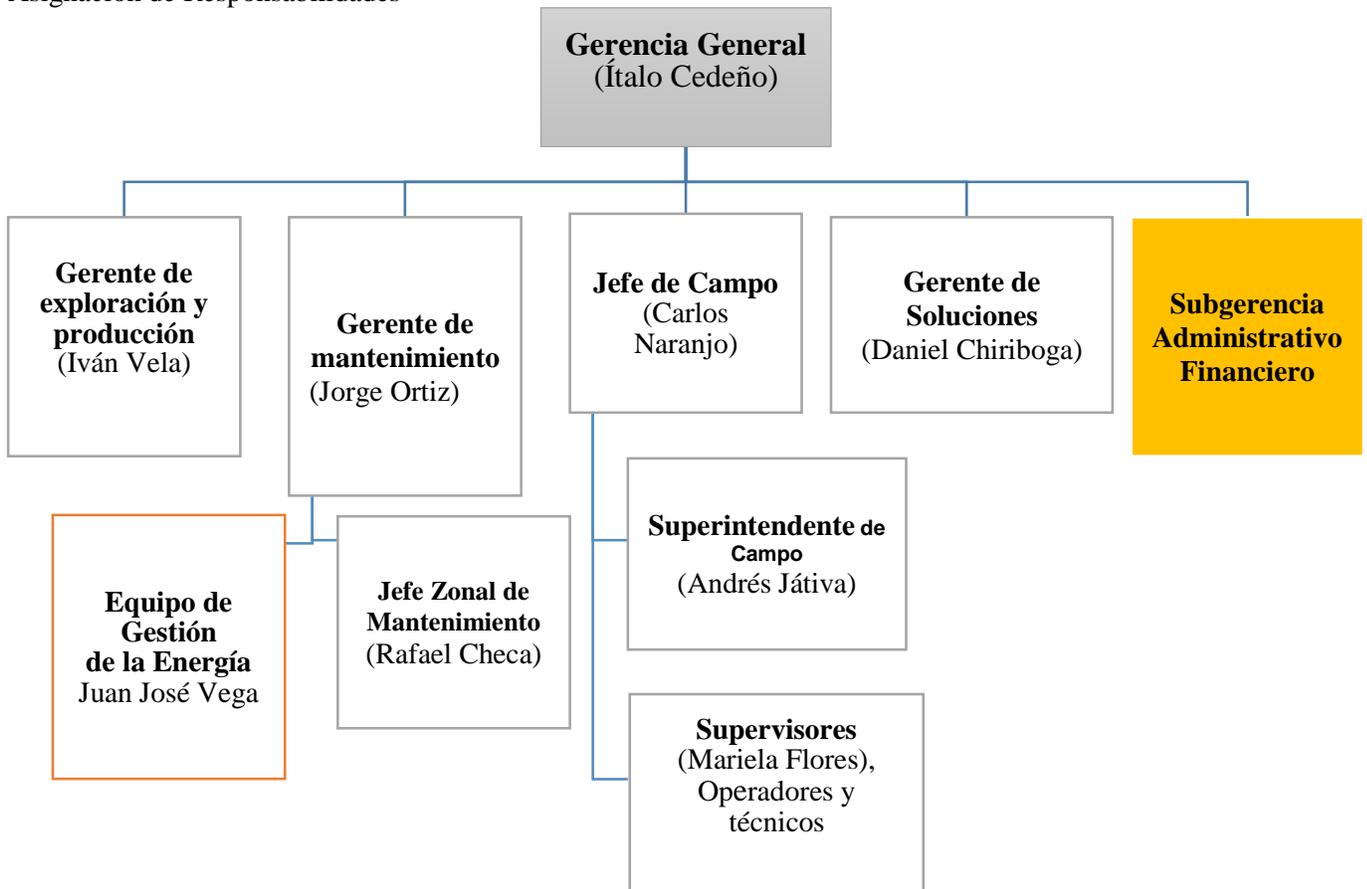
**Autor:** Sánchez (2021)

**Implementación y operación del SGen**

**Asignación de Responsabilidades**

**Figura 23:**

Asignación de Responsabilidades



**Autor:** Sánchez (2021)

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Gerencia General:** Asignar el Equipo de Gestión de la Energía responsable de la continuidad de la implementación del Sistema de Gestión de Energía, tarea que viene siendo desempeñada por la actual Jefatura de Soluciones Energéticas de la EP PETROECUADOR. Esta asignación brindará la autoridad, autonomía y responsabilidad suficiente para llevar a cabo acciones de análisis, evaluación, conceptualización, planificación e implementación del Sistema de Gestión de Energía.

**Gerencia de Mantenimiento:** Proponer a la Gerencia General la presente Política Energética, así como mantenerla vigente, actualizada y disponible, según las necesidades de la empresa y las oportunidades tecnológicas y del manejo de recursos energéticos.

**Gerente y Jefes Departamentales:** Fomentar, viabilizar, difundir, comunicar y garantizar el cumplimiento de la Política Energética en sus áreas de gestión.

**Superintendentes, Intendentes, Jefes, Supervisores y Coordinadores:** Cumplir y verificar el cumplimiento de la Política Energética por parte de los servidores, obreros y contratistas bajo su responsabilidad, siempre que operen en las actividades incluidas en el alcance del Sistema de Gestión de Energía (SGEn).

**Equipo de Gestión de la Energía:** Personas responsables de la implementación eficaz de las actividades del Sistema de Gestión de Energía (SGEn) y de la realización de las mejoras en el desempeño energético.

## “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

### **Política de comunicación interna.**

La Gerencia General de la EP PETROECUADOR y las autoridades del campo Sacha Bloque 60, se encuentran comprometidos en concientizar a todo su personal sobre el sistema de gestión energético para lo cual ha planificado en conjunto con el departamento de Recursos Humanos de la empresa para un entrenamiento y capacitación sobre la importancia de la implementación del SGen.

### **Documentación y control de Registros:**

El departamento de mantenimiento del campo Sacha Bloque 60 cuenta con un sistema de control y registro documental, en el cual reposa toda la información referente al SGen, como son: Manual del SGen, Procedimientos de trabajo, Formatos, Registros. Cabe indicar que el equipo de Gestión de la energía se encuentra elaborando el Manual del SGen del campo Sacha.

### **Planificación de actividades de mantenimiento.**

En los próximos meses el departamento de mantenimiento del campo Sacha tiene programado realizar actividades de mantenimiento, con el objetivo de incrementar la eficiencia de las unidades de generación.

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

## **Verificación**

### **Seguimiento, medición y análisis.**

Los datos recolectados a diario de las unidades de generación del campo Sacha son los siguientes:

- Potencia entregada
- Consumo de combustible
- Horas de operación
- Horas de mantenimiento

Los supervisores de las plantas de generación del campo Sacha son los responsables del seguimiento, medición y análisis.

### **Definición de las medidas correctivas y preventivas**

De acuerdo a los objetivos energéticos planteados y como medida correctiva y preventiva se ha planteado el aprovechamiento del gas asociado el cual es quemado en el campo Sacha, es decir se lo puede optimizar en la generación eléctrica.

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Auditorías Internas**

Con el objetivo de identificar desviaciones y que el SGen cumple con la política energética y sus respectivas metas, el equipo de Gestión de la Energía ha planificado realizar anualmente auditorías internas.

**Revisión de la Alta Dirección**

La Gerencia General de la EP PETROECUADOR se compromete en revisar los resultados obtenidos de las auditorías internas, con el propósito de verificar que el SGen cumpla con sus objetivos y metas energéticas.

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

## Conclusiones

El Sistema de Gestión Energético abordado en el presente estudio está compuesto por las 4 fases del ciclo P-H-V-A.

- Planificar
- Hacer
- Verificar
- Actuar

La Política Energética de la EP PETROECUADOR, en su estructura presenta compromisos para la implementación de un Sistema de Gestión Energético, de acuerdo a las recomendaciones de la norma internacional ISO – 50001.

En la Planificación Energética se han analizados los consumos energéticos y se ha establecido una línea base, de lo cual se desprende lo siguiente:

- En base a los resultados obtenidos tras el procesamiento de datos se identifica que el 41% de la energía eléctrica producida es a base de crudo, seguido del 39% correspondiente a la generación eléctrica por gas y finalmente con un 20% restante en base a Diésel. Adicionalmente se identifica un valor atípico en el mes de octubre del 2019, esto debido a la paralización de actividades por las manifestaciones a nivel nacional.
- En cuanto a los generadores a diésel se puede identificar que tienen un factor de utilización entre el 55% y 70%, esto debido a sus años y modos operacionales establecidos por los técnicos encargados de la operación de dichas unidades de generación. En cuanto a las unidades de generación a gas posee un rendimiento cercano al

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

80% debido factores operativos y condiciones físicas químicas del gas. En base a la regresión lineal simple se puede observar la relación entre los indicadores de consumo energético y la producción de fluidos con un R2 del 83% mientras que para los indicadores consumo energético y producción de petróleo presenta un R2 del 88%, lo que se catalogan como correlaciones fuertes.

- De los tres sistemas de generación eléctrica, el uso de gas presenta una fuerte participación del 39% sin embargo, se podría aprovechar el gas asociado, el cual, actualmente se quema en los diferentes PAD`s 192, 400 y 198, por cual, se obtendría una potencia de 17.000 kW adicionales en el campo Sacha bloque 60 en consecuencia disminuiría el consumo de diésel y de crudo.
- EL sistema de captación, transporte y generación eléctrica a gas propone una disminución del 16% de quema de gas en sachas norte, 18% correspondiente en sachas central y 18% en sachas sur, lo que corresponde una disminución del 52% del volumen de gas quemado con respecto al año anterior.

Las autoridades de la EP PETROECUADOR del campo Sacha Bloque 60 están generando conciencia en todo su personal de lo importante que es la implementación del Sistema de Gestión Energético.

También se puede indicar que se tiene planificado llevar a cabo auditorías internas anuales. Existe el compromiso de la alta gerencia para la revisión continua del Sistema de Gestión Energético.

# “ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

## Recomendaciones

El Equipo de Gestión de la Energía debe continuar con el desarrollo del SGen lo cual incluye las siguientes actividades:

- Ejecutar auditorías energéticas para establecer una línea base e identificar los diferentes equipos de superficie que intervienen en la extracción de petróleo y que consumen una gran cantidad de energía con lo cual se busca implantar sistemas o equipos más eficientes.
- Planificar los mantenimientos preventivos para todas las unidades de generación de acuerdo a las recomendaciones del fabricante con lo cual se puede incrementar la carga de trabajo de cada una de ellas. Adicionalmente se debe capacitar al personal técnico encargado de la planta de generación con el propósito de evitar operaciones subestándares las cuales afectan en el rendimiento de las unidades de generación.
- Realizar las mediciones de gas que se encuentra quemando en cada uno de los PAD`s del campo Sacha bloque 60 para poder analizar y viabilizar proyectos de captación, transporte y generación a gas, identificando sus locaciones aledañas donde se puede ampliar las facilidades de generación eléctrica a gas.
- Finalizar la elaboración del Manual del Sistema de Gestión Energético
- Concluir con las etapas de Implementación y Verificación del Sistema de Gestión Energético.
- Coordinar y elaborar un cronograma con fechas establecidas para la ejecución de las auditorías internas.

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Bibliografía**

Altomonte, H. (2017). La evolución del concepto de energía y desarrollo sostenible al de planificación energética sostenible. *ENERLAC. Revista de energía de Latinoamérica y el Caribe*, 1(2), 10-23.

Eloi, S. S., Silva, T. de F. A., Guedes, F. N. de J., & Paula, B. G. de. (2019). Eficiência energética e realização de pré-diagnóstico energético em instituições de ensino de João Monlevade – MG. *Research, Society and Development*, 8(2), e4182762-e4182762. <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i2.762>

García-León, R. A., Flórez-Solano, E., & Rodríguez-Castilla, M. (2019). Application of the procedure of the ISO 50001:2011 standard for energy planning in a company ceramic sector. *DYNA*, 86(209), 113-119. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n209.70915>

Guayanlema, V., Fernández, L., & Arias, K. (2017). Análisis de indicadores de desempeño energético en Ecuador. *ENERLAC. Revista de energía de Latinoamérica y el Caribe*, 1(2), 122-139.

Ladeuth, Y. M., López, D. D., & Socarrás, C. A. (2021). Diagnóstico del consumo de energía eléctrica en la planificación de un sistema de gestión y norma técnica de calidad ISO 50001:2011. *Información tecnológica*, 32(1), 101-112. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000100101>

Marimon, F., & Casadesús, M. (2017). Reasons to Adopt ISO 50001 Energy Management System. *Sustainability*, 9(10), 1740. <https://doi.org/10.3390/su9101740>

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

Monsálvez, M. (2017). *IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE GESTION ENERGETICA EN PLANTAS DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA CON BIOMASA COMO COMBUSTIBLE*. UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA.

Navarro, C. T., Callegari, N. M., & Olave, H. J. (2021). *Modelos de regresión y diseño de línea base para indicadores energéticos en una empresa siderúrgica*. 42(1), 10.

Norma ISO 50001. (2018). *SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA — REQUISITOS CON ORIENTACIÓN PARA SU USO (ISO 50001:2018, IDT)* (p. 50). ISO.

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**ANEXOS**

**ANEXO I PRUEBAS DE DESEMPEÑO- GENERADORES A GAS**

 <p><b>NUEVA CENTRAL A GAS</b> <b>SACHA SUR GMPU'S</b></p> <p>EVALUACIÓN DE CAPACIDAD Y EFICIENCIA EFECTIVA EN PRUEBAS DE DESEMPEÑO</p>	<b>Departamento:</b>	Soluciones Energéticas	<b>2784</b>
	<b>Código No.:</b>	60HEP010B-ING-IEP-01-INF-002	
	<b>Revisión :</b>	0	
	<b>Página No.:</b>	1 de 13	

 <p><b>NUEVA CENTRAL A GAS</b> <b>SACHA SUR GMPU'S</b></p>	<p><b>Departamento:</b> Soluciones Energéticas</p> <p><b>Documento:</b> EVALUACIÓN DE CAPACIDAD Y EFICIENCIA EFECTIVA EN PRUEBAS DE DESEMPEÑO</p> <p><b>Código del Documento:</b> 60HEP010B-ING-IEP-01-INF-002</p>
---	--

**Revisión Para Contratista**

Revisión:	Fecha:	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
C	1/08/2019	DMA	CGU / MSO / EPA	ECE / RAL
0	1/11/2019	DMA	CGU / MSO / EPA	ECE / RAL

**Historial de Revisiones**

No Revisión:	Fecha:	Páginas Revisadas:	Motivo de la revisión:
C	1/08/2019	Todo el Documento	Para Revisión Interna
0	1/11/2019	Todo el Documento	Para Emisión

**Control de Distribución**

Ubicación del Documento:	Controlada	No Controlada
	Archivo Central	
Asistentes Departamentales y coordinadores		X
Sistema de Información Electrónica	X	

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

ANEXO II ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERADORES DÍESEL

**Cat® C27**  
Diesel Generator Sets



Image shown may not reflect actual configuration

Bore – mm (in)	137.2 (5.4)
Stroke – mm (in)	152.4 (6.0)
Displacement – L (in³)	27.03 (1649.47)
Compression Ratio	16.5:1
Aspiration	TA
Fuel System	MEUI
Governor Type	ADEM™ A4

Standby 60 Hz kW (kVA)	Prime 60 Hz kW (kVA)	Standby 60 Hz kW (kVA)	Prime 60 Hz kW (kVA)	Emissions Performance
750 (937)	680 (850)	800 (1000)	725 (906)	Optimized for Low Fuel Consumption

**Standard Features**

**Cat® Diesel Engine**

- Designed and optimized for low fuel consumption
- Reliable performance proven in thousands of applications worldwide

**Generator Set Package**

- Accepts 100% block load in one step and meets NFPA 110 loading requirements
- Conforms to ISO 8528-5 G3 load acceptance requirements
- Reliability verified through torsional vibration, fuel consumption, oil consumption, transient performance, and endurance testing

**Alternators**

- Superior motor starting capability minimizes need for oversizing generator
- Designed to match performance and output characteristics of Cat diesel engines

**Cooling System**

- Cooling systems available to operate in ambient temperatures up to 50°C (122°F)
- Tested to ensure proper generator set cooling

**EMCP 4 Control Panels**

- User-friendly interface and navigation
- Scalable system to meet a wide range of installation requirements
- Expansion modules and site specific programming for specific customer requirements

**Warranty**

- 24 months/1000-hour warranty for standby and mission critical ratings
- 12 months/unlimited hour warranty for prime and continuous ratings
- Extended service protection is available to provide extended coverage options

**Worldwide Product Support**

- Cat dealers have over 1,800 dealer branch stores operating in 200 countries
- Your local Cat dealer provides extensive post-sale support, including maintenance and repair agreements

**Financing**

- Caterpillar offers an array of financial products to help you succeed through financial service excellence
- Options include loans, finance lease, operating lease, working capital, and revolving line of credit
- Contact your local Cat dealer for availability in your region

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

# Cat® 3516B

## Diesel Generator Sets

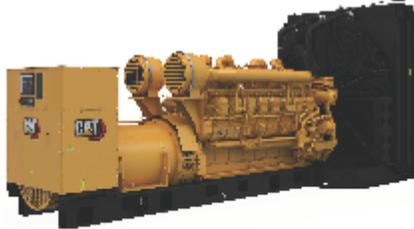


Image shown may not reflect actual configuration

Bore – mm (in)	170 (6.69)
Stroke – mm (in)	190 (7.48)
Displacement – L (in³)	69 (4210.64)
Compression Ratio	14.0:1
Aspiration	TA
Fuel System	EUI
Governor Type	ADEM™ A3

Standby 60 Hz kW (kVA)	Mission Critical 60 Hz kW (kVA)	Prime 60 Hz kW (kVA)	Continuous 60 Hz kW (kVA)	Emissions Performance
2000 (2500)	2000 (2500)	1825 (2281)	1640 (2050)	Optimized for Low Fuel Consumption and Low Emissions

### Features

#### Cat® Diesel Engine

- Designed and optimized for low emissions or low fuel consumption
- Reliable performance proven in thousands of applications worldwide

#### Generator Set Package

- Accepts 100% block load in one step and meets NFPA 110 loading requirements
- Conforms to ISO 8528-5 G3 load acceptance requirements
- Reliability verified through torsional vibration, fuel consumption, oil consumption, transient performance, and endurance testing

#### Alternators

- Superior motor starting capability minimizes need for oversizing generator
- Designed to match performance and output characteristics of Cat diesel engines

#### Cooling System

- Cooling systems available to operate in ambient temperatures up to 50°C (122°F)
- Tested to ensure proper generator set cooling

#### EMCP 4 Control Panels

- User-friendly interface and navigation
- Scalable system to meet a wide range of installation requirements
- Expansion modules and site specific programming for specific customer requirements

#### Warranty

- 24 months/1000-hour warranty for standby and mission critical ratings
- 12 months/unlimited hour warranty for prime and continuous ratings
- Extended service protection is available to provide extended coverage options

#### Worldwide Product Support

- Cat dealers have over 1,800 dealer branch stores operating in 200 countries
- Your local Cat dealer provides extensive post-sale support, including maintenance and repair agreements

#### Financing

- Caterpillar offers an array of financial products to help you succeed through financial service excellence
- Options include loans, finance lease, operating lease, working capital, and revolving line of credit
- Contact your local Cat dealer for availability in your region

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Cat® 3412**  
Diesel Generator Sets



Image shown may not reflect actual configuration

Bore – mm (in)	137.2 (5.4)
Stroke – mm (in)	152.4 (6)
Displacement – L (in³)	27.02 (1648.88)
Compression Ratio*	13.0:1
Compression Ratio**	14.1:1
Aspiration	TA
Fuel System	Pump and Lines
Governor Type	ADEM™ A5

Standby 80 Hz kW (kVA)	Prime 80 Hz kW (kVA)	Emissions Performance
**700 (875)	**635 (793)	Optimized for Low Fuel Consumption
*750 (937)	*680 (850)	
*800 (1000)	*725 (906)	

**Standard Features**

**Cat® Diesel Engine**

- Designed and optimized for low fuel consumption
- Reliable performance proven in thousands of applications worldwide

**Generator Set Package**

- Accepts 100% block load in one step and meets NFPA 110 loading requirements
- Conforms to ISO 8528-5 G3 load acceptance requirements
- Reliability verified through torsional vibration, fuel consumption, oil consumption, transient performance, and endurance testing

**Alternators**

- Superior motor starting capability minimizes need for oversizing generator
- Designed to match performance and output characteristics of Cat diesel engines

**Cooling System**

- Cooling systems available to operate in ambient temperatures up to 49°C (120°F)
- Tested to ensure proper generator set cooling

**EMCP 4 Control Panels**

- User-friendly interface and navigation
- Scalable system to meet a wide range of installation requirements
- Expansion modules and site specific programming for specific customer requirements

**Warranty**

- 24 months/1000-hour warranty for standby and mission critical ratings
- 12 months/unlimited hour warranty for prime and continuous ratings
- Extended service protection is available to provide extended coverage options

**Worldwide Product Support**

- Cat dealers have over 1,800 dealer branch stores operating in 200 countries
- Your local Cat dealer provides extensive post-sale support, including maintenance and repair agreements

**Financing**

- Caterpillar offers an array of financial products to help you succeed through financial service excellence
- Options include loans, finance lease, operating lease, working capital, and revolving line of credit
- Contact your local Cat dealer for availability in your region

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

		S. Page	T. Page		
TECHNICAL SPECIFICATION					
<p> <b>•PROJECT NAME</b> : PETROAMAZONAS 27.2MW MPU  <b>•PLANT OWNER</b> : PETROAMAZONAS EP  <b>•ENGINE TYPE</b> : HIMSEN 9H21/32  <b>•TITLE</b> : MAIN ENGINE         </p>					
<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; display: inline-block; color: red; font-weight: bold;">FOR CONSTRUCTION</div>					
<div style="border: 1px solid red; padding: 2px; display: inline-block; color: red; font-size: 0.8em;">             This document is the property of HHI and shall neither be copied, shown nor communicated to a third party without the written consent of HHI.           </div>					
DRAWN	DESIGN	CHECK	APRD	DESCRIPTION	R
					3
					2
K.H.KIM	K.H.KIM	H.S.PARK	D.Y.KIM	ISSUED FOR CONSTRUCTION	1
2015-04-29	2015-04-29	2015-04-29	2015-04-29		
K.H.KIM	K.H.KIM	H.S.PARK	D.Y.KIM	ISSUED FOR CONSTRUCTION	0
2013-05-27	2013-05-27	2013-05-27	2013-05-27		
K.H.KIM	K.H.KIM	H.S.PARK	D.Y.KIM	ISSUED FOR RE-APPROVAL	B
2013-04-15	2013-04-15	2013-04-15	2013-04-15		
K.H.KIM	K.H.KIM	H.S.PARK	D.Y.KIM	ISSUED FOR APPROVAL	A
2013-03-21	2013-03-21	2013-03-21	2013-03-21		
				<b>DOC NO.</b>  <span style="font-size: 1.2em; color: magenta;">PAMA-TEC-M08</span>	
			<b>ENGINE &amp; MACHINERY DIVISION</b>		

HSEF-K210-C014(R0)

ENGINE & MACHINERY DIVISION

A4(210mmX297mm)모포지

“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA BASADO EN LA ISO 50001, EN EL PROCESO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA DEL CAMPO SACHA BLOQUE 60 DE EP PETROECUADOR”

**Anexo - Definiciones**

**Organización**

Persona o grupo de personas que tienen sus propias funciones con responsabilidades, autoridades y relaciones para lograr sus objetivos (Norma ISO 50001, 2018).

***Alta Dirección***

Persona o grupo de personas que dirige y controla una organización al más alto (Norma ISO 50001, 2018).

***Equipo de Gestión de la Energía***

Personas con responsabilidades y autoridad para la implementación eficaz de un sistema de gestión de la energía y para la realización de las mejoras del desempeño energético (Norma ISO 50001, 2018).

***Desempeño Energético***

Resultados medibles relacionados con la eficiencia energética, el uso de la energía y el consumo de energía (Norma ISO 50001, 2018).

***Mejora del Desempeño Energético***

Mejora en los resultados medibles de la eficiencia energética, o del consumo de energía relacionada con el uso de la energía, comparada con la línea base energética (Norma ISO 50001, 2018).

***Línea de Base Energética***

Referencia cuantitativa que proporciona la base para la comparación del desempeño energético (Norma ISO 50001, 2018).

***Indicador de Desempeño Energético***

Medida o unidad de desempeño energético, según lo define la organización (Norma ISO 50001, 2018).