

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:  
**“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA  
CAMPOS PETROLEROS EN EL ECUADOR BASADA EN LA ISO 50001”**

Realizado por:  
**OMAR DARÍO RUBIO AGUIAR**

Director del proyecto:  
**Edilberto Antonio Llanes Cedeño, Ph.D.**

Como requisito para la obtención del título de:  
**MAGISTER EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL MENCIÓN EFICIENCIA  
ENERGÉTICA**

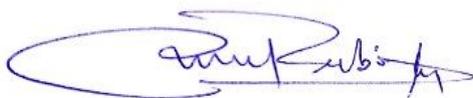
Quito, marzo de 2022

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

### DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, OMAR DARÍO RUBIO AGUIAR, con cédula de identidad # 1803013083, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a 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

1803013083

# “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

## DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

**“ELABORACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA  
CAMPOS PETROLEROS EN EL ECUADOR BASADA EN LA ISO 50001.”**

Realizado por:

**OMAR DARÍO RUBIO AGUIAR**

como Requisito para la Obtención del Título de:

**MAGISTER EN ECOEFICIENCIA INDUSTRIAL MENCIÓN EFICIENCIA  
ENERGÉTICA**

ha sido dirigido por el profesor

**EDILBERTO LLANES CEDEÑO, Ph.D.**

quien considera que constituye un trabajo original de su autor.



FIRMA

**LOS PROFESORES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes:

**Jesús López Villada, P.h.D.**

**Javier Martínez Gómez, P.h.D**

Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador



FIRMA



FIRMA

Quito, marzo de 2022

**DEDICATORIA**

Con mucho amor para mi esposa Moni, Rafaela Alejandra y Romeo Jay, quienes son el pilar y razón de mi vida.

**AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento profundo al Ph.D. Edilberto Llanes por sus valiosos aportes para poder sacar adelante este proyecto, a todos mis profesores de carrera por todo el conocimiento y experiencias compartidas.

A la Universidad Internacional SEK por estar siempre innovando con carreras que buscan dar respuesta a las necesidades del país.

# “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

## Índice general

Introducción .....	13
Objetivo General .....	17
Objetivos Específicos .....	18
Justificación.....	18
¿Cómo la actuación de los procesos de producción varía con las condiciones cambiantes?23	
Motivaciones para la implementación de las normas ISO 50001. ....	23
Dificultades.....	24
Beneficios.....	24
Materiales y métodos. ....	25
Materiales .....	25
Metodología. ....	26
ISO 50001 - 2018. ....	26
Ciclo “Planificar-Hacer-Verificar-Actuar” (PHVA).....	27
Requerimientos ISO 50001 .....	29
Requisitos Generales .....	31
Alta Gerencia.....	31
Formación del equipo de trabajo .....	33
Competencia.....	34
Política Energética.....	35
Objetivos, metas energéticas y la planificación para lograrlos. ....	36
Requisitos legales .....	36
Planificar - Revisión energética .....	41

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Revisión energética .....	41
Indicadores de desempeño energético .....	42
Línea de base energética.....	42
Diagrama energético – productivo.....	44
Estratificación. ....	44
Gráfico de control. ....	45
Gráfico de consumo y producción en el tiempo. ....	46
Diagrama de consumo – producción.....	47
Diagrama índice de consumo – producción.....	48
Determinación de indicadores. ....	48
Comunicación.....	49
Información Documentada. ....	50
Generalidades.....	50
Creación y Actualización.....	50
Control de la información documentada.....	51
Planificación y control operacional. ....	51
Diseño.....	53
Adquisición.....	54
Seguimiento, medición, análisis y evaluación del desempeño energético y del SGen.....	55
Auditoría interna.....	56
Revisión por la dirección.....	58
Resultados. ....	58

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Compromiso de la alta gerencia. ....	59
Formación del equipo de trabajo .....	60
Competencia. ....	61
Política Energética. ....	63
Objetivos, metas energéticas y la planificación para lograrlos .....	64
Revisión energética .....	64
Línea de base energética .....	68
Estratificación. ....	69
Gráfico de Consumo y Producción en el tiempo (E-P vs T).....	71
Diagrama de Consumo - Producción. ....	74
Línea base meta.....	77
Indicadores de desempeño energético. ....	80
Gráfico de control. ....	81
Comunicación.....	85
Información Documentada. ....	86
Planificación y control operacional .....	88
Auditoría Interna .....	90
No conformidad, corrección, acción correctiva y acción preventiva. ....	90
Revisión por la dirección.....	92
Discusión de resultados.....	93
Conclusiones. ....	98
Referencias.....	101
Anexos.....	108
Anexo 1. Política Energética. ....	109
Anexo 2. Lista de verificación de auditoria ISO 50001. ....	110

**Índice de Figuras**

Figura 1. <i>Evolución del Precio del petróleo OPEP 2002 - 2022</i> .....	16
Figura 2. <i>Causas que caracterizan el bajo nivel de la Gestión Energética</i> .....	21
Figura 3 <i>Ciclo de Mejora continua.</i> .....	28
Figura 4. <i>Requerimientos ISO 50001</i> .....	29
Figura 5. <i>Estructura orgánica de un equipo de gestión de la energía con actividades.</i> .....	34
Figura 6. <i>Diagrama de flujo de revisión energética</i> .....	42
Figura 7. <i>Partes de un diagrama de control.</i> .....	46
Figura 8. <i>Estructura orgánica de un equipo de gestión de la energía</i> .....	60
Figura 9. <i>Participación de energéticos en la producción petrolera para el campo.</i> .....	64
Figura 10. <i>Flujograma energético-productivo del proceso de extracción de petróleo</i> .....	67
Figura 11. <i>Diagrama esquemático del proceso de producción de petróleo.</i> .....	67
Figura 12. <i>Diagrama de consumo energético.</i> .....	68
Figura 13. <i>Consumo de energía eléctrica mensual por tipo de energético.</i> .....	70
Figura 14. <i>Diagrama energético productivo.</i> .....	70
Figura 15. <i>Diagrama de Sankey, identificación de uso significativo de energía eléctrica.</i> .....	71
Figura 16. <i>Consumo de energía y producción de fluido (BF) en el tiempo.</i> .....	73
Figura 17. <i>Consumo de energía y producción de petróleo (BP) en el tiempo.</i> .....	74
Figura 18. <i>Consumo de energía vs producción de barriles de fluido.</i> .....	76
Figura 19. <i>Consumo de energía vs producción de barriles de crudo.</i> .....	76
Figura 20. <i>Consumo de energía vs producción de barriles de fluido.</i> .....	78
Figura 21. <i>Consumo de energía vs producción de barriles de crudo.</i> .....	79

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Figura 22. Índice de consumo kWh/Bl para la producción de crudo. ....	80
Figura 23. Índice de consumo kWh/Bl para la producción de fluido. ....	81
Figura 24. Gráfico de control de índice de consumo para la producción total de fluido (Icf). ....	84
Figura 25. Gráfico de control de índice de consumo para la producción total de crudo (Icc). .....	85
Figura 26. Estrategias de control operacional eficiente. ....	90
Figura 27. EROI del petróleo en Ecuador y para los Bloques 21, 46, 47, 56, 57, 7, 10, 15, 16, 60, 62, 61 y 67 .....	98

# “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

## Índice de Tablas

Tabla 1. <i>Costos de producción del valor de petróleo</i> .....	15
Tabla 2 <i>Requerimientos ISO 50001</i> .....	30
Tabla 3 <i>Regulaciones técnicas sobre eficiencia energética en el Ecuador</i> .....	38
Tabla 4. <i>Identificación de capacitación para actores clave del SGEEn.</i> .....	62
Tabla 5. <i>Consumo de energía por tipo de energético.</i> .....	69
Tabla 6. <i>Producción de Fluido y Crudo, Consumo de Energía Total – Año 2020.</i> .....	72
Tabla 7. <i>Límites del coeficiente de correlación <math>r^2</math></i> .....	75
Tabla 8. <i>Plan de comunicación</i> .....	85
Tabla 9. <i>Información mínima requerida por la ISO 50001</i> .....	87
Tabla 10. <i>Índice de consumo Icc Petroamazonas EP.</i> .....	94
Tabla 11. <i>Parámetro EROI mensual – Año 2020</i> .....	95
Tabla 12. <i>Tabla de equivalencias energéticas</i> .....	96
Tabla 13. <i>Cálculo preliminar de la tasa de retorno energético EROI o TRE de Petroamazonas EP.</i> .....	97

# “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

## Resumen

En el presente trabajo se elabora una metodología para la Gestión Energética en campos petroleros del Ecuador basado en la norma ISO 50001, la ISO 50001 es un proceso sistemático focalizado en la mejora continua del desempeño energético apoyado en el marco de mejora continua “planificar-hacer-verificar-actuar”.

Basado en los datos obtenidos de uno de los mayores campos del país, se han determinado que los energéticos principales utilizados son el diésel (14%), el gas (10%), en este caso muy particular se tiene el aporte de energía hidroeléctrica (76%); y en algunos campos se cuenta con el aporte de energía producida con crudo. En el diagrama de procesos se evidencia que casi la totalidad de la energía empleada en el proceso de producción es energía eléctrica (>95%) y de la totalidad de esta energía, entre el 90 y 95% es empleada para el proceso de extracción de fluido y bombeo de agua de formación.

Se ha establecido la siguiente ecuación que relaciona el consumo de energía vs la producción total de fluido (línea base)  $y = 0.0035x + 1966.8$ , y  $y = 0.0161x + 996.37$  si se considera únicamente la relación consumo de energía vs la producción de crudo. Los índices de consumo Icc calculados son 16.60 Kwh/Bl de crudo y 3.72 Kwh/Bl de fluido.

Finalmente se determinan líneas base meta que permitirán ahorros de energía entre 0.6 a 1.8%, y se calcula el parámetro de Retorno Energético EROI, determinando un valor de 50.39 para el B57 de la EP Petroecuador.

**Palabras Clave:** energía, petróleo, ISO 50001 2018, línea base, índice de consumo.

# “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

## Abstract

The following paper presents a methodology for the Energy Management in the Ecuadorian petroleum fields based on the ISO standard 50001. ISO 50001 is a systematic process focused on the continuous improvement of the energetic development, sustained on the framework of continuous improvement “plan-do-verify-act”.

Based on the data obtained from one of the largest fields in the country, it has been determined that the main energetic components used are diesel (14%), gas (10%), and in this very particular case there is the input of hydroelectric energy (76%): and in some fields there is energy contribution produced with crude oil. In the processes diagram it is evidenced that almost the entirety of the energy used in the process of production is electric energy (>95%) and the totality of this energy, between the 90 and 95% is used for the process of fluid extraction and pumping of water formation.

The following equation has been established, which relates the consumption of energy vs the total production of fluid (baseline)  $y = 0.0035x + 1966.8$ , and  $y = 0.0161x + 996.37$  if only the relation between energy consumption vs the production of crude oil is considered. The index of consumption  $I_{cc}$  calculated are 16.60 Kwh/Bl of crude oil and 3.72 Kwh/Bl of fluid.

Lastly, target baselines are determined to allow savings of energy between 0.6 and 1.8%, and the parameter of Energetic Return EROI is calculated, determining a value of 50.39 for the B57 of the EP Petroecuador.

**Keywords:** energy, petroleum, ISO 50001 2018, baseline, consumption index.

# “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

## Introducción

“La dinámica de la industria petrolera impacta en el desarrollo económico y social de las naciones. Su importancia es vital, ya que representa un tercio del suministro de energía primaria de la humanidad y alcanza el 2.5% del PIB mundial” (AHIE, 2020, p. 3).

Si bien los costos de producción del barril de petróleo pueden variar bastante como lo muestra la tabla 1, las inversiones en la industria son altas debido a que es un negocio altamente rentable aun cuando los costos de producción sean altos. De acuerdo a proyecciones de la OPEP, se necesitarán 11.8 billones de dólares en inversión para el período de 2020-2035 en la industria petrolera, de estos, 9.2 billones (78%) corresponden a inversiones en el segmento de exploración y producción conocido en el sector como upstream.

Tabla 1.

*Costos de producción del valor de petróleo*

<b>País</b>	<b>Año</b>	<b>Precio (USD/BI)</b>
Arabia Saudita	2020	2.80
México	2021	14.00
Colombia	2017	16.30
Ecuador	2019	17.93
Rusia	2020	20.00

Rockefeller decía que “*el petróleo es el mejor negocio del mundo y el petróleo mal administrado es el segundo mejor*”.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

La estabilidad económica y social son determinantes en los precios del crudo a nivel mundial, los precios actualmente responden a un balance de oferta y demanda y a una necesidad de cubrir el precio marginal de producción de petróleo. La figura 1 muestra la evolución de los precios del petróleo en los últimos 20 años de acuerdo a los registros de la OPEP.

Figura 1.

*Evolución del Precio del petróleo OPEP 2002 - 2022*



Según proyecciones de Europa Press publicados en su sección de Economía:

Pese a los compromisos adquiridos por multitud de países para hacer frente al cambio climático y en contra de las energías fósiles, la demanda primaria de petróleo a nivel mundial seguirá aumentando sin cesar en los próximos años. En concreto, para 2045 será de 99 millones de barriles por día, frente a los 82,5 millones que se registraron en 2020. Esto supone un crecimiento anual del 0,7%. (2021).

López C., relaciona la cantidad de energía utilizada para producir un barril de petróleo con la cantidad de energía contenida en ese barril, y la variación que ha tenido en el tiempo:

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Hacia la mitad del siglo pasado, en Estados Unidos para obtener un barril de petróleo era necesario gastar la energía equivalente a un 1% aproximadamente de la energía contenida en ese barril, hoy esa cifra ha aumentado y se sitúa en promedio, sobre el 10%. A veces se cuantifica esta relación mediante el parámetro EROI (Energy Return On Investment); así, para el petróleo dicho indicador ha pasado de 100 a 10 en menos de 60 años. (2014).

En el Ecuador la industria petrolera es una de las empresas más importantes, y una de las que más aporta a la economía del país (~7% PIB); sin embargo, la mayoría de empresas que operan en país no cuentan con sistemas de gestión de energía.

Acostumbrados a la alta rentabilidad, la industria petrolera ha pagado altos costos por la energía sin casi considerar siquiera aspectos como la eficiencia energética. Solo en 2020, el ingreso neto de 5 de las mayores empresas petroleras en el mundo, suman casi 80 billones de dólares en ingresos netos para el sector del petróleo y sus derivados, hay que considerar que fue un año de pandemia y la economía se contrajo; afortunadamente esto está cambiando no solo impulsado por la baja en los precios de petróleo en años recientes, sino también debido a la presión ejercida por las regulaciones ambientales y de Eficiencia Energética.

### **Objetivo General**

La presente investigación tiene por objetivo general: Elaborar una metodología de gestión energética para campos petroleros en el Ecuador basada en la ISO 50001 para el control y monitoreo de los indicadores energéticos.

# “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

## **Objetivos Específicos**

Para cumplir con el objetivo principal se llevan a cabo los siguientes objetivos específicos:

- Caracterizar los consumos energéticos por medio de los datos históricos y aplicación del diagrama de Pareto, para el establecimiento de una línea base de consumo.
- Establecer una línea base del consumo energético, a partir de los energéticos más significativos y de su producción asociada para el establecimiento de indicadores energéticos.
- Proponer los indicadores energéticos mediante la aplicación de modelos matemáticos para incorporarlo en el sistema de gestión.
- Establecer el Sistema de Gestión Energética, aplicando la ISO 50001 SGE para la gestión de consumo energético y la toma de decisión por la alta dirección.

## **Justificación.**

Rafael Uriarte (2017) manifiesta que el consumo de energía tiene un gran impacto sobre la economía de una empresa:

La competencia del mercado alienta a las empresas a ser más eficientes a través de operaciones y reducción de costos de procesamiento. Se estima que en algunas Industrias Intensivas en Energía (EII), los gastos en energía pueden representar más del 30% del costo de producción final. El continuo incremento en los precios del barril de petróleo, junto con la electricidad, el gas y otros portadores de energía tiene un impacto

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

tremendo en la economía de las industrias manufactureras (MI), pero al mismo tiempo, proporciona una ventana de oportunidad para mejora y ahorro.

La reducción del consumo de energía en el sector industrial es reconocida como una de las estrategias más prácticas para mejorar la competitividad y aumentar los ingresos ayudando a las organizaciones a estar protegidas frente a escenarios de incertidumbre e inestabilidad financiera. Mediante la implementación del ahorro energético, se pueden lograr los siguientes beneficios.

- Mejor acceso a determinados mercados y diferenciación de productos.
- Disminuir el riesgo y la incertidumbre del mercado.
- Protección del medio ambiente.

Hay muchas formas de economizar el uso de energía, con una serie de tecnologías y sistemas disponibles para monitorear y reducir el consumo. ISO 50001 es una forma de unir políticas e iniciativas energéticas en un único sistema de gestión. "Crecimiento limpio" es una frase de moda que, en esencia, significa una mejor productividad, pero menos emisiones de gases de efecto invernadero.

Smarkia en su publicación “La ISO 50001 y la gestión energética”, recuerda que:

La solicitud a ISO para desarrollar una Norma Internacional de Gestión de la Energía, provino de la Oficina de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI), quién reconoció que la industria necesita articular una estrategia efectiva al cambio climático y la proliferación de normas nacionales de gestión de la energía. (Smarkia, 2014)

## **“METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”**

De acuerdo con Borroto Nordelo (2005):

La eficiencia energética puede alcanzarse por dos vías fundamentales, no excluyentes entre sí: mediante una mejor gestión energética y buenas prácticas de consumo, de operación y mantenimiento (administración de energía, medidas técnico organizativas con baja o ninguna inversión) y mediante tecnologías y equipos de alta eficiencia en remodelaciones de instalaciones existentes o en instalaciones nuevas (inversiones).

La primera vía tiene un menor costo, pero los resultados son más difíciles de conseguir y mantener. La segunda vía requiere mayores inversiones, pero el potencial de ahorro es más alto y asegura mayor permanencia de los resultados. Cualquiera de las dos permite aumentar la eficiencia energética, pero la combinación de ambas es lo que posibilita alcanzar el resultado óptimo, comenzando, por supuesto, con las medidas técnico organizativas.

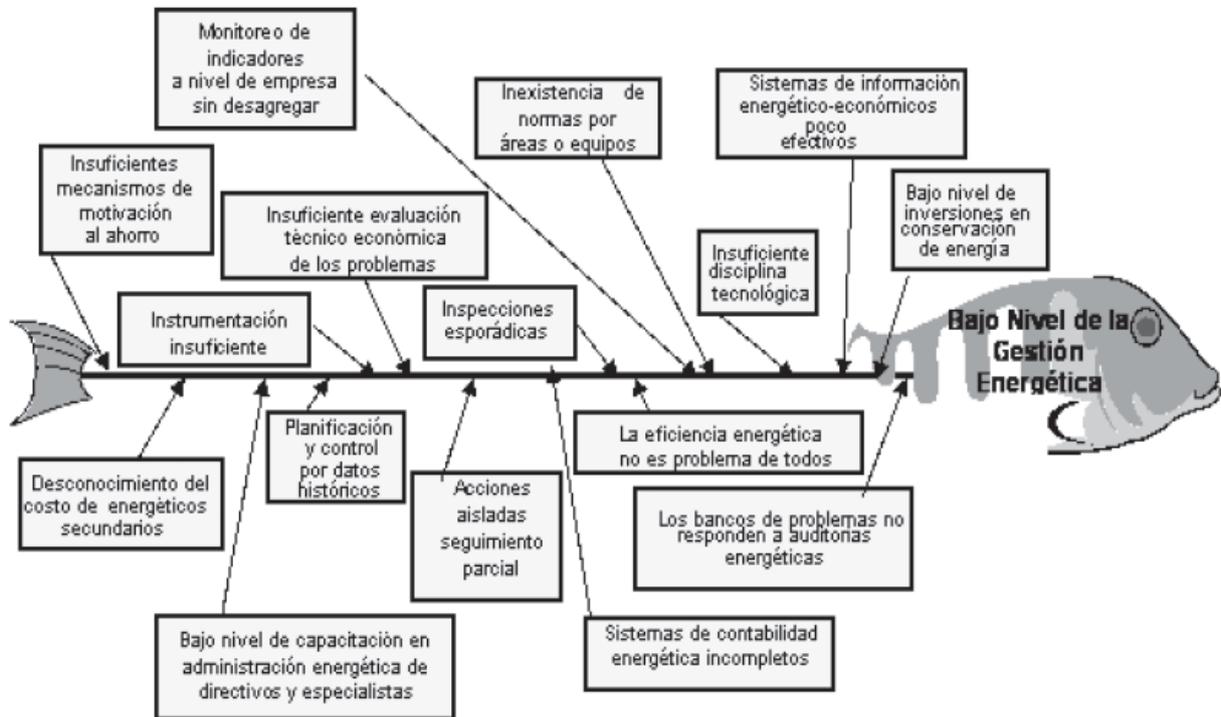
La predilección tecnológica entre ingenieros y gerentes ha fortalecido la creencia de que para incrementar los estándares de eficiencia es necesario contar con tecnología avanzada.

Algunos de los factores que más inciden de forma negativa en la eficiencia energética del sector industrial se muestran a continuación en la Figura 2.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Figura 2.

*Causas que caracterizan el bajo nivel de la Gestión Energética*



Fuente: Borroto, N. (2005).

De acuerdo con Borroto Nordelo (2005):

La aplicación de la Gestión Eficiente de la Energía en numerosas industrias ha demostrado su efectividad para establecer sistemas de monitoreo y control energético efectivos, para detectar potenciales ahorros de energía y aplicar medidas técnico-organizativas sin inversión o a través de inversiones con rápida recuperación, así como para diseñar e implementar programas de concientización, motivación y capacitación especializada para el personal, redundando todo ello en una reducción significativa de los consumos y costos energéticos.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

“Una práctica central de la Gestión de la Energía es definir e implementar indicadores de desempeño energético (IDE)” (Schulze et ál., 2016; Trianni et ál., 2019). Uno de los requerimientos de ISO 50001 es que la organización debe desarrollar e implementar EnPIs para monitoreo continuo (ISO, 2018). La norma ISO 50006 proporciona directrices prácticas (ISO, 2017) para ayudar a cumplir con este requisito. El tener identificados y claros los IDEs e implementarlos es un factor clave para el éxito de un SGI, como lo identifican Johansson y Thollander (2018), además facilita el establecimiento de los objetivos a largo plazo.

La falta de indicadores relevantes tanto a nivel de proceso como de planta, se ha identificado como una brecha de conocimiento de la industria (Bunse et al., 2011), en base a esto, se han desarrollado modelos generales para la elaboración de IDEs para la gestión de la energía (Benedetti, 2017; Mayo, 2015).

Lawrence (2019), encontró que dos de los cuatro impulsores mejor clasificados para una gestión energética exitosa en la industria sueca estaba relacionada con el conocimiento del proceso, es decir, acceso a la competencia interna con conocimiento de los procesos y conocimiento de las operaciones diarias. IDEs diseñados adecuadamente contribuyen exactamente a eso para el personal de la empresa, esto sugiere que el proceso de desarrollo de IDEs específicos de la empresa en sí mismo es importante para adquirir un conocimiento más profundo de los procesos de producción.

Uno de los puntos fuertes de la implementación ISO 50001 es que contribuye al compromiso de la alta dirección en el desempeño energético (Chan y Kantamaneni, 2015), pero se corre el riesgo de que esté rivalizando con las principales asignaciones del personal (Păunescu y Blid, 2016), sin embargo, haciendo uso de la competencia interna de personal

## **“METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”**

interdisciplinario en proyectos de mejora de la eficiencia energética no solo reduce el efecto disuasorio de la complejidad de una medida, pero también promueve el aprendizaje organizacional a través de un intercambio de conocimiento (Svensson y Paramonova, 2017), y fomenta innovaciones en eficiencia energética (Solnørdal y Thyholdt, 2019).

### **¿Cómo la actuación de los procesos de producción varía con las condiciones cambiantes?**

Como la calidad de la materia prima, la influencia de estas condiciones en los IDE desarrollados, deben tenerse en cuenta en el análisis del desempeño energético (Beisheim et ál., 2019). Investigaciones anteriores han identificado con éxito los factores de influencia y definieron los IDEs utilizando datos históricos de energía, desarrollando una mejora continua de desempeño energético (Velázquez, 2013), dependiendo de las operaciones de la organización, los métodos para definir IDEs difieren (Chiu, 2012). Sivill y col. (2009) también distinguen el propósito de los indicadores como descriptivos o explicativos.

### **Motivaciones para la implementación de las normas ISO 50001.**

Hay varios motivos detrás de la aplicación de estándares. Desde una perspectiva empírica, Bansal y Roth (2000, p. 717-736) proponen tres tipos de motivos que llevan a las empresas a implementar ISO 14001: competitividad, legitimación y responsabilidad ecológica. Neumayer y Perkins (2005, p. 237-259) también subrayó un par de motivaciones que llevan a las empresas a adoptar la ISO 14001: interna relacionada a la eficiencia, y externos relacionados con la presión social que ejercen los diferentes agentes para persuadir los gerentes de la empresa para adoptar ciertas prácticas. Pan (2003, p. 564-578), explorando las motivaciones de las empresas registrar ISO 14001 en cuatro países del Lejano Oriente (Japón, Taiwán, Corea y

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Hong-Kong), encontró que el deseo de mejorar la imagen corporativa, la mejora ambiental, la obtención de marketing ventaja, y la mejora de las relaciones con la comunidad fueron las razones transcendentales para la Certificación ISO 14001.

### **Dificultades.**

Según Wessels (2011), la dificultad de la implementación de ISO 50001 en Toyota SA estaba en cambiar la mentalidad de las personas de que la reducción de energía no necesariamente tiene un impacto en la seguridad, la calidad, o tiempo del ciclo de producción. Babakri y col. (2003, p. 749-754) ha investigado las dificultades para la implementación de ISO 14001 en compañías estadounidenses, como el alto costo de la certificación, la falta de recursos disponibles, la falta de liderazgo compromiso, incertidumbre de los beneficios de ISO 14001, etc. Velázquez (2013, p. 217-225) declaró que la dificultad en la implementación de SGen en las industrias del petróleo en Sevilla fue en la determinación de la línea de base energética e indicador de desempeño energético (IDE) debido a la complejidad de la data; la producción las tasas son muy variables y varios procesos que interactúan coexisten en un solo sitio.

### **Beneficios.**

El estándar ISO 50001 es una herramienta poderosa para que las empresas mejoren su desempeño energético. Wessels (2011) mostró que la implementación en Toyota SA ha demostrado ser exitosa con indicadores de ahorro de energía / año y kg de CO<sub>2</sub> de ahorro / año. Velázquez (2013) también encontró que 2,82 GWh se han logrado ahorros de energía. Lambert (2010) estimó que Bentley Group ahorró al menos 180 kW y 1.532.768 kWh en un año. Además, se ha demostrado que en el grupo Bridgestone, entre en 2000 y 2010, la energía utilizada en el lugar por cada automóvil producido se redujo en dos tercios. Recientemente,

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Jabbour (2017) también identificó varias contribuciones de la ISO 50001 en apoyo de la adopción de la gestión de la cadena de suministro. Una guía práctica de integración-energía para la introducción de la energía mediante la ISO 50001.

El sistema de gestión puede satisfacer de forma eficiente las demandas de indicadores de rendimiento energético y aprobar la certificación internacional para sistemas de gestión de la energía ISO 50001 (Chiu, 2012).

Se ha demostrado que otras normas, como la ISO 14001, también brindan beneficios operativos, en términos de tiempo de ciclo, eficiencia, flexibilidad, costo, seguridad de la planta, en general productividad, innovación de productos, rendimiento del producto, calidad del producto, defectos, garantía de calidad, y optimización de procesos.

En consecuencia, los impulsores internos, como los impulsores de la ecología, parecen ser los motivos más importantes para adoptar la ISO 50001, sin embargo, también parecen estar presentes motivos externos como la obtención de una ventaja competitiva y las exigencias sociales. El término "requisitos sociales" puede causar algunos malentendidos. En este caso lo es compuesto por dos elementos. El primero está relacionado con los incentivos de la administración pública y el segundo relacionados con los incentivos promovidos por otras instituciones profesionales

### **Materiales y métodos.**

#### **Materiales**

Los datos de estudiado se obtuvieron de los reportes de generación y despacho energético obtenidos del sistema SCADA y de los reportes de producción del campo.

## **“METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”**

Aunque cada campo petrolero tiene sus particularidades para la obtención y procesamiento de los reportes de generación y operación, generalmente se dispone de un sistema SCADA para la obtención de los datos de consumo de energía eléctrica y se elaboran reportes de los principales consumos.

Los datos de consumo de energía eléctrica que son los que más importan, solo se guardan a nivel de cabecera de alimentadores. Si bien se tienen equipos de medición en casi la totalidad de las cargas más importantes, no todas se guardan o almacenan, por lo que se deberán realizar campañas de medición, aunque dichas mediciones resultarían ser pocas y su consumo no resulta significativo.

### **Metodología.**

#### **ISO 50001 - 2018.**

Esta norma proporciona los requisitos para un proceso sistemático, orientado a la información y basado en hechos, focalizado en la mejora continua del desempeño energético. El desempeño energético es un elemento clave, integrado dentro de los conceptos introducidos en este documento, de manera de asegurar resultados eficaces y medibles a lo largo del tiempo. El desempeño energético es un concepto que está relacionado con la eficiencia energética, el uso de la energía y el consumo de energía. Los indicadores de desempeño energético (IDEn) y las líneas de base energética (LBEn) son dos elementos interrelacionados que se abordan en este documento para permitirle a las organizaciones demostrar la mejora del desempeño energético.

### **Ciclo “Planificar-Hacer-Verificar-Actuar” (PHVA).**

El SGEN que se describe en este documento se basa en el marco de mejora continua “planificar-hacer-verificar-actuar”, e incorpora la gestión energética a las prácticas organizacionales existentes, como lo muestra la Figura 3.

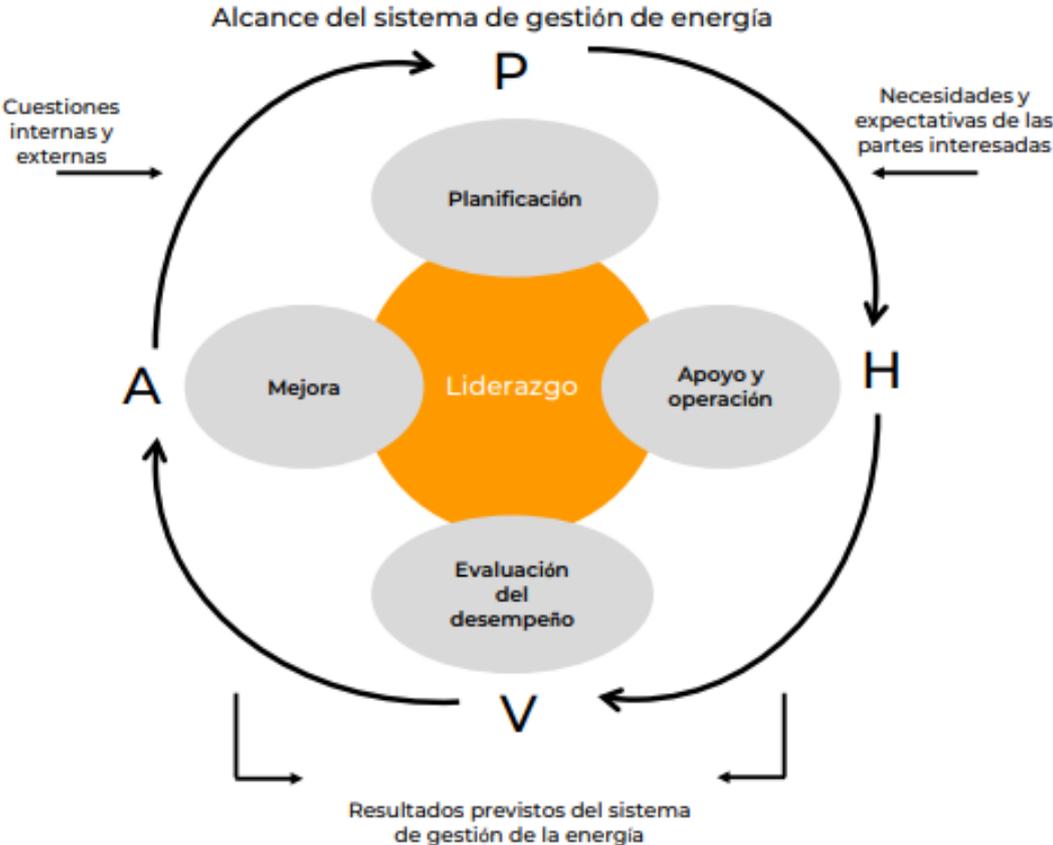
En el contexto de la gestión energética, el enfoque PHVA se puede resumir de la siguiente manera:

- **Planificar:** comprender el contexto de la organización, establecer la política energética y el equipo de gestión de la energía, considerar las acciones para abordar los riesgos y las oportunidades, realizar una revisión energética, identificar los usos significativos de la energía (USE) y establecer indicadores de desempeño energético (IDEn), líneas de base energética (LBEn), metas y objetivos energéticos y los planes de acción necesarios para entregar los resultados que mejorarán el desempeño energético, de acuerdo con la política energética de la organización
- **Hacer:** implementar planes de acción, controles operacionales y de mantenimiento, y la comunicación, asegurar la competencia y considerar el desempeño energético en el diseño y la adquisición.
- **Verificar:** realizar el seguimiento, medir, analizar, evaluar, auditar y dirigir las revisiones por la dirección del desempeño energético y del SGEN.
- **Actuar:** tomar acción para abordar las no conformidades, y mejorar continuamente el desempeño energético y el SGEN.

“METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Figura 3

Ciclo de Mejora continua.



Fuente: Flores, L., & Jáuregui, I. (2020).

### Requerimientos ISO 50001

Figura 4.

*Requerimientos ISO 50001*



Fuente: Flores, L., & Jáuregui, I. (2020).

La norma ISO 50001 presenta una lista de requerimientos para la adopción del SGEN. Estos son clasificados como medulares y estructurales (Arteaga J., 2020).

- Los requerimientos medulares son los procedimientos inherentes para, observar, evaluar y mejorar el desempeño energético. (resaltados - tabla 2)
- Los requerimientos estructurales proveen la estructura alrededor de los requerimientos medulares (no resaltados - tabla 2). Estos convierten a la gestión energética en un proceso controlado y sistemático.

# “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Tabla 2

*Requerimientos ISO 50001*

P - Planificar	4.1. Comprensión de la organización en su contexto
	4.2. Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas
	4.3. Determinación del alcance del sistema de gestión de la energía
	4.4. Sistema de gestión de la energía
	5.1. Liderazgo y compromiso
	5.2. Política energética
	5.3. Roles, responsabilidades y autoridades en la organización
	6.1. Acciones para abordar los riesgos y las oportunidades
	6.2. Objetivos, metas energéticas y la planificación para lograrlos
	6.3. Revisión energética
	6.4. Indicadores de desempeño energético
	6.5. Línea de base energética
	6.6. Planificación para la recopilación de datos de la energía
	H - Hacer
7.2. Competencia	
7.3. Toma de conciencia	
7.4. Comunicación	
7.5. Información documentada	
8.1. Planificación y control operacional	
8.2. Diseño	
8.3. Adquisición	
V - Verificar	
	9.2. Auditoría interna
	9.3. Revisión por la dirección
A - Actuar	10.1. No conformidad y acción correctiva
	10.2. Mejora continua

Nota: Tomado de la ISO 50001 – 2018, Energía (2017).

## **Requisitos Generales**

Arteaga, J. sostiene que:

Para el desarrollo del SGEN es importante entender el contexto general en cual se va a implementar. Esto nos permite definir el propósito que tiene dentro de la organización, para ello se debe considerar que el factor humano es un actor fundamental en todo el proceso, en este sentido, es muy importante identificar a todos los involucrados, hacer un análisis cultural de la empresa y establecer planes de acción para su integración. De acuerdo a este planteamiento es necesario establecer tres fundamentos: compromiso de la alta gerencia, formación del equipo de trabajo, y la creación de una política energética. (2020, p. 27).

## **Alta Gerencia**

SUE Consulting (2021), define el rol de la Alta Gerencia de acuerdo a la ISO 50001-2018 como:

La ISO 50001-2018 requiere de la Alta Gerencia el papel de liderazgo y no, como antes, el papel de apoyo de la alta dirección en la introducción, el establecimiento y el desarrollo adicional del sistema de gestión de energía. Sin el compromiso personal de la dirección y la provisión de tiempo, recursos humanos y financieros, no se puede lograr un sistema de gestión eficaz, sin importar el tipo y la calidad que se establezcan.

Los directores generales deben apoyar y promover la inclusión de ejecutivos y empleados a través de la participación, calificación, motivación, reconocimiento, capacitación y recompensa.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

De acuerdo con el requisito estándar, la alta dirección es responsable de la función o disfunción del sistema de gestión de energía (como con otros sistemas de gestión). La norma establece claramente que la máxima responsabilidad recae en la alta dirección; aunque la dirección puede delegarse, la alta dirección sigue teniendo la responsabilidad general.

El TOP-Management es responsable de la introducción, realización y mejora del SGen, el cumplimiento de los requisitos de ISO 50001: 2018, la implementación de los planes de acción, garantizar la presentación de informes y mejorar el desempeño relacionado con la energía, y el uso de criterios y procedimientos para mantener y controlar el SGen.

El Representante de Gestión de Energía se puede nombrar interna o externamente. Un externo puede ser un experto con bastante conocimiento en gestión energética pero que no siempre está en el sitio, por lo que no puede realizar todas las tareas de gestión. Por otro lado, un Representante de Gestión de Energía asignado internamente no es el especialista en todas las áreas de la gestión de la energía y, por lo tanto, depende de la ayuda externa, por ejemplo, al comprar energía o en la evaluación energética de ciertos sistemas. De ahí que la división de tareas con otras personas en la gestión energética sea de suma importancia.

El nombramiento de los representantes de la gestión de la energía y otras personas responsables de la gestión de la energía debe hacerse por escrito y con la firma de ambas partes. Ésta es la única forma de garantizar que las tareas del representante también se perciban conscientemente.

### **Formación del equipo de trabajo**

Un SGEEn se basa principalmente en un enfoque de trabajo de equipo. Su principal fortaleza es el aprovechamiento de las diversas habilidades y conocimientos de sus integrantes. El contar con un equipo de gestión de la energía aporta las siguientes fortalezas (Conuee, S. 2014):

- Ofrece diferentes puntos de vista sobre temas de interés.
- Distribuye la carga de trabajo.
- Facilita la implementación.
- Apoya la toma de decisiones.
- Promueve una mayor aceptación.
- Mejora las perspectivas para mantener el sistema.

El tamaño, composición y responsabilidades del equipo de gestión de la energía (ver Figura 5) varía acorde a la estructura de la organización. Es por esta razón que es recomendable incluir un colaborador por cada área relevante en términos del uso y consumo de energía (Conuee, S. 2014).

Algunas de estas áreas relevantes pueden ser:

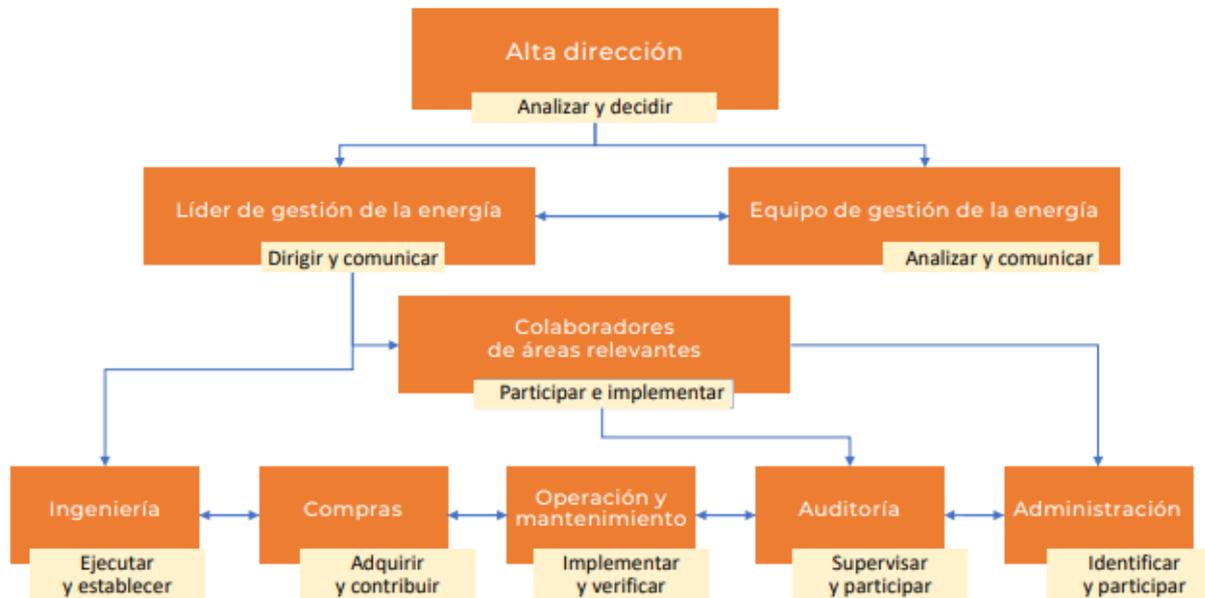
- Dirección corporativa.
- Ingeniería.
- Compras.
- Operación y mantenimiento.
- Auditoría.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

- Administración.

Figura 5.

*Estructura orgánica de un equipo de gestión de la energía con actividades.*



Fuente: Flores, L., & Jáuregui, I. (2020).

### **Competencia.**

La organización de acuerdo con el International Northern Registrar (INR) requiere:

- Determinar la competencia necesaria de las personas que trabajen bajo su control que afecten a su desempeño energético y al SGEN.
- Asegurarse de que estas personas son competentes basándose en una educación, formación, habilidades o experiencias apropiadas.
- Cuando proceda, tomar acciones para adquirir la competencia necesaria, y evaluar la eficacia de las acciones tomadas.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

- Conservar información documentada apropiada como evidencia de la competencia.  
(2018, p. 78)

### **Política Energética**

La Política Energética para SUE Consulting (2021) constituye:

El marco del enfoque de ahorro energético y de recursos de la compañía. Debe estar obligado a cumplir con la normativa legal vigente y otras que hayan surgido del contexto de la empresa, la contribución voluntaria más allá de este nivel legal y la declaración de mejora continua de la eficiencia energética. En particular, la política energética debe ser breve, fácil de entender y aplicable. En términos de contenido, debe constituir la base de la totalidad de los requisitos estándar del EnMS.

En general, las fases del SGen son Planificación, Realización, Operación, Evaluación del Desempeño y Mejora del Desempeño. Además de los requisitos relacionados con el contenido previamente conocidos, tres aspectos son particularmente especiales a destacar:

- Asegurar la disponibilidad de información y recursos.
- La obligación de cumplir con otros requisitos, por ejemplo, compromisos
- Soporte para la adquisición de productos energéticamente eficientes, y soporte del diseño energéticamente eficiente.

Por tanto, una política energética previamente documentada como parte de la gestión energética existente debe ampliarse al menos en estos puntos.

## **“METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”**

La política energética es revisada al menos una vez al año por la alta dirección debido a la reevaluación del contexto de la empresa para asegurarse de que está actualizado. El resultado de la revisión puede registrarse como una nota en el pie de página de la política energética (verificada y actualizada al momento de la firma / liberación) o en la Revisión de gestión.

### **Objetivos, metas energéticas y la planificación para lograrlos.**

Los objetivos pueden incluir tanto las mejoras generales al SGen, como las metas de mejora del desempeño energético, específicas y medibles. Mientras que algunos objetivos serán cuantificables y tendrán metas para la mejora del desempeño energético (por ejemplo, reducir el consumo de electricidad un 3 % para el final del año, 2 % de mejora de la eficiencia energética de la planta en el cuarto trimestre), otros objetivos pueden ser cualitativos (por ejemplo, los relacionados con el comportamiento energético, el cambio cultural). A menudo es posible otorgarles valores cuantitativos a objetivos cualitativos, mediante estudios u otros mecanismos similares (UNE-EN ISO 50001, 2018).

### **Requisitos legales**

#### **CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LA REPÚBLICA**

Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008

Última modificación: 25-ene.-2021

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

## **“METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”**

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

### **LEY ORGÁNICA DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

Artículo 1.- Objeto y alcance de la ley.- La presente ley tiene por objeto garantizar que el servicio público de energía eléctrica cumpla los principios constitucionales de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad, calidad, sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia, para lo cual, corresponde a través del presente instrumento, normar el ejercicio de la responsabilidad del Estado de planificar, ejecutar, regular, controlar y administrar el servicio público de energía eléctrica.

### **LEY ORGÁNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.**

Registro Oficial N° 449 de 19-mar.-2019

Artículo 1.- Objeto y ámbito.- La presente Ley tiene por objeto establecer el marco legal y régimen de funcionamiento del Sistema Nacional de Eficiencia Energética – SNEE, y promover el uso eficiente, racional y sostenible de la energía en todas sus formas, a fin de incrementar la seguridad energética del país; al ser más eficiente, aumentar la productividad

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

energética, fomentar la competitividad de la economía nacional, construir una cultura de sustentabilidad ambiental y eficiencia energética, aportar a la mitigación del cambio climático y garantizar los derechos de las personas a vivir en un ambiente sano y a tomar decisiones informadas.

Artículo 16.- De los consumidores de energía.- Los consumidores en los sectores público, industrial, comercial, turístico y recreativo, deberán procurar la implementación de acciones de eficiencia energética, mediante la adquisición de nuevas tecnologías, políticas de concientización empresarial, y optimización de uso de la energía en sus procesos productivos, con lo cual podrán ser beneficiarios de los incentivos que se establezcan para el efecto, así como del otorgamiento de certificados de ahorro de energía, de conformidad con los parámetros y condiciones establecidas en el Reglamento a esta Ley.

Artículo 17.- Ahorro y uso eficiente de energía. - A nivel nacional, todo consumidor de energía debe velar permanentemente porque sus consumos estén enmarcados en el uso racional de la energía, y adaptar sus comportamientos de consumo, orientándolos al ahorro energético, sin que esto signifique disminuir sus condiciones de confort y producción.

En la actualidad el Ecuador cuenta con 23 Reglamentos Técnicos de Eficiencia Energética.

Tabla 3

### *Regulaciones técnicas sobre eficiencia energética en el Ecuador*

REGLAMENTO NORMA, COMITÉ	Nro.	DESCRIPCIÓN
Reglamentos	RTE INEN 009	Artefactos de uso doméstico para producción de frío
	RTE INEN035	Eficiencia Energética en artefactos de refrigeración de uso doméstico. Reporte de consumo de energía, métodos de pruebas y etiquetado

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

	RTE INEN 036 (1R)	Eficiencia Energética. Lámparas fluorescentes compactas. Rangos de desempeño energético y etiquetado
	RTE INEN 072	Eficiencia Energética para Acondicionadores de Aire
	RTE INEN 145	Eficiencia energética em motores eléctricos
	PRTE INEN 260	Lámparas fluorescentes compactas y tubulares. Seguridad y Eficiencia Energética
	RTE INEN 278	Módulos, luminarias y lámparas led
	PRTE INEN 283	Aparatos de refrigeración para uso comercial
Norma	NTE INEN-EN 50193-1	Calentadores de agua instantáneos eléctricos – Parte 1: Requisitos generales (EN 50193-1:2013, IDT)
Comités	COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN CTN 186	Utensilios de cocina. Requisitos y métodos de ensayo
	COMITÉ NACIONAL ESPEJO ISO/TC 301	Gestión de la energía y ahorros de energía
	COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN ISO/TC 313	Seguridad para electrodomésticos y aplicaciones eléctricas similares
	COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN ISO/TC 22	Vehículos de carretera
	COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN ISO/TC 186	Cuchillería, cubertería y orfebrería metálica decorativa y de mesa
	COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN ISO/TC 207	Sistemas de Gestión Ambiental
	COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN ISO/DIS 14067	Greenhouse gases - Carbón footprint of products – Requeriments and guidelines for quantification
	COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN ISO CD1 14065	Enviromental information – Requeriments 4 for bodies verifying and validating enviromental information for 5 use in accreditation or otther forms of recognition
	COMITÉ NACIONAL ESPEJO-CNE DE ISO/TC 302	Directrices para la auditoría de los Sistemas de Gestión
	COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN CTN 163-06	Diseño del entorno de edificaciones – Directrices para evaluar la eficiencia energética de las nuevas edificaciones (ISO 23045:2008, IDT)

Nota: Tomado Ayo, M. (2016). Diseño de un sistema de gestión energética para la “Empresa Metálicas Suquillo” ubicado en Sangolquí – Ecuador, Anexo J, (p. 85, 86).

REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY ORGÁNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Decreto Ejecutivo No.229 de 20-oct.-2021

## **“METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”**

Art. 17.- Información de utilización energética. - Los grandes consumidores de actividades comerciales, industriales y públicas, deberán proporcionar hasta el último día hábil de enero de cada año, la siguiente información sobre utilización energética:

1. Consumo mensual histórico de por lo menos los últimos tres años por tipo de combustible para cada instalación expresado en unidades físicas dependiendo del energético y su equivalente en dólares;
2. Consumo mensual histórico de por lo menos los últimos tres años de electricidad expresado en kilowatts-hora por cada uno de los contratos de servicio o acometidas que tenga cada instalación y su equivalente en dólares.
3. Medidas implementadas en materia de Eficiencia Energética, tales como auditorías energéticas, cambio tecnológico, sistemas de gestión de la energía, entre otros;
4. Resultados económicos y energéticos de las medidas de conservación de energía implementados, y
5. El consumo por tipo de cliente y provincia, sin incluir datos personales, será suministrado por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables.

Art. 18.- Implementación de la norma.- Los grandes consumidores de energía en actividades comerciales, industriales y públicas implementarán la Norma Ecuatoriana de Gestión de la Energía (NTE-INEN-ISO:50001) en sus operaciones. A partir del 30 de enero de 2025 deberán enviar su certificación al SNEEE.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

### **Planificar - Revisión energética**

Para Richard, N. el proceso de planificación energética (requisito 4.4 de la norma iso 50001):

Sirve para identificar las actividades que afectan al desempeño energético de la organización, evaluar su uso y consumo basándose en el historial de registros pasados y actuales; así como las acciones que conducen a mejorarlo. El diagrama siguiente ilustra los elementos principales de este proceso.

La planificación debe conducir a acciones que resulten en la mejora del desempeño energético. (2017, p. 38).

### **Revisión energética**

El proceso de identificación de los tipos de energía y de evaluación del uso y consumo energético llevan a que la organización determine las áreas de uso significativo de energía y que identifique las oportunidades de mejora del desempeño energético. Al determinar sus USE, la organización define los criterios del consumo sustancial energético y/o el potencial considerable para la mejora del desempeño energético. Los USE se pueden definir de acuerdo con las necesidades de la organización, tal como por instalación (por ejemplo, deposito, fabrica, oficina), por proceso o sistema (por ejemplo, iluminación, vapor, transporte, electrolisis, accionados por motores), o equipo (por ejemplo, motor, caldera). Una vez que han sido identificados, la gestión y el control de los USE es parte integral del SGE<sub>n</sub> (UNE-EN ISO 50001, 2018).

De la revisión bibliográfica se recopiló entre varios criterios un diagrama de flujo de lo que corresponde la revisión energética a nivel general como se muestra en la figura 6.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Figura 6.

Diagrama de flujo de revisión energética



Fuente: ISO 50001 – 2018.

### Indicadores de desempeño energético

Un IDEn es una “regla” que se utiliza para comparar el desempeño energético antes (valor de referencia del IDEn) y después (valor resultante o actual del IDEn) de la implementación de planes de acción y de otras acciones. La diferencia entre el valor de referencia y el valor resultante es la medida del cambio en el desempeño energético. Al cambiar las actividades del negocio o de las LBen, la organización puede actualizar sus IDEn, cuando sea pertinente (UNE-EN ISO 50001, 2018).

### Línea de base energética

La LBen tiene la finalidad de determinar el punto de referencia para la evaluación del desempeño y comportamiento energético de los procesos dentro la estación. Estas representan

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

a través de una ecuación matemática el comportamiento y relación entre producción y consumos energéticos que conlleva a la generación de indicadores (Aníbal, 2001).

El uso de estos diagramas nos permite determinar (Arteaga, J. 2020):

- Variaciones de consumos energéticos ante variaciones de producción.
- Si el indicador esta correlacionado con la producción, si es válido o no para representar el comportamiento del proceso
- Variables de control ante la influencia de factores en la producción sobre los consumos energéticos.
- El valor de la energía no asociada a la producción.

Según Borroto (2002) para poder analizar los datos obtenidos de la empresa son necesarias las siguientes herramientas que ayudaran a realizar el diseño del sistema de gestión energética:

- Diagrama energético – productivo.
- Estratificación.
- Gráfico de control.
- Gráfico de consumo y producción en el tiempo.
- Diagrama de consumo – producción.
- Diagrama índice de consumo – producción.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

### **Diagrama energético – productivo.**

Muestra la relación entre las diferentes etapas del proceso productivo y las etapas mayores consumidoras por tipo de energético, Ayo, M. lo define de la siguiente manera:

Consiste en desarrollar el flujograma del proceso productivo, agregándole todas las entradas y salidas de materiales (incluidos residuos) y de energía, con sus magnitudes características para los niveles de producción típicos de la empresa.

Para realizar un diagrama energético – productivo se debe realizar los siguientes pasos:

- Realizar un flujograma del proceso productivo de la empresa.
- Indicar con flechas las entradas de materiales y tipo de material, de energéticos o tipo de energéticos, los tipos de productos y sus tipos, los rechazos o residuos de productos.
- Se debe escribir en las flechas las magnitudes de los elementos representados, de ser posible en las mismas unidades de medición.
- Se debe establecer la producción equivalente de la empresa. (2016, p. 33)

### **Estratificación.**

Para Ayo, M. estratificar es agrupar los datos que tienen particularidades o características comunes:

Cuando se investiga la causa de un efecto, una vez identificada la causa general aplicando el diagrama de Pareto, es necesario encontrar la causa particular del efecto, aplicando sucesivamente Pareto. La estratificación es el método de agrupar datos asociados por puntos o características comunes pasando de lo general a lo particular.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

La estratificación es un método de análisis que no consta de un diagrama particular. Para realizar la estratificación se debe realizar lo siguiente:

- Se debe identificar el número mínimo de equipos que provocan la mayor parte de los consumos totales de energía.
- Identificar el número mínimo de áreas o equipos que presentan mayores costos de energía.
- Identificar factores o variables de control que pueden influir sobre los consumos, pérdidas y costos energéticos. (2016, p. 35)

### **Gráfico de control.**

Una gráfica de control es un diagrama que se utiliza para examinar si un proceso se halla en una condición estable, o para asegurar que se mantenga en esa condición.

Betancourt, D.F. lo define de la siguiente manera:

El diagrama o gráfico de control, también conocido como diagrama de Shewhart, carta de control o diagrama de comportamiento de proceso, es una de las 7 herramientas de calidad definidas por Ishikawa.

Básicamente consiste en los datos de un proceso plasmados de forma cronológica en una gráfica con límites establecidos, lo que permite determinar cuándo una variación no es normal.

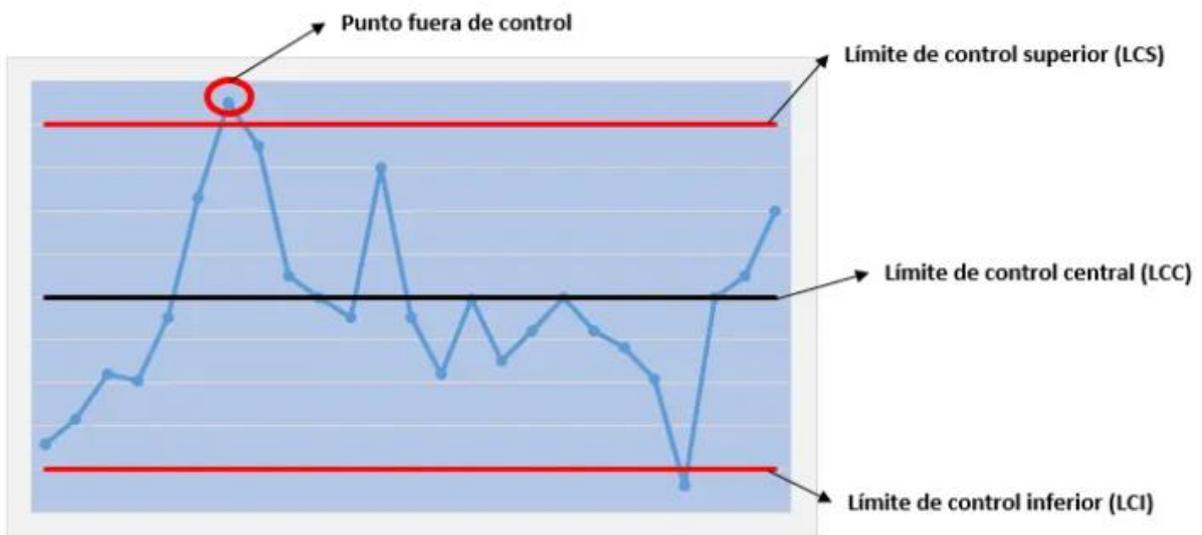
Una de las herramientas de análisis y solución de problemas es la gráfica de control. Es un diagrama que muestra los valores producto de la medición de una característica de calidad, ubicados en una serie cronológica. En él establecemos una

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

línea central o valor nominal, que suele ser el objetivo del proceso o el promedio histórico, junto a uno o más límites de control, tanto superior como inferior, usados para determinar cuándo es necesario analizar una eventualidad. (2016)

Figura 7.

*Partes de un diagrama de control.*



### **Gráfico de consumo y producción en el tiempo.**

Para Ayo, M. este gráfico consiste en:

Realizar un gráfico que muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo, el gráfico se realiza para cada portador energético importante de la empresa y puede establecerse a nivel de empresa, área o equipos.

El gráfico se lo realiza de la siguiente manera:

- Se debe registrar los valores de consumo energético y de producción.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

- Se realiza una gráfica en un diagrama x,y la curva de variación en el tiempo de la producción y del consumo.
- Se debe comparar las tendencias de variación de la producción en cada periodo (2016, p. 39)

### **Diagrama de consumo – producción.**

Este gráfico tiene como finalidad establecer la tendencia que existe entre la producción y el consumo energético, y de esta forma definir cuantitativamente el valor de la energía no asociada a la producción. Para las empresas industriales y de servicios, realizar un diagrama de dispersión de la energía usada en un tiempo determinado con respecto a la producción realizada o los servicios prestados durante ese mismo periodo, revela importante información sobre el proceso; ya que, al realizar la recta de caracterización del consumo vs. producción, se puede establecer el consumo energético no asociado a la producción (Borroto, A. 2006).

- El diagrama se debe realizar de la siguiente manera:
- Se debe recolectar datos de consumo de energía y producción.
- Graficar los pares E,P, en el eje de las abscisas (x) se ubica la producción y en el eje de las ordenadas (y) el consumo energético.
- Calcular analíticamente la pendiente y el intercepto de la recta, con la siguiente ecuación:

$$E=m.P+E_0$$

Donde:

E: Consumo de energía en el período seleccionado

P: Producción asociada en el período seleccionado

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

m: Pendiente de la recta que significa la razón de cambio medio del consumo de energía respecto a la producción.

$E_o$  : Intercepto de la línea en el eje y, que significa la energía no asociada a la producción.

m.P: Energía utilizada en el proceso productivo.

### **Diagrama índice de consumo – producción.**

Ayo, M. resume el cálculo del índice de consumo y la elaboración de este diagrama de la siguiente manera:

Este diagrama se realiza después de haber obtenido el gráfico E vs. P y la ecuación:  $E=m.P+E_o$

La expresión de la función  $IC= f(P)$  se obtiene de la siguiente forma:

$$E=m.P+E_o$$

$$IC = \frac{E}{P} = m + \frac{E_o}{P}$$

$$IC = m + \frac{E_o}{P}$$

El gráfico IC vs. P es una hipérbola equilátera, con asíntota en el eje x, al valor de la pendiente m de la expresión  $E= f(p)$ . (2016, p. 49)

### **Determinación de indicadores.**

Los datos de consumo diario de energía eléctrica y producción de crudo son registrados a diario y en forma mensual de manera automática desde el sistema de control SCADA y el software TOW. El periodo de recolección de datos se corresponde con el mismo período de recolección de datos de la producción, pudiendo así realizar su análisis y evaluación.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

### **Comunicación.**

Un plan de comunicación permite dar a conocer información relevante sobre el desempeño energético y el SGE<sub>n</sub> de la organización hacia distintas partes interesadas. Dicho plan tiene como característica principal la transparencia de los logros obtenidos, además de definir los medios y los temas relevantes de difusión, la frecuencia, adaptar los mensajes a transmitir según el público objetivo, el cómo se realizará la comunicación y quién/es son responsables de comunicar (Flores, L., & Jáuregui, I. (2020)).

La comunicación interna refuerza el compromiso de los empleados con la política energética y contribuye a motivarlos para el logro de los objetivos y las metas. Otros temas a considerar pueden incluir (Flores, L., & Jáuregui, I. (2020)):

- Los beneficios financieros logrados.
- Avances en el logro de los objetivos, las metas y los planes de acción.
- Otros beneficios de las mejoras en el rendimiento energético, como la mejora de la calidad del producto, la productividad, la competitividad o aspectos ambientales.
- Iniciativas para mejorar el desempeño energético.
- Puntos de contacto de información.
- Retroalimentación de la revisión por la dirección.

En cuanto a la comunicación externa, existen diversos motivos por los que la organización decide comunicar sobre su desempeño energético o su SGE<sub>n</sub>, entre los que se encuentran:

- Cumplir requisitos legales u otros requisitos.
- Comunicarse con clientes y proveedores.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

- Satisfacer a inversionistas y accionistas.
- Demostrar liderazgo.
- Satisfacer a aliados estratégicos.

### **Información Documentada.**

Según la norma UNE-EN ISO 50001:

#### **Generalidades.**

El SGEN de la organización debe incluir:

- La información documentada requerida por ese documento;
- La información documentada que la organización determine que es necesaria para la eficiencia del SGEN y para demostrar la mejora del desempeño energético.

#### **Creación y Actualización.**

Al crear y actualizar la información documentada, la organización debe asegurarse de que son apropiados:

- La identificación y la descripción (ejemplo el título, la fecha, el autor, etc.);
- El formato (ejemplo el idioma, la versión del software, las gráficas) y el medio (ejemplo papel, electrónico);
- La revisión y la aprobación para la idoneidad y la adecuación.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

### **Control de la información documentada.**

La información documentada requerida por el SGEN y por la empresa debe controlarse para garantizar que:

- Está disponible y es adecuada para su uso, donde y cuando sea necesaria;
- Se protege adecuadamente (ejemplo, ante la pérdida de confidencialidad, el uso indebido, la pérdida de integridad).

Para el control de la información documentada, la organización debe tratar las siguientes actividades según proceda:

- Distribución, acceso, recuperación y uso;
- Almacenamiento y preservación, incluyendo la preservación de la legibilidad;
- Control de cambios (ejemplo el control de versiones);
- Conservación y eliminación.

La información documentada de origen externo que la organización determine que es necesaria para la planificación y la operación del SGEN debe identificarse, según proceda, y controlarse. (2018, p. 26, 27)

### **Planificación y control operacional.**

Según la Guía de implementación de interpretación de requisitos del estándar ISO 50001, elaborada por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee) de la Secretaría de Energía del Gobierno de México:

Dentro de las oportunidades de mejora del desempeño energético, existen las que tienen un costo nulo o bajo y de gran aporte al ahorro energético. Por lo general, esas

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

oportunidades aparecen en las actividades de operación y mantenimiento que están relacionadas con los USEn, por lo que la planificación y el control operacional ayudan a garantizar que los USEn y los equipos y los sistemas de apoyo se operen y mantengan de manera efectiva.

En consecuencia, es necesario analizar y, en su caso, modificar la forma como se opera y se le da mantenimiento a los USEn, para ello se propone:

- Identificar aquellas operaciones relacionadas con los USEn.
- Desarrollar instructivos de trabajo para cada una de las actividades identificadas.
- Comunicar al personal responsable de la ejecución del control y mantenimiento.
- Diseñar material de registro y de soporte para realizar los trabajos.
- Establecer responsables de su ejecución.
- Verificar la utilización de los controles operacionales y actividades de mantenimiento.

Para ello se determinan dos criterios: de control operacional y de mantenimiento.

*Los criterios de control operacional* describen el modo y los horarios de funcionamiento de equipos, sistemas o procesos identificados como USEn de las instalaciones consideradas en el alcance y límites del SGEN. Los controles operacionales son comunicados al personal que trabaja para la organización; para el caso que un USEn se encuentre a cargo de personal externo, se establecen medidas para asegurar que cumplan los requerimientos del control operacional.

*Los criterios de mantenimiento* definen las características y la periodicidad con que se realizan las tareas de mantenimiento de aquellos equipos, sistemas o procesos

identificados como USEn de las instalaciones consideradas en el alcance y límite del SGEN. (2020, p. 80, 81)

### **Diseño.**

Para Flores, L., & Jáuregui, I.:

Las oportunidades de mejora del desempeño energético y del control operacional son consideraciones necesarias para el diseño de instalaciones nuevas, modificaciones o renovaciones de equipos, sistemas y procesos. La incorporación temprana del desempeño energético en el proceso de diseño produce mejores resultados al evitar realizar evaluaciones de desempeño posteriores y/o actualizaciones por separado. Además, presenta dos beneficios, el primero son los menores costos cuando se incorpora el desempeño al inicio, y el segundo es en la etapa de operación, ya que contará con el beneficio de un mejor control operacional para el SGEN.

Se puede elegir la adopción de un enfoque de sistema, que considere las interacciones del flujo de energía y los procesos, con el fin de desarrollar un método para el proceso de diseño como puede ser:

- Cuestionar el sistema que se necesita: implica el uso que se le va a dar y dónde se va a instalar, además de las variables relevantes como presión, temperatura, humedad, otras.
- Identificar fuentes de energía de bajo consumo para el sistema: es posible el aprovechamiento de fuentes alternativas, tales como la energía desperdiciada, calor residual, luz natural, por mencionar algunas.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

- Diseñar el uso y el control operacional del sistema: es necesario conocer cómo se va a utilizar el sistema para contemplar en la puesta en marcha y operación de las actividades de mantenimiento necesarias, así como los controles operacionales correspondientes.
- Diseñar la distribución del sistema: para minimizar pérdidas en el transporte de los energéticos y la energía (ejemplo: sistema de distribución de vapor).
- Especificar y diseñar el sistema de generación: de equipamientos como calderas, compresores, bombas, enfriadores, así como sus sistemas de control.
- Diseñar los requisitos de medición: de los parámetros críticos en los que se incluye la medición de la energía suministrada. Los costos de adaptaciones para instrumentos de medición después de la puesta en marcha de la planta suelen ser elevados en comparación si son contemplados desde el inicio. (2020, p. 82, 83).

### **Adquisición.**

De acuerdo con la UNE-EN ISO 50001:

La adquisición es una oportunidad de mejorar el desempeño energético utilizando productos y servicios que hacen un uso más eficiente de la energía; y proporciona la oportunidad de trabajar con la cadena de suministro, e influenciar su comportamiento energético.

La aplicabilidad de las especificaciones de compra energética puede variar en los diferentes mercados. Las especificaciones para la compra de energía pueden incluir la calidad, cantidad, fiabilidad, disponibilidad de la energía, la estructura de costos, el impacto ambiental y los tipos alternativos de energía. La organización puede utilizar las

especificaciones propuestas por el proveedor de energía, según sea apropiado. El cambio o el aumento en la adquisición de energía renovable por fuera del alcance del SGEN no afectan al consumo de energía ni mejora en desempeño, pero puede tener impactos ambientales positivos. Las organizaciones pueden elegir incluir la adquisición de energía renovable como uno de sus criterios o especificación para la adquisición de energía. (2016, p. 28)

**Seguimiento, medición, análisis y evaluación del desempeño energético y del SGEN.**

De acuerdo con el INR:

Consiste en la implementación del plan de recopilación de datos y la evaluación de la mejora del desempeño energético y la eficacia del SGEN. La eficacia del SGEN se puede demostrar mediante la mejora del desempeño energético y otros resultados esperados. La mejora del desempeño energético se puede demostrar mediante las mejoras de los valores de los IDEn a lo largo del tiempo, relativos a la LBEn relevante. Puede haber situaciones en las que la mejora del desempeño energético se logra a partir de una actividad que no está relacionada con un USE o a una característica esencial. En esos casos, se pueden establecer IDEn y LBEn para demostrar la mejora del desempeño energético. Al realizar el análisis, se deben tomar en cuenta las limitaciones de los datos (exactitud, precisión, duda en las mediciones) y la consistencia de la cuantificación de la energía, antes de llegar a las conclusiones finales. (2018, p. 96)

### **Auditoría interna.**

Conuee, en su Guía técnica para la implementación de Sistemas de Gestión de la Energía en el marco de una Red de Aprendizaje define la Auditoría Interna como:

Una herramienta muy útil para revisar la efectividad del SGEN en alcanzar los objetivos y metas energéticas planteadas, y para comprobar la mejora del desempeño energético lograda.

La auditoría es una evaluación sistemática e independiente de las actividades relacionadas con el SGEN. La norma indica cuatro elementos vinculados con la auditoría interna:

1. Se tienen que llevar a cabo auditorías interna a intervalos planificados para asegurar que el SGEN cumple con:

- Los requisitos de la norma ISO 50001.
- Los objetivos y metas energéticas establecidos.
- Una implementación efectiva que permite mejorar el desempeño energético.

Los datos específicos de la auditoría interna que deben ser considerados durante la fase de implementación del sistema son:

- Elementos de la planificación energética como los usos y consumos de la energía, los USE, los IDEn, la línea de base energética y los planes de acción.
- La revisión del cumplimiento de la legislación aplicable.
- La formación del personal.
- Los controles operacionales.
- La comunicación interna y externa

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

2. La organización debe desarrollar un plan y un calendario de auditorías, en función de la importancia de las áreas a auditar y de los resultados de las auditorías previas. El proceso de auditoría interna contempla cuatro fases: la planeación, la preparación, el desarrollo y el seguimiento.

3. La organización debe asegurar la objetividad e imparcialidad del proceso de selección del equipo auditor y de la auditoría.

Los auditores o auditoras, además de conocer los principios, métodos y técnicas de una auditoría interna, tienen que contar con los principios técnicos básicos relacionados con la energía, conocer lo que implica la gestión de la energía y entender las interacciones entre las actividades operacionales y los elementos del desempeño energéticos.

4. Los resultados de las auditorías internas deben ser transmitidos a la alta dirección y conservarse. Dichos resultados son presentados generalmente en la reunión de cierre de la auditoría y se les da seguimiento en las revisiones por la dirección.

La organización debe conservar los registros de las auditorías internas durante el tiempo definido en el plan de auditorías, lo que incluye:

- El plan de auditoría interna, matriz con las áreas o procesos y los requisitos de la ISO 50001 que aplican.
- Los calendarios de auditorías internas.
- Las listas de verificación con las notas tomadas por el auditor.
- Los informes de auditoría (2017, p. 88, 89)

### **Revisión por la dirección.**

La revisión por la dirección cubre el alcance completo del SGen, aunque no todos los elementos del SGen se necesitan revisar a la vez. El proceso de revisión se puede llevar a cabo a lo largo de un período de tiempo (UNE-EN ISO 50001, 2018).

### **Resultados.**

Si bien, aunque cada campo petrolero en el mundo es diferente y en el Ecuador no son la excepción, y tienen particularidades como: su ubicación (plataforma submarina o continental), cantidad de reservas, calidad del crudo, contenido de agua y gas, entre otros factores; en la realidad tienen también muchos puntos en común. Todas las operaciones petroleras manejan procesos altamente complejos, consumos energéticos intensivos, es así que de acuerdo con la clasificación del Sistema de Cuentas Nacionales del Ecuador la industria petróleo corresponde al sector primario tanto de consumo de electricidad como de combustibles; así mismo, para el manejo de la operación es necesario una gran cantidad de personal altamente capacitado y multidisciplinario.

La industria petrolera en el país tiene amplia experiencia en la implementación de normas de calidad, seguridad y salud y medio ambiente. Las organizaciones que ya estén aplicando una norma de gestión ISO pueden integrar fácilmente la norma ISO 50001 en sus sistemas de gestión.

Como García, A. diferencia:

La ISO 50001 se centra exclusivamente en la gestión energética y proporciona un marco de requisitos que permite a las organizaciones utilizar los datos para entender mejor el uso y el consumo de energía, y de esta forma, mejorar su rendimiento

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

energético. Está basada en el modelo del sistema de gestión ISO de mejora continua, y está diseñada para ser compatible con las normas de sistema de gestión existentes como la ISO 9001 y la ISO 14001. (2015)

Si bien las industrias petroleras de Medio Oriente y Europa llevan muchos años de ventaja en la aplicación de esta normativa, Latinoamérica está realizando esfuerzos importantes tanto a nivel de gobiernos mediante el establecimiento de leyes y normativas sobre Eficiencia Energética, la industria misma ha tomado mayor conciencia sobre los beneficios no solo económicos, sino también ambientales de implementar un SGen. En el caso de Ecuador se expidió la Ley Orgánica de Eficiencia Energética mediante Registro Oficial No. 449 de marzo de 2019, y el Reglamento General de la Ley Orgánica de Eficiencia Energética mediante Decreto No. 229 de 20 de octubre de 2021 en su artículo 18 manifiesta: “ Los grandes consumidores en actividades comerciales, industriales y públicas implementaran la Norma Ecuatoriana de Gestión de la Energía (NTE-INEN-ISO: 50001) en sus operaciones, a partir del 30 de enero del 2025 deberán enviar sus certificaciones al SNEEE ”.

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

REPSOL es una de las empresas petroleras que operan en el Ecuador y su alta dirección, ha asumido el compromiso para la implementación de la Norma ISO 50001 al ser parte de un grupo multinacional que ha ido estableciendo de a poco para todas sus filiales, políticas de eficiencia energética desde hace varios años atrás, tras el apareamiento de los SGen y la ISO 50001 – 2011 (Certificación 2014).

Por su parte la gerencia general de EP PETOECUADOR, la empresa petrolera más grande del país responsable del 77% de la producción total, acaba de firmar en diciembre de

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

2021 su política energética para la implementación, mantenimiento, mejoramiento y consolidación del Sistema de Gestión de Energía (SGEn) que busca medir, registrar, verificar y optimizar la gestión en materia de Eficiencia Energética, integrando y cumpliendo los requerimientos, procesos y recomendaciones de la norma internacional ISO-50001 y sus referencias (EP PETROECUADOR, 2021).

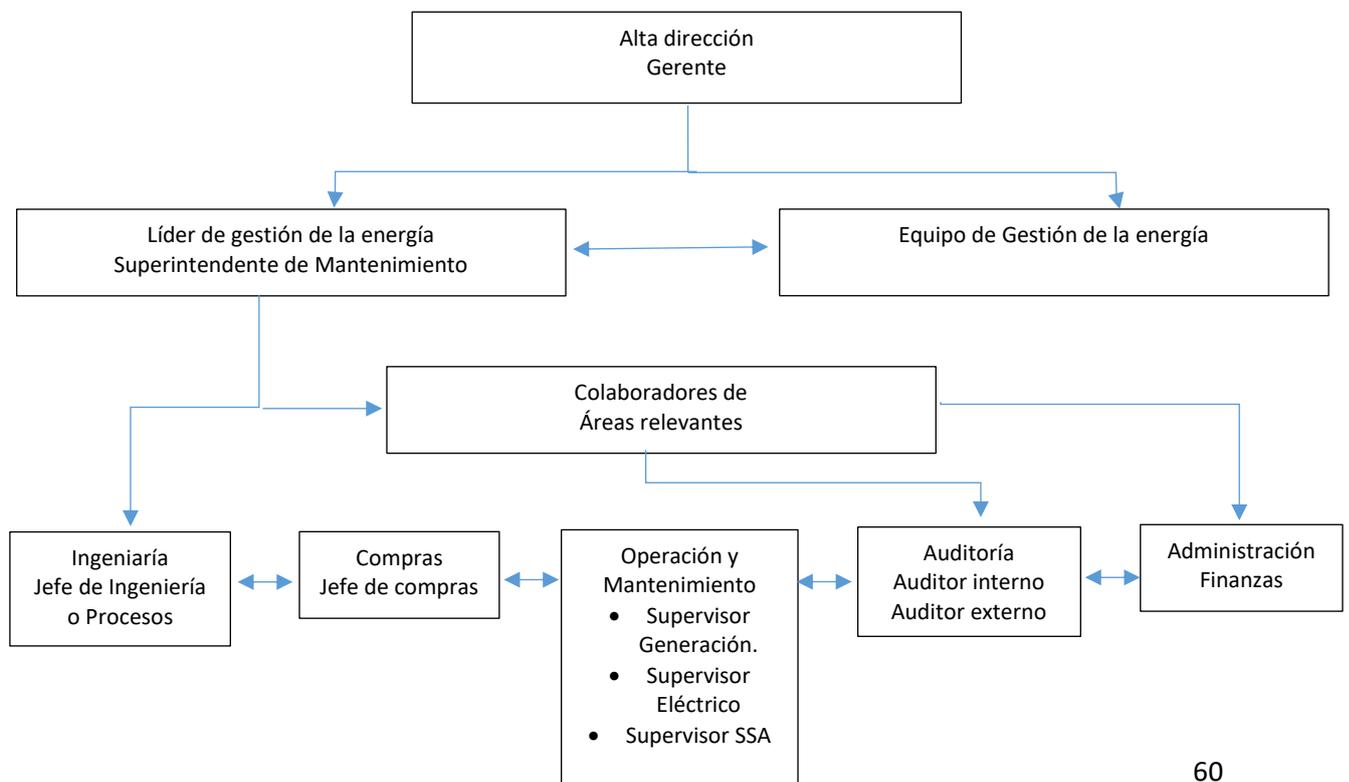
Así, cada vez son más las empresas petroleras en el país que asumen esta responsabilidad como parte de sus políticas de responsabilidad ambiental y social,

### Formación del equipo de trabajo

A continuación, se propone una estructura en base al orgánico funcional más común adoptado por las operadoras petroleras en el país.

Figura 8.

*Estructura orgánica de un equipo de gestión de la energía*



### **Competencia.**

Para Flores, L., & Jáuregui, I.:

Es indispensable garantizar que el personal posea una formación en el desempeño energético especialmente al personal operativo y de mantenimiento de los USEn, para ello, es necesario asegurar que el personal relacionado con el desempeño energético, y en especial con los USEn, sea competente y consciente del impacto que tienen sus actividades en el funcionamiento del SGEN, el mantenimiento y la mejora continua del desempeño energético.

Un proceso inicial de implementación puede enfocarse en el personal que contribuye de manera directa y activa al cumplimiento de los requisitos del SGEN:

- Alta dirección (AD).
- Equipo de Gestión de la Energía (EGEn).
- Personal responsable que interviene con el desempeño energético (P1).
- Personal involucrado en la efectividad y evaluación del SGEN (P2).
- Personal responsable de USEn (P3).
- Personal relacionado con la operación y mantenimiento de instalaciones y sistemas energéticos(P4).
- Personal involucrado con la instrumentación y/o sistemas de adquisición de datos (P5).

Una vez que se atienden las competencias para quienes contribuyen de manera directa o activa, la organización puede comenzar a implementar los requisitos de

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

competencia para otro personal, incluido el externo. La competencia es un requisito que se mejora de manera continua.

La siguiente es una propuesta que indica una relación de los conocimientos generales requeridos para la implementación, el mantenimiento y la mejora del SGen.

(2020, p. 68, 69)

Tabla 4.

*Identificación de capacitación para actores clave del SGen.*

Conocimiento	AD	EGEn	P1	P2	P3	P4	P5
Interpretación del estándar de SGen, ISO 50001	X	X	X	X	X	X	X
Terminología específica de energía		X	X		X		X
Leyes físicas de la energía		X	X		X	X	X
Requisitos legales y otros relacionados con la energía	X	X		X			X
Modelación de Indicadores de Desempeño Energético y Líneas de Base Energéticas, ISO 50006		X	X	X	X		
Sistemas energéticos comunes, sistemas térmicos, sistemas eléctricos, sistemas neumáticos, otros		X	X		X	X	
Estimación de las acciones de mejora en el desempeño energético, ISO 50002		X	X				
Medición y verificación de datos energéticos, ISO 50015, CMVP		X		X			X
Análisis de datos energéticos		X	X	X	X		X
Evaluación de proyectos de energía	X	X			X		
Modelos de gestión empresarial	X	X					
Evaluación de conformidad y mejora del desempeño energético, ISO 50003, ISO 19011	X	X		X			X
Cuantificación de impactos ambientales	X	X					X
Principios del análisis de ciclo de vida		X			X		

Nota: Tomado de Flores, L., & Jáuregui, I. (2020). Guía de implementación e interpretación de requisitos del estándar ISO 50001: 2018, (p. 69)

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

### **Política Energética.**

CEPAL resume algunos de los temas tratados en el Foro de los Países de América Latina y el Caribe sobre el Desarrollo Sostenible – 2018, de la siguiente manera:

La apropiación de la Agenda 2030 por parte de las empresas privadas y el diálogo y trabajo colaborativo con los Estados, la academia y la sociedad civil son fundamentales para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El Pacto Global de Naciones Unidas convoca al mundo empresarial a asumir un compromiso de responsabilidad con 10 principios relativos a derechos humanos, laborales, medioambientales y de transparencia. Ecuador ante esta realidad, debe alinearse a la nueva visión transformadora, hacia el cambio de la matriz productiva que conduce al establecimiento de políticas públicas que vayan encaminadas hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental, en sintonía con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y con las dimensiones que de igual manera son estudiadas por la responsabilidad social empresarial.

Andrade, J. (2020) sugiere que “existe una relación simbiótica entre la responsabilidad social empresarial y los contenidos expresados en la Agenda 2030, en razón de ello, Ecuador debe alinear sus objetivos estratégicos hacia la Agenda 2030 y la consecución sus objetivos; como nación”.

Así, en el Anexo: 1 se propone un modelo de Política Energética que puede ser acoplado a los objetivos y visión empresarial de cada compañía, pero que en el fondo guarda la misma esencia, un desarrollo sostenible económica y ambientalmente.

## Objetivos, metas energéticas y la planificación para lograrlos

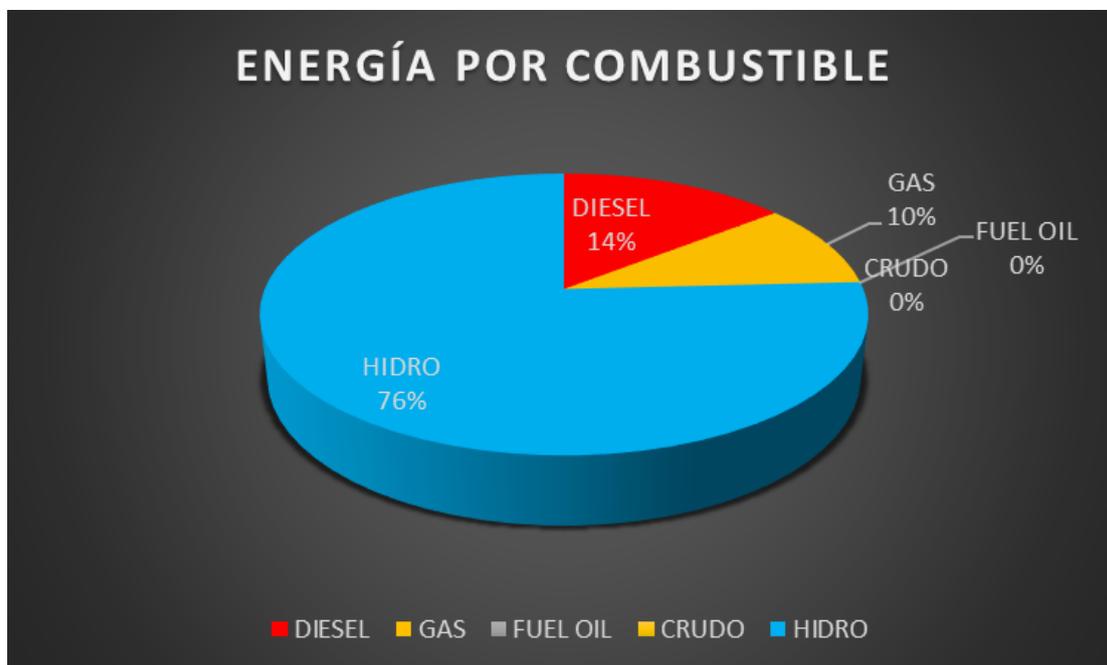
### Revisión energética

Los combustibles fósiles como el diésel, gas y fuel oil son utilizados comúnmente como fuente de energía para la producción de energía eléctrica en las instalaciones de extracción de petróleo, energía que es necesaria para los procesos de bombeo, procesamiento y traslado de fluidos, proceso que concentra aproximadamente el 95% del consumo energético total de un campo.

La siguiente figura muestra la participación de cada energético en la generación de electricidad para el campo petrolero de ejemplo (figura 8).

Figura 9.

*Participación de energéticos en la producción petrolera para el campo.*



## **“METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”**

Para el campo que se analizan los datos el comportamiento es especial, ya que posee un componente de energía hidroeléctrica.

Como se mencionó, la electricidad es el principal energético y determinar el consumo del mismo será prioritario.

Generalmente los campos petroleros son autoprodutores por las características mismas de la geografía en la se encuentra ubicados, por lo que las transacciones de energía se las realiza únicamente de forma interna con la finalidad de llevar un control financiero, para lo cual se emplea equipos de medición que en su mayoría no cumplen con los requisitos de medición comercial, así como las características propias de los IEDs de protección que también permiten obtener medición de los parámetros eléctricos de potencia y energía.

Para los nodos donde se realizan transacciones de energía comerciales (renta, compra de energía), se dispone de medición comercial.

Generalmente los centros de generación disponen de sistemas SCADA para monitoreo y control, lo que facilita la toma de datos y registro de información, además generalmente las cargas están divididas por tipo de uso, así hay alimentadores que son para pozos, otros que alimentan los sistemas reinyección de agua, otros campamentos y oficinas, etc.; por lo que, los datos sobre consumo de energía eléctrica por actividad serán obtenidos a través de esta esta herramienta. La información sobre consumo de diésel y gasolina, así como de electricidad para actividades de apoyo propias asociadas a la producción de petróleo y que representan el restante 5% del consumo total, serán tomados de los registros manuales que llevan los operadores y el área de combustibles con fines contables.

## **“METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”**

Los datos de producción de fluidos, agua y petróleo son fiscalizados diariamente y se archivan en bases de datos dedicadas exclusivamente para estos fines (históricos).

En la figura 10 de acuerdo con Cevallos E. (2016) se presenta el flujograma energético productivo típico del proceso de extracción de un campo petróleo, donde se ha identificado las fuentes de energía (portadores energéticos) utilizados; de acuerdo con los datos recopilados de campo que servirán como base para este trabajo, se evidencian como aspectos relevantes, la relación entre las diferentes etapas del proceso, el consumo del portador energético primario (energía hidroeléctrica), el aprovechamiento de un efluente energético primario asociado a la producción del petróleo, como es el gas natural utilizado para generación de electricidad mediante turbinas a gas, y la producción e identificación del uso significativo del portador energético secundario como es el diésel, utilizado igualmente para generación de electricidad y como combustible de vehículos para el transporte de personal. El uso del energético secundario, la electricidad, recae en los procesos de levantamiento artificial de petróleo mediante los sistemas de bombeo electro-sumergible (BES) y sistema de bombas horizontales de reinyección de agua RYA (p. 51).

# “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Figura 10.

*Flujograma energético-productivo del proceso de extracción de petróleo.*

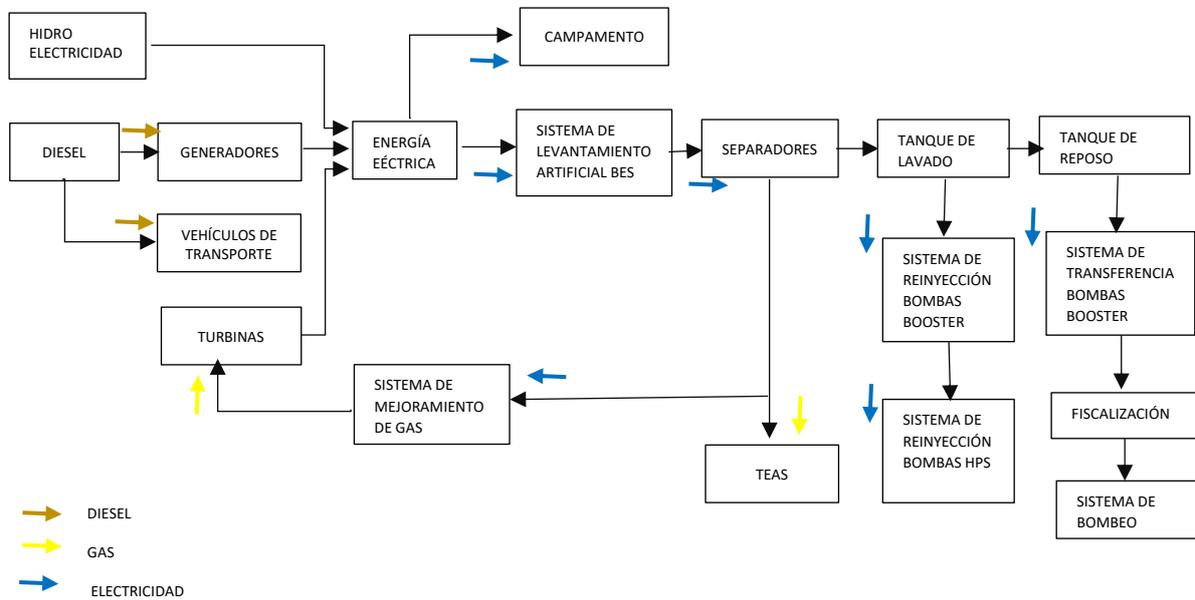
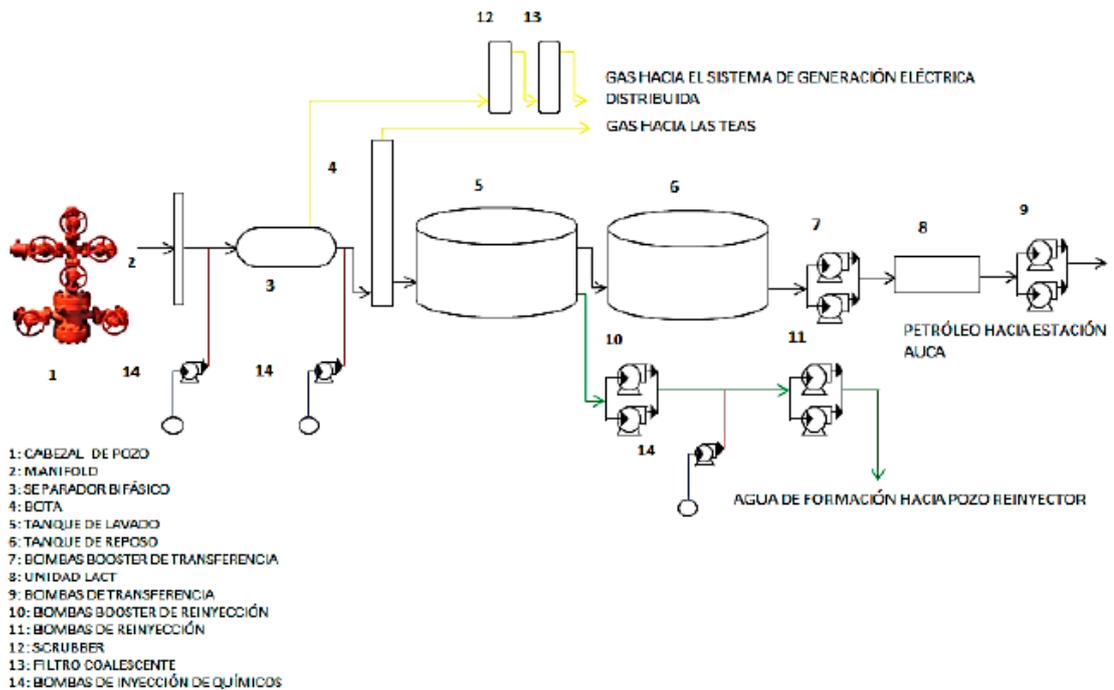


Figura 11.

*Diagrama esquemático del proceso de producción de petróleo.*



Fuente: Cevallos, E. 2016

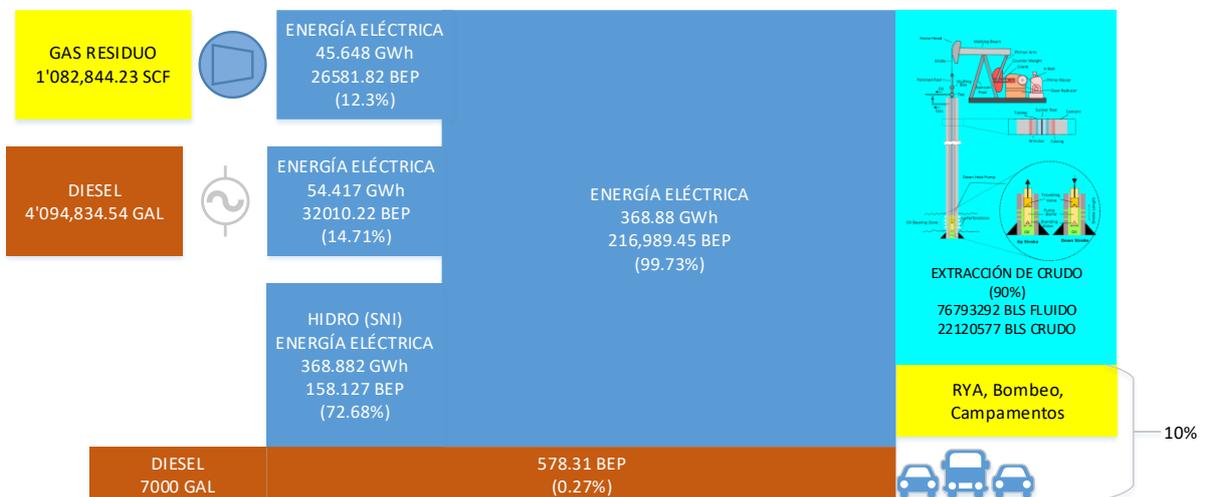
# “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

## Línea de base energética

Con base en la información recopilada, la Figura 12 muestra el diagrama energético - productivo del campo petrolero, en el que se puede apreciar que el energético más representativo es la energía hidroeléctrica con un 72.68%, luego le sigue el diésel con un 14.71% y el gas residuo con una participación del 12.3%.

Figura 12.

*Diagrama de consumo energético.*



Por otro lado, el 90% del consumo está representado por la actividad de extracción de crudo, y el 10% restante viene dado por el consumo en las actividades de bombeo de crudo, reinyección de agua (RYA), y consumo en oficinas, campamentos y vehículos para transporte y maquinaria.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

### **Estratificación.**

La Tabla 5 muestra el consumo mensual de energía en MWh por fuente energética. En los meses de abril y mayo existe una importante reducción en el consumo, esto se debió a la rotura del oleoducto por el fenómeno de erosión del río Coca.

Tabla 5.

*Consumo de energía por tipo de energético.*

MES	ENERGÍA GAS (MWh)	ENERGÍA DIESEL (MWh)	ENERGÍA HIDROELÉCTRICA (MWh)
ENERO	4976	6035	22806
FEBRERO	4789	5288	21750
MARZO	5195	4920	25721
ABRIL	1454	1341	9688
MAYO	2410	2821	13875
JUNIO	5020	4286	23051
JULIO	5055	4922	23557
AGOSTO	3914	4363	25258
SEPTIEMBRE	3672	4632	25117
OCTUBRE	2690	6273	25310
NOVIEMBRE	3079	4774	25370
DICIEMBRE	3394	4761	27313

# “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Figura 13.

Consumo de energía eléctrica mensual por tipo de energético.

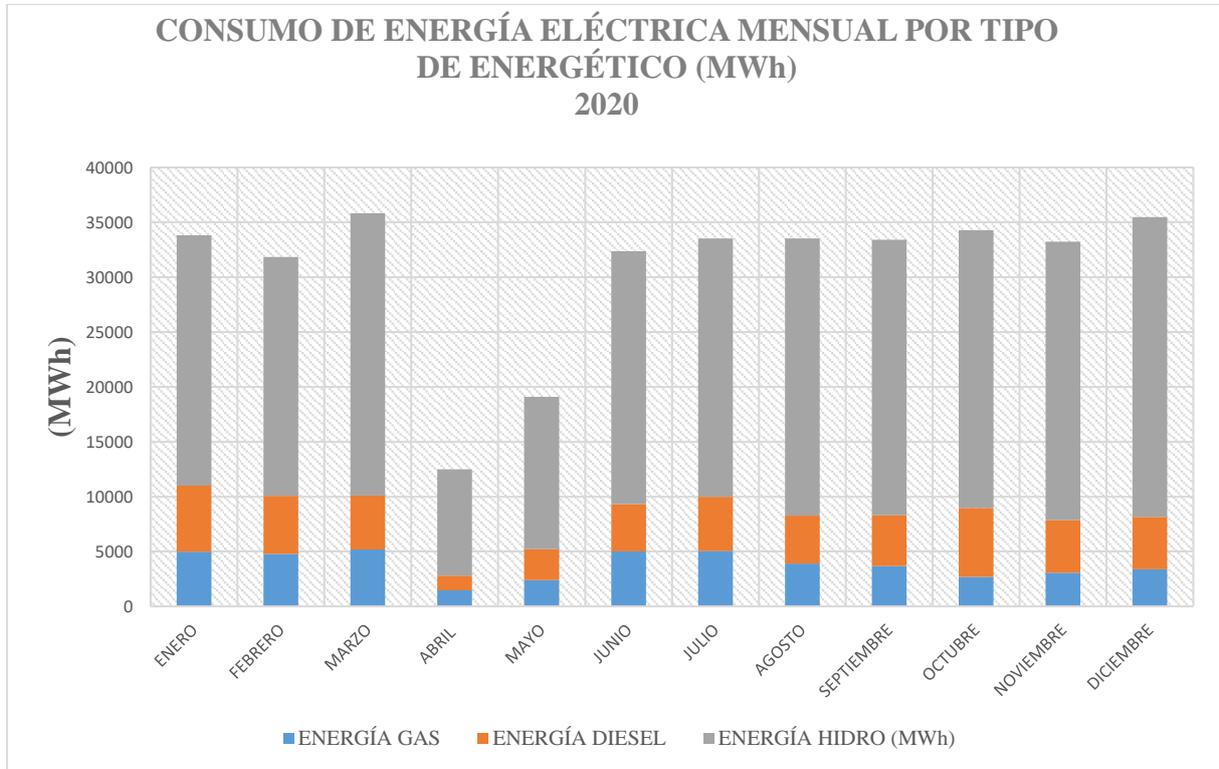


Figura 14.

Diagrama energético productivo.



## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

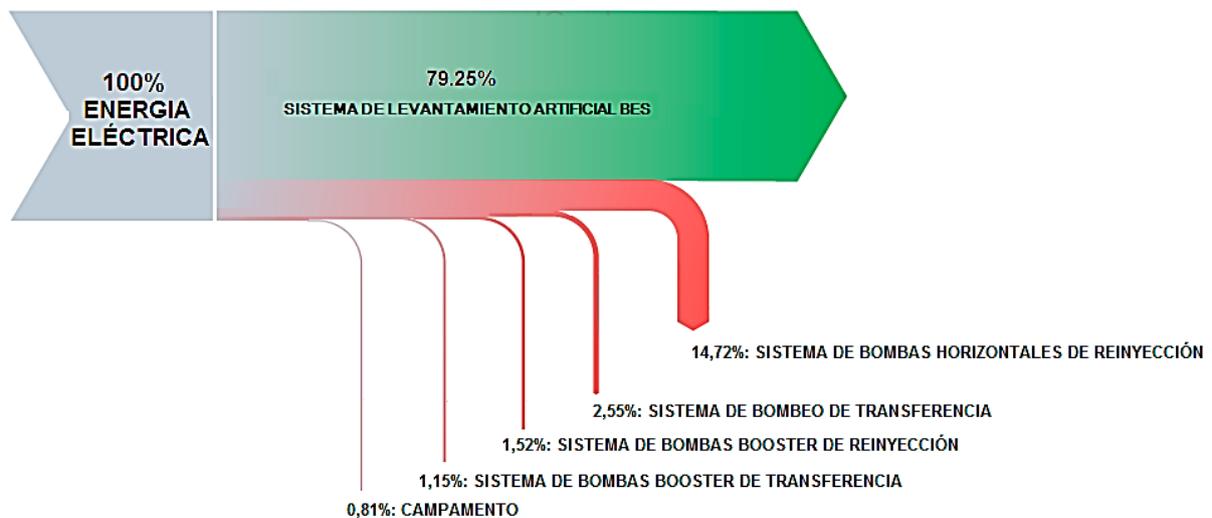
Analizando los procesos de conversión de energía, se puede ver que al momento se alcanza un 14.39% de eficiencia en el proceso de generación a gas de un posible 40-45%, y un 32.65% de 30-35% posibles.

En cuanto al consumo de electricidad, el 90% del consumo está concentrado en la actividad de extracción de crudo, mediante el uso de conjuntos variador de frecuencia - bomba electro sumergibles, conjunto que tiene eficiencias que van desde el 75% al 80%.

Los datos obtenidos son similares a los resultados obtenidos del análisis de los usos intensivos de la energía en un estudio realizado para el bloque 65 (Cevallos, E. 2016).

Figura 15.

*Diagrama de Sankey, identificación de uso significativo de energía eléctrica.*



Fuente: Cevallos, E, 2016

### Gráfico de Consumo y Producción en el tiempo (E-P vs T).

Es importante destacar la importancia de definir dos variables para la producción, la producción de fluido total (BF) y la producción neta de crudo (BP), la primera es la mezcla total

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

de crudo, agua y gas que se extrae de los pozos, el BSW (Basic Sediment & Water) mide el contenido de agua y sedimentos; mientras que la producción neta de crudo se mide después de todo el proceso de separación y una vez que se haya alcanzado los parámetros de calidad para el bombeo.

La tabla 6, muestra los datos de producción de fluido total, crudo y consumo de energía mensual del campo petrolero que se usa como ejemplo para este análisis.

Tabla 6.

*Producción de Fluido y Crudo, Consumo de Energía Total – Año 2020.*

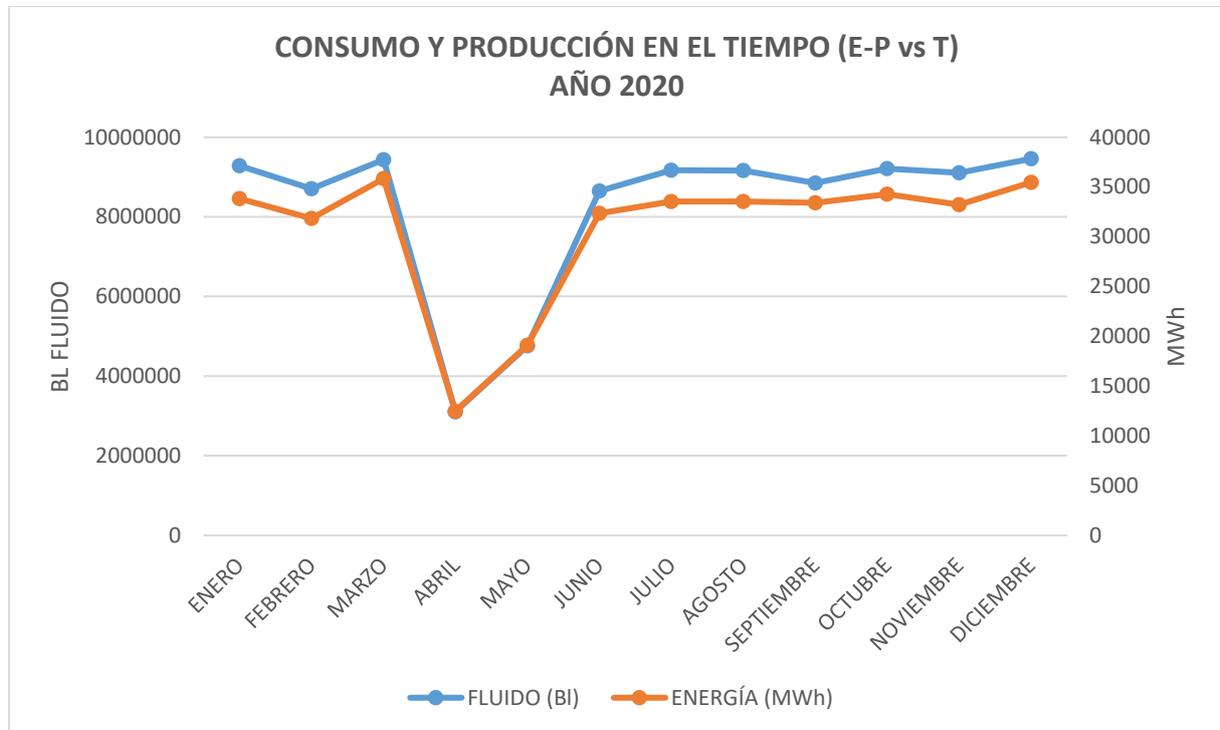
MES	FLUIDO (BI)	CRUDO (BI)	ENERGÍA (MWh)
ENERO	9285020	1937380	33817
FEBRERO	8708149	1862227	31826
MARZO	9432919	2034512	35837
ABRIL	3104398	711136	12483
MAYO	4761982	1150531	19106
JUNIO	8650433	2000064	32357
JULIO	9174398	2087018	33534
AGOSTO	9166876	2101878	33535
SEPTIEMBRE	8852574	2017712	33422
OCTUBRE	9209007	2084888	34274
NOVIEMBRE	9109170	2039306	33223
DICIEMBRE	9458944	2093924	35467
TOTALES	98913870	22120578	368882

A continuación, se grafican estos datos para una mejor visualización del comportamiento energético en función de la producción.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Figura 16.

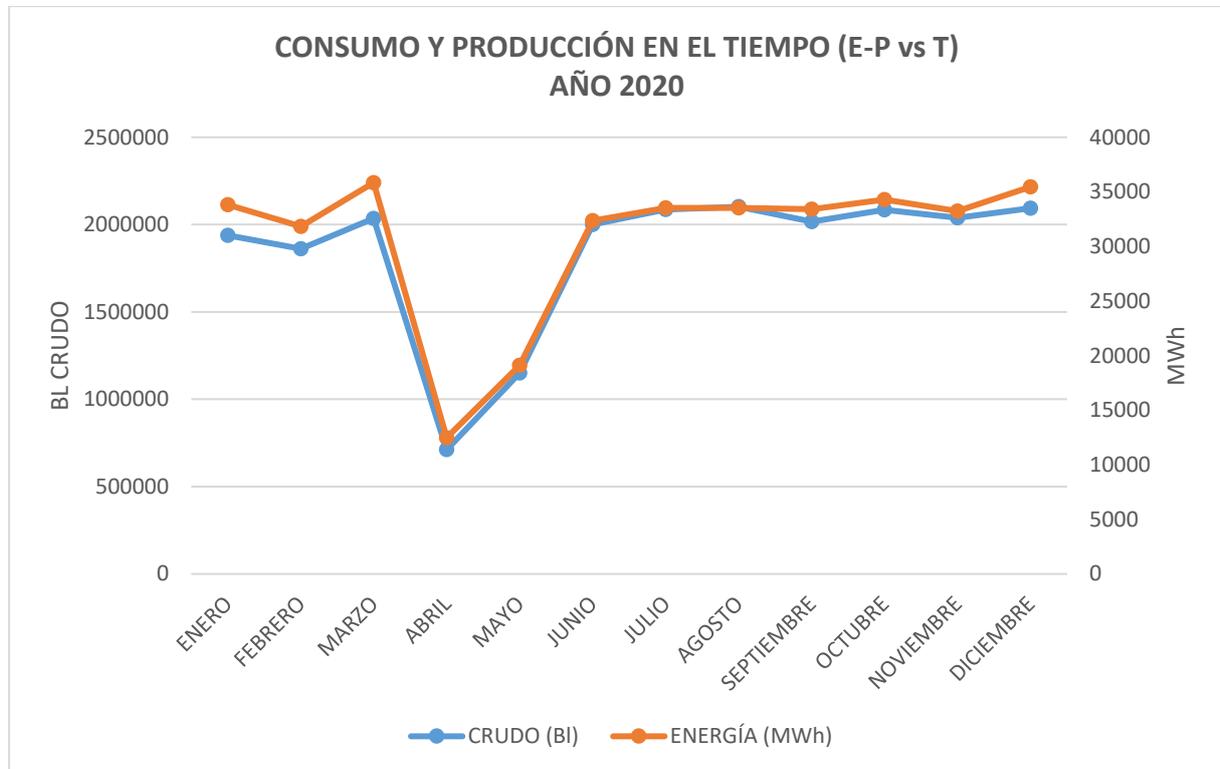
*Consumo de energía y producción de fluido (BF) en el tiempo.*



La figura 16 muestra el comportamiento del consumo de energía en MWh/mes y la producción de fluido total (BLS) para el año 2020, las dos curvas muestran la misma tendencia en el tiempo, lo que muestra que están relacionadas. La energía mensual consumida varía entre 30000 y 35000 MWh, mientras que la producción varía entre 7 y 8 millones de barriles de fluido por mes.

Figura 17.

Consumo de energía y producción de petróleo (BP) en el tiempo.



La figura 17 muestra el comportamiento del consumo de energía en MWh/mes y la producción de fluido total mensual (BLS) para el año 2020, las dos curvas muestran la misma tendencia en el tiempo, lo que muestra que están relacionadas. La energía mensual consumida varía entre 30000 y 35000, mientras que la producción neta de crudo varía entre 1.8 y 2.1 millones de barriles por mes.

#### Diagrama de Consumo - Producción.

Acerca del diagrama de dispersión Betancourt, D. F. (2016) indica que se usa comúnmente para mostrar cómo dos variables se relacionan entre sí. De este modo, permite estudiar las relaciones que existen entre dos factores, problemas o causas relacionadas con la

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

calidad, o un problema de calidad y su posible causa. Su objetivo es analizar estas variables para determinar la forma en que se relacionan o qué tan independientes son una de la otra. Esto se llama correlación y existen tres tipos:

**Correlación positiva.** Se da cuando hay una relación proporcional entre ambas variables; es decir, las dos disminuyen o aumentan a la vez.

**Correlación negativa.** Se produce cuando el comportamiento de una variable es diferente a la otra. Por ejemplo, mientras una aumenta, la otra disminuye.

**Correlación nula.** No existe algún tipo de comportamiento entre ambas variables.

consumo energético y la actividad productiva de la entidad.

Tabla 7.

*Límites del coeficiente de correlación  $r^2$*

<i>Descripción</i>	<i>Límites de <math>r^2</math></i>
<b>Correlación Perfecta</b>	$r=1$
<b>Correlación Excelente</b>	$0,90 < r < 1$
<b>Correlación Aceptable</b>	$0,80 < r < 0,90$
<b>Correlación regular</b>	$0,60 < r < 0,80$
<b>Correlación Mínima</b>	$0,30 < r < 0,60$
<b>No hay correlación</b>	$0 < r < 0,30$

La literatura y la experiencia acumulada indican que se pueden considerar adecuadas, a los efectos de los análisis energéticos, magnitudes del coeficiente de determinación  $R^2 \geq 0,75$ .

La figura 18 muestra una relación lineal entre el consumo y la producción de fluido (BF) dada por la ecuación  $y = 0.0035X + 1966.8$ , con un factor  $R^2 = 0.9945$  que muestra una fuerte correlación entre las variables producción de fluido y el consumo de energía eléctrica.

Figura 18.

Consumo de energía vs producción de barriles de fluido.

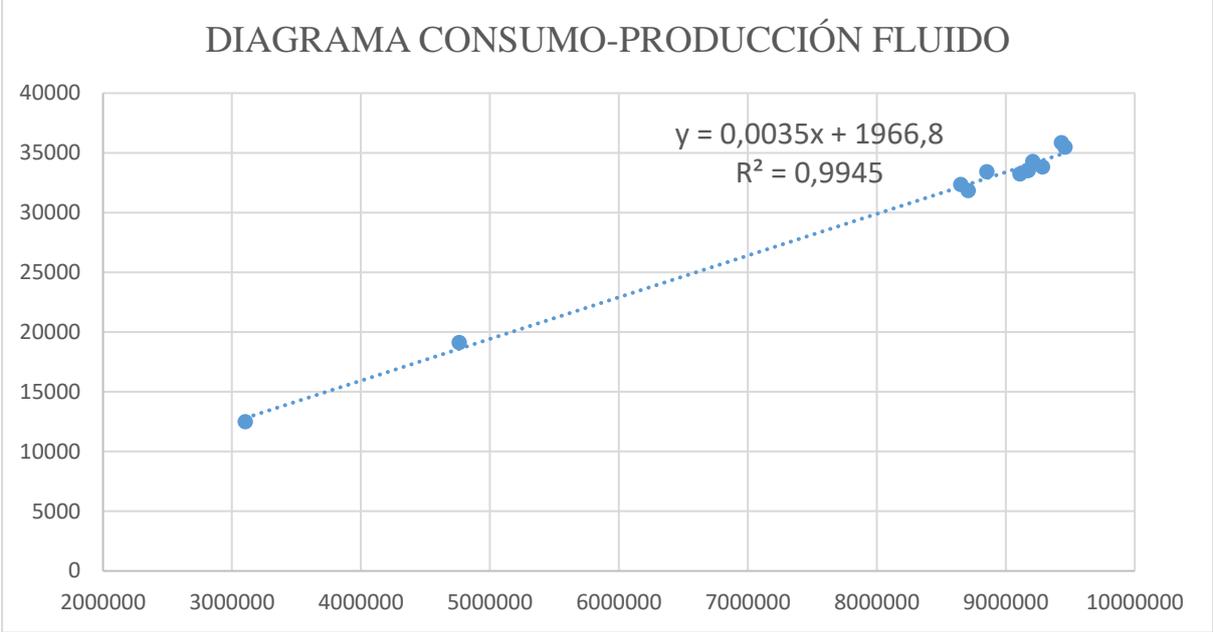
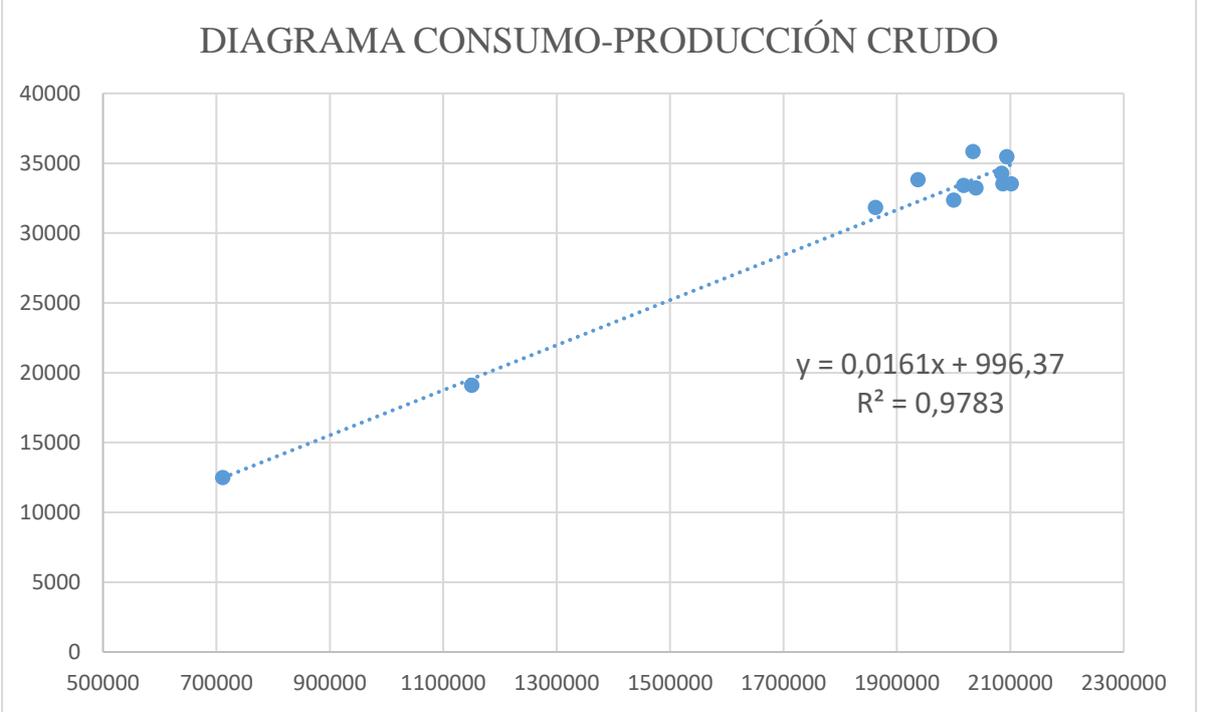


Figura 19.

Consumo de energía vs producción de barriles de crudo.



## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

La figura 19 muestra que existe una relación lineal entre el consumo y la producción de crudo dada por la ecuación  $y = 0.0161X + 996.37$ , con un factor  $R^2 = 0.9783$  que muestra una fuerte correlación entre las variables producción y consumo de energía, aunque la correlación es ligeramente menor, todavía es fuerte, por lo que puede ser empleada como línea base.

### **Línea base meta**

Para el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL):

Establecer las metas son una parte fundamental en la toma de decisiones para cualquier empresa, pues representan el punto al que se desea llegar. Razón por la cual requiere de una planificación cuidadosa que considere en determinar el punto de partida (línea base) así como también debe considerar claridad sobre lo que se quiere lograr, condicionado a los recursos con los que se cuenta para lograrlo.

Plantear las metas es una tarea complicada, pues no deben ser demasiado ambiciosas al grado de que no sea posible cumplirlas; ni que estén por debajo del umbral de la capacidad de la empresa de tal manera que se alcancen y superen con facilidad, deben ser realistas y retadoras; es decir, que deben ser posibles de cumplir con los recursos humanos, económicos y tecnológicos con los que se cuentan, pero sin caer en el error de establecer metas fáciles de cumplir, lo que le dará mayor valor a su cumplimiento y resultados.

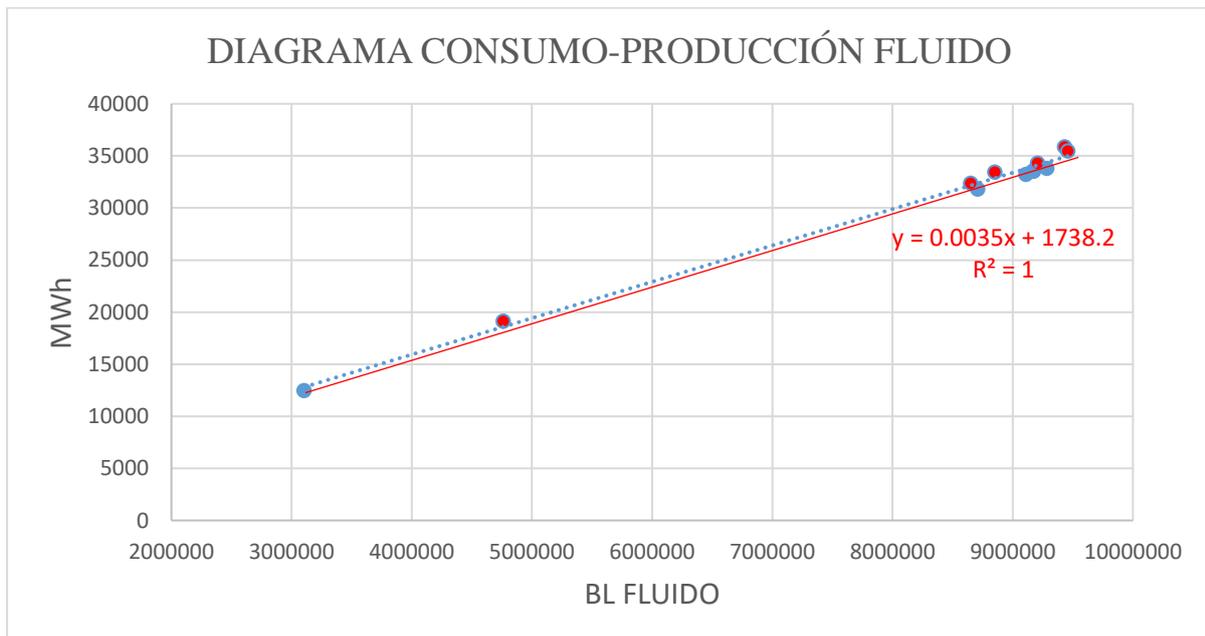
## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Además, deben ser claras y entendibles para todos los involucrados, y debe poder medirse el avance en el logro de los objetivos que servirá como retroalimentación para poder actuar a tiempo en caso de requerirse correctivos. (2019, p. 34)

De acuerdo con Salazar, L. (2018) para establecer las metas y que estas sean alcanzables, inicialmente se seleccionaron los meses de mejor eficiencia de trabajo de la planta, es decir, aquellos que se encuentran por debajo de la recta trazada en la Figura 18, 19 y, mediante estos puntos seleccionados, se establece una nueva tendencia de consumo, la cual se define como la tendencia meta, mostrado en la Figura 20, 21 (p. 47).

Figura 20.

*Consumo de energía vs producción de barriles de fluido.*



En la Figura 20 de acuerdo con Salazar, L. (2020) se presenta la tendencia meta establecida es paralela a la tendencia actual, pero desplazada verticalmente hacia abajo. Esta

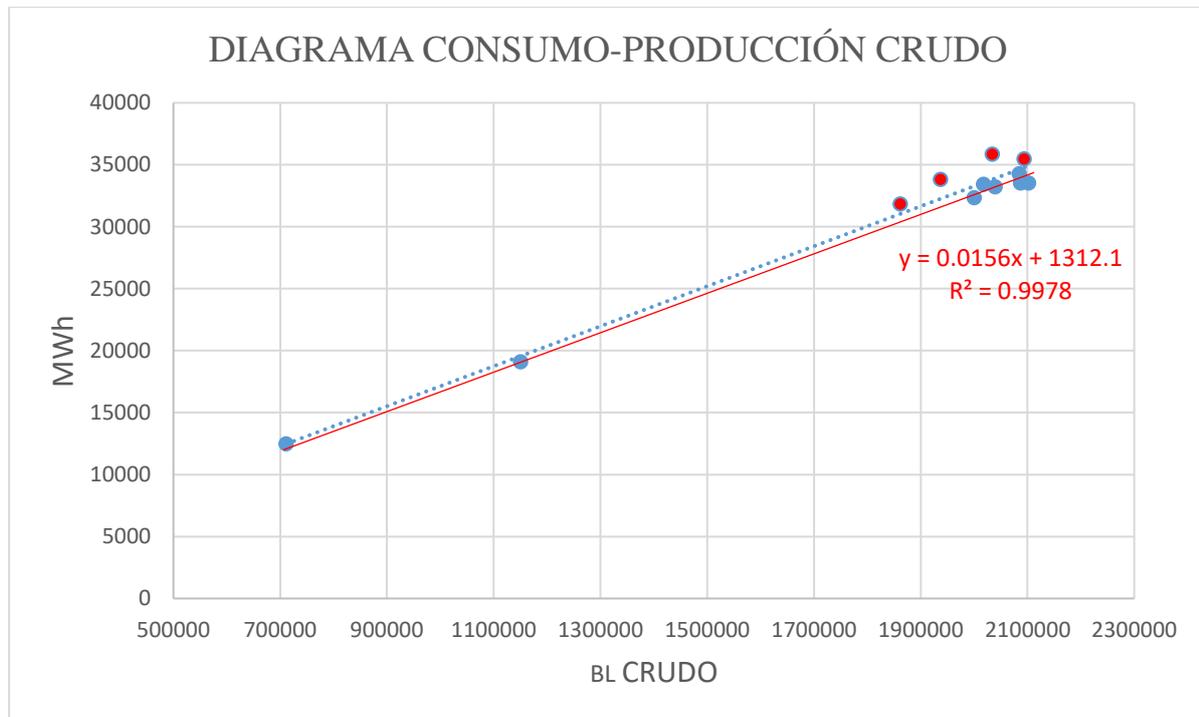
## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

nueva tendencia indica cuál debería ser el consumo de energía eléctrica para cada valor de producción, para que la planta trabaje de forma más eficiente (p. 47, 48).

Comparando las ecuaciones de la figura 18  $y = 0.0035X + 1966.8$  y figura 20  $y = 0.0035X + 1738.2$ , para una producción de entre 3 y 10 millones de barriles de fluido, se tendría ahorros de 0.6% a 1.8%; es importante recordar que, para el año de estudio (2020) la producción fue atípica debido a la paralización del oleoducto.

Figura 21.

*Consumo de energía vs producción de barriles de crudo.*



Comparando las ecuaciones de las figuras 19  $y = 0.0161X + 996.37$  y figura 21  $y = 0.0156X + 1312.1$ , para valores de producción de entre 700000 y 2000000 de barriles, se tendrían ahorros de 0.28% y hasta 2.06% de energía.

**Indicadores de desempeño energético.**

Los IDEn suelen expresarse mediante una relación de unidades de energía sobre unidades de producción, los indicadores más indicados para la producción de crudo serían la cantidad de energía consumida por unidad de producción, o sea los kWh por barril producido (kWh/Bl).

Al igual que para el cálculo de la línea base, los IDEn se calcularán considerando los barriles de crudo producidos, y la producción total de fluido.

Figura 22.

*Índice de consumo kWh/Bl para la producción de crudo.*

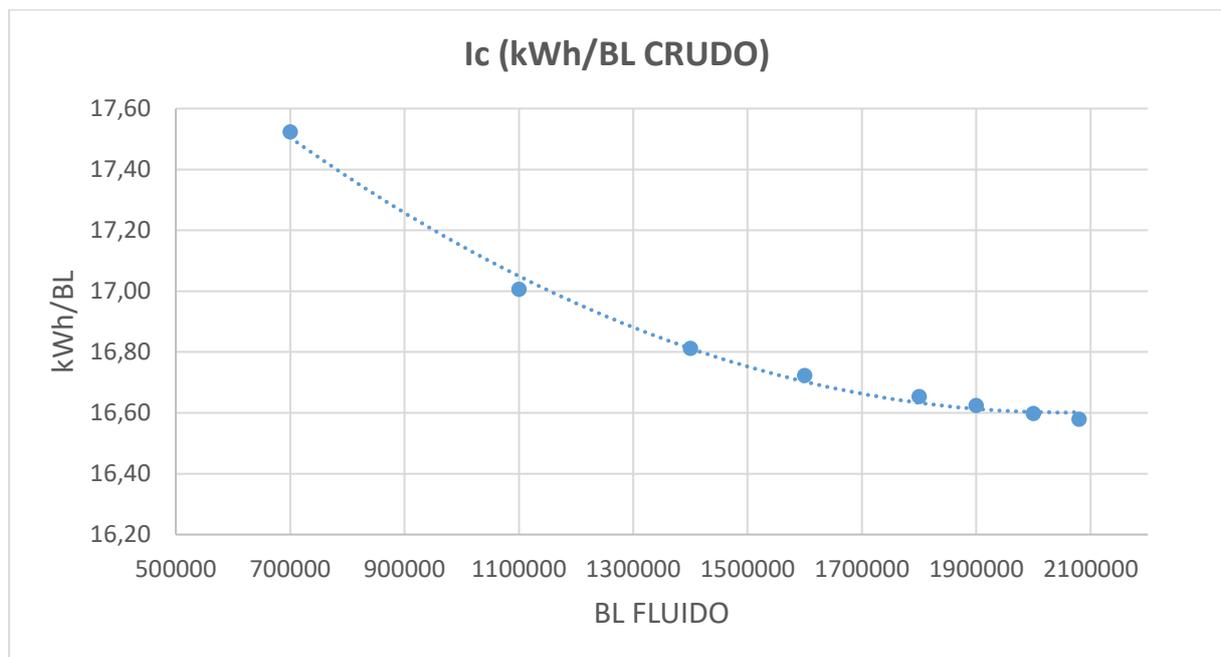
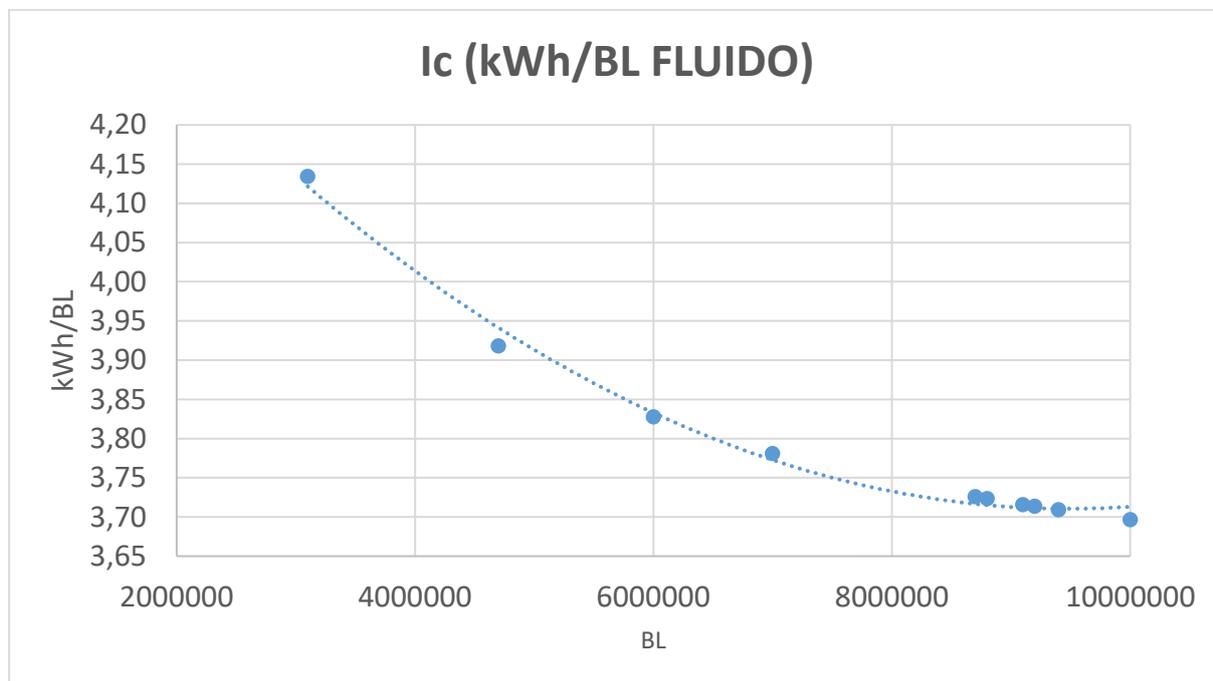


Figura 23. Índice de consumo kWh/Bl para la producción de fluido.



Al comparar los Indicadores de Consumo obtenidos de las figuras 21 y 22 se puede observar que, si se consideran los barriles totales de fluido extraídos, el  $I_{cf}$  tiende a un valor de 3.71 KWh/Bl, mientras que, si se considera únicamente los barriles totales de crudo producidos, este valor se incrementaría hasta 16.6 kWh/Bl aproximadamente, un aparente incremento de un 470% en el consumo de energía. Lo anterior podría llevar a un error al comparar el índice de consumo por barril de crudo producido entre dos campos.

### Gráfico de control.

González, H. (2012), describe el control operacional de la siguiente manera:

Los gráficos de control o diagramas de control se utilizan para controlar el desarrollo de los procesos de producción e identificar posibles inestabilidades y circunstancias anómalas.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

En resumen, lo que se pretende con este tipo de análisis es controlar los procesos para asegurarse de que funcionan correctamente. Si la gran mayoría de los puntos mostrados de la gráfica están dentro de los límites se considera que el proceso está controlado. En el momento en el que uno o varios puntos aparecen fuera de los límites establecidos o no representan una distribución estadística gaussiana, se considera que el proceso está descontrolado y comienza la búsqueda de la causa de su mal funcionamiento.

Para Gonzales, R., Jimeno, J.:

Los límites de control se sitúan de forma que un porcentaje fijado de los puntos estén dentro de ellos. Estos límites suelen calcularse para incluir o bien el 75% o el 95% de los datos:

- **Límites que incluyen el 75% de los datos:** En este caso, un proceso que funcione correctamente deberá mostrar un 75% de los valores dentro de los límites superior e inferior, un 12,5% de los valores por encima del límite superior y otro 12.5% por debajo del límite inferior. Si se aprecia un punto fuera de estos límites se considera como normal, pero si aparecen varios puntos seguidos por encima o por debajo de los límites probablemente sea una situación inusual, e indique que el proceso está descontrolado.
- **Límites que incluyen el 95% de los datos:** En este caso sólo el 2,5% de los valores deben dar por encima o por debajo de los límites. Al ser tan restrictivo, en esta situación si un dato sale fuera de los límites significará que ha habido una circunstancia inusual en el proceso.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Comúnmente se dice que un proceso está fuera de control, y por lo tanto deben analizarse las causas del incidente (y posiblemente corregirse), en las siguientes situaciones:

- Cuando hay un punto fuera de los límites del 95%. (Nota: Por definición, el 5% de los puntos estarán fuera de este límite, por lo que este caso solo debería preocuparnos si el punto se aleja mucho del límite o si sospechamos que hay algo mal).
- Cuando hay más de 3 puntos seguidos fuera de los límites del 75%. (Nota: En este caso, la clave está en que los 3 puntos fuera sean seguidos, lo cual debería ser muy improbable).
- Cuando se aprecian tendencias crecientes o decrecientes en más de 4 puntos seguidos.
- Cuando más de 6 puntos seguidos se encuentran en la mitad superior o inferior del gráfico (Nota: en este caso, el proceso está descentrado y habría que recalibrarlo).
- Cuando se aprecia que los valores siguen un patrón, no siendo estos valores aleatorios. (2012).

El límite de control está dado por:

$LC = \bar{x} \pm 3\sigma$ , que contiene aproximadamente el 99.7% de las mediciones.

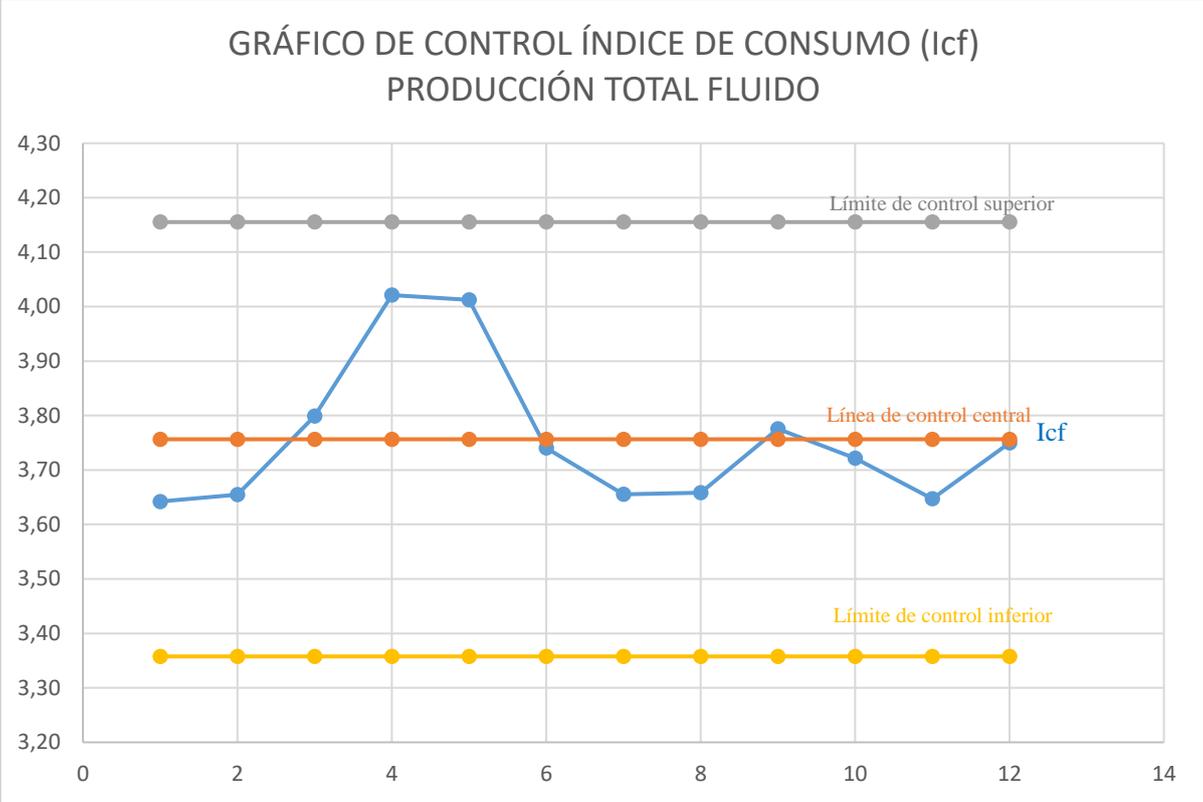
donde:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

“METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Figura 24.

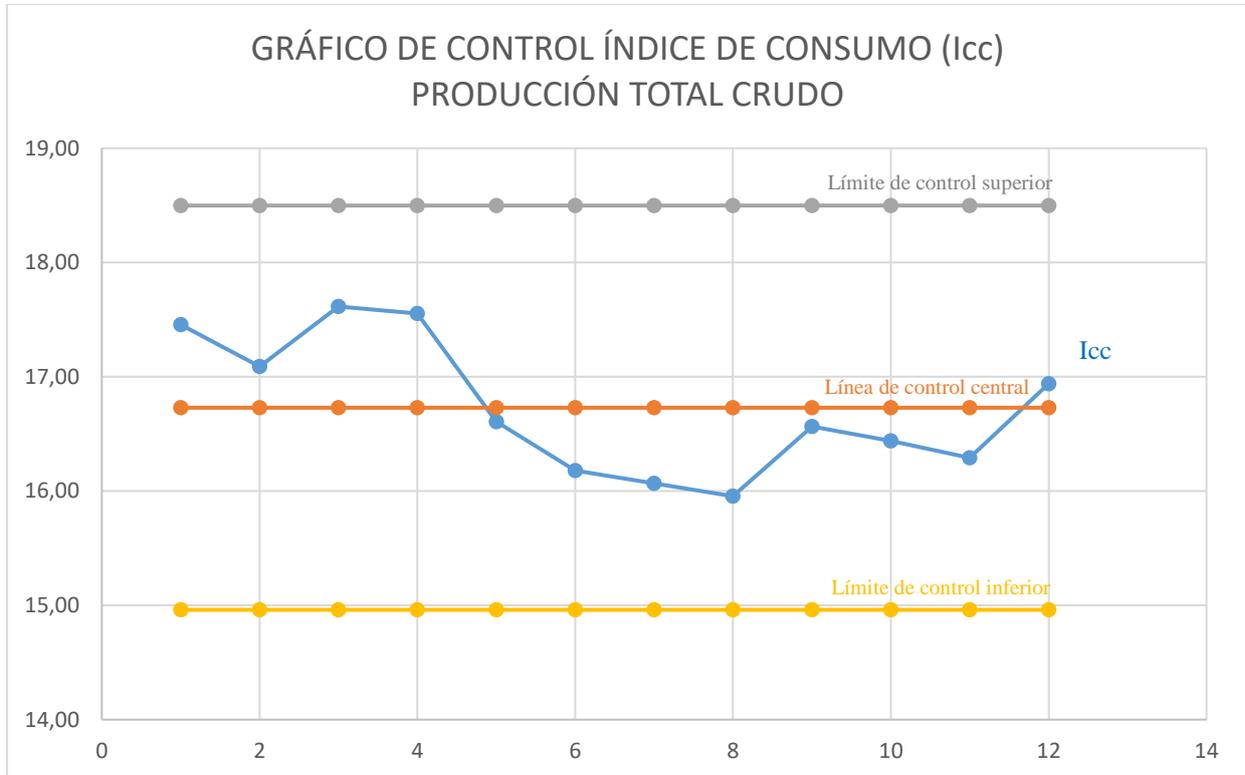
Gráfico de control de índice de consumo para la producción total de fluido (Icf).



**“METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”**

Figura 25.

*Gráfico de control de índice de consumo para la producción total de crudo (Icc).*



**Comunicación.**

Se podría trabajar sobre la base del plan de comunicación propuesto para el SGen en una estación de crudos pesados.

Tabla 8.

*Plan de comunicación*

PLAN DE COMUNICACIÓN					
BLOQUE					
A QUIÉN VA DIRIGIDO	CONTENIDO	MÉTODO DE COMUNICACIÓN	OBJETIVO	RESPONSABLE	REGISTRO

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Empleados - Interno	Generalidades del SGEN	Inducción	Conciencia de participación	Departamento de Comunicaciones	Asistencia
	Beneficios étnicos, energéticos, ambientales y económicos	Carteles	Sentido de pertenencia	Departamento de Comunicaciones	Publicaciones
	Indicadores de desempeño	Boletines informáticos	Sentido de cumplimiento de objetivos	Departamento de Comunicaciones. Administrador SGEN	Publicaciones
Proveedores - Externo	Conocimientos del SGEN	Cartas informativas	Conciencia y apoyo	Departamento de Comunicaciones	Carta
	Requisitos a cumplir como proveedores	Lista de Requisitos	Sentido de compromiso y cumplimiento	Departamento de Comunicaciones	Lista
General	Responsabilidad energética y ambiental	Campañas publicitarias	Referente de responsabilidad ambiental	Departamento de Comunicaciones	Publicidad

*Nota:* Tomada de Arteaga, J. A. 2020. Diseño de un sistema de gestión energética de acuerdo a la normativa ISO 50001 para una estación de bombeo de crudos pesados, Anexo XIII: SGEN-PS3-PC-PLAN DE COMUNICACIÓN.

### Información Documentada.

Para Flores, L., & Jáuregui, I.:

La información documentada dentro de un SGEN muestra la evidencia de las actividades realizadas en los procesos de establecimiento, implementación, mantenimiento y mejora del sistema.

La información documentada describe cómo hay que hacer las cosas o el resultado de una o varias acciones y puede adoptar diversas formas, tales como instrucciones de trabajo, procedimientos operativos estandarizados, diagramas de flujos de trabajo, planes o requisitos legales.

La tabla 9 muestra la información mínima requerida por la ISO 50001

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Tabla 9.

*Información mínima requerida por la ISO 50001*

<b>Numeral</b>	<b>Requisito</b>	<b>Acción</b>	<b>Elemento</b>
4.3	Determinación del alcance del sistema de gestión de la energía.	Mantener	Alcance y límites.
5.2	Política energética.	Estar disponible	Política energética organizacional aprobada y actualizada.
6.2	Objetivos, metas energéticas.	Conservar	Objetivos y metas energéticas aprobados.
6.2	Planes de acción.	Conservar	Planes de acción aprobados.
6.3	Revisión energética.	Mantener	Métodos y criterios utilizados para la elaboración/desarrollo.
		Conservar	Resultados de la aplicación de los métodos y los criterios.
6.4	Indicadores de desempeño energético.	Mantener	Método para determinar y actualizar IDEn.
		Conservar	Valores de los IDEn.
6.5	Línea de base energética.	Conservar	Información de las LBEEn, datos de las variables relevantes y modificaciones.
6.6	Planificación para la recolección de datos de la energía.	Conservar	Datos recopilados, variables relevantes de USEEn, consumo relacionado con los USEEn y con la organización, criterios operacionales relacionados con USEEn, factores estáticos, datos especificados en el plan de acción. Mediciones, seguimiento y otros medios para establecer la precisión y la repetición.
7.2	Competencia	Conservar	Evidencia apropiada a la competencia.
7.4	Comunicación	Considerar conservar	Mejoras sugeridas.
7.5	Información documentada	Considerar y mantener	Requerida por la ISO 50001:2018 La necesaria determinada por la organización para la eficacia del SGEN y que demuestre la mejora continua del desempeño energético.
8.1	Planificación y control operacional.	Mantener	En la medida necesaria para tener la confianza de que los procesos se han llevado a cabo según lo planificado.
8.2	Diseño.	Conservar	Actividades de diseño relacionadas con el desempeño energético.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

9.1	Seguimiento, medición, análisis y evaluación del desempeño energético del SGE.	Conservar	Los resultados de la investigación y la respuesta a desviaciones significativas. Seguimiento y mediciones.
9.1.2	Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos.	Conservar	Resultados de la evaluación de cumplimiento y las acciones tomadas.
9.2	Auditoría interna.	Conservar	Evidencia de la implementación del programa de auditoría y sus resultados.
9.3	Revisión por la dirección.	Conservar	Resultados de las revisiones por la dirección
10.1	No conformidad (NC) y acción correctiva.	Conservar	La naturaleza de las NC y acciones subsecuentes. Resultados de cualquier acción correctiva.

*Nota:* Tomada de Flores, L., & Jáuregui, I. (2020). Guía de implementación e interpretación de requisitos del estándar ISO 50001: 2018. México: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Conuee, p. 76, 77.

Para cumplir los requerimientos de información documentada, se requiere definir una estructura para crear, actualizar y controlar la información. Es necesario que la estructura incluya mecanismos de identificación, revisión y aprobación, formatos estándar, asegurar que la disponibilidad sea adecuada para su utilización y se cuente con las medidas de confidencialidad y seguridad de la información de la organización. (2020, p. 76, 77).

### **Planificación y control operacional**

El ahorro energético en los procesos de producción está asociado a la parte operacional de los equipos y sistemas de producción.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Los indicadores operativos son fundamentales para dar seguimiento al cumplimiento de los objetivos del SGEN, y poder identificar y actuar sobre cualesquier desviación de manera oportuna.

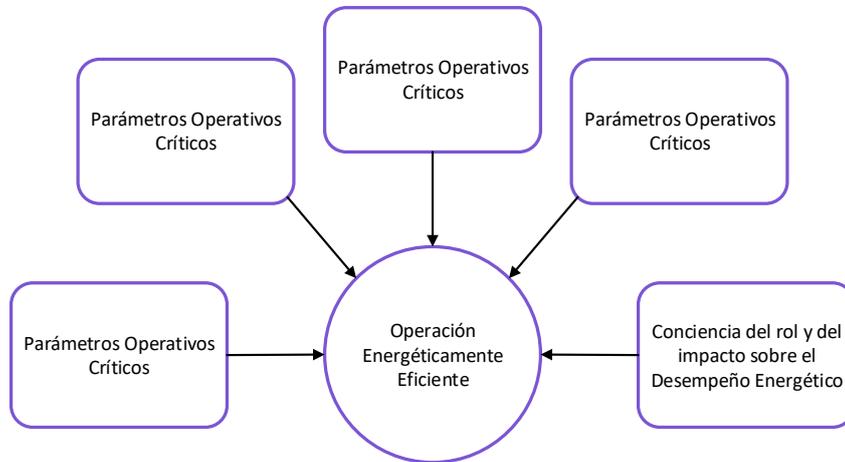
Los departamentos de operaciones y mantenimiento son los llamados a actuar en esta etapa ya que son los que operan directamente. Para dicho propósito Flores, L., & Jáuregui, I. (2020) mencionan que se pueden hacer uso de:

- Procedimientos documentados.
- Instructivos de operación/trabajo.
- Parámetros críticos de operación.
- Dispositivos físicos (válvulas reguladoras de caudal, sistemas de automatización o controladores lógicos programables).
- Puntos de referencia.
- Mantenimiento (preventivo, predictivo, confiable, correctivo, eficiencia total del equipo, etc).
- Personal autorizado.
- Diseño u otras especificaciones.
- Técnicas de seguimiento como gráficos de control.
- Cualquier combinación de las anteriores.

El control operacional efectivo y la capacitación asociada del personal relevante a menudo brindan considerables oportunidades de mejora del desempeño energético, generalmente a bajo costo.

Figura 26.

*Estrategias de control operacional eficiente.*



Fuente: ONUDI, 2015.

### **Auditoría Interna**

Para Arteaga, J. A. 2020 la auditoría interna:

Pretende asegurar el cumplimiento de los requisitos principales y estructurales de la ISO 50001. Estas actividades deben llevarse a cabo al final de la implementación.

Para su ejecución se tiene una lista de chequeo realizada por el MEER - Ministerio de Electricidad y Energía Renovable dentro del programa de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) (p. 65). (Ver Anexo 2 Formulario Auditoría ISO 50001).

### **No conformidad, corrección, acción correctiva y acción preventiva.**

Richard, N. determina los siguientes pasos para el tratamiento de las no conformidades:

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Como se indicó en la sección de auditoría interna, las no conformidades corresponden a un incumplimiento de un requisito específico del SGen. La norma ISO 50001 indica que la organización debe:

1. Revisar las no conformidades reales o potenciales. Se detectan durante:
  - Las auditorías internas.
  - Las auditorías externas.
  - Las evaluaciones de cumplimiento con los requisitos legales y otros requisitos.
  - Las actividades de seguimiento, medición y análisis cuando se repite una desviación significativa.

Las revisiones de cumplimiento de los objetivos y metas energéticas, así como de los planes de acción.

La descripción de una no conformidad debe contener:

“Cómo” se detectó la no conformidad, es decir en qué formato, registro o instalación.	
“Dónde” se evidenció la situación.	
“Qué” es incorrecto, es decir cuál es el efecto.	
“Cuánto”, es decir con qué frecuencia o en qué tiempo ha aparecido el problema.	
“Por qué” es un problema.	

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

2. Determinar las causas de las no conformidades reales o potenciales. Para eso, se pueden aplicar los métodos conocidos de análisis de causa raíz como el diagrama de Ishikawa, el análisis del Árbol de Fallas, etc.
3. Evaluar la necesidad de acciones para asegurar que las no conformidades no ocurran (no conformidad potencial, acción preventiva) o no vuelvan a ocurrir (no conformidad real, acción correctiva).
4. Determinar e implementar las acciones apropiadas.
5. Mantener los registros de acciones preventivas y correctivas.
6. Revisar la eficacia de las acciones correctivas o preventivas tomadas. (2017, p. )

### **Revisión por la dirección**

Finalmente, para completar el círculo Richard, N. define el rol de la alta dirección:

Con la fase “actuar”, cerramos el círculo de mejora continua. Es momento de revisar los resultados logrados con el SGEN incluyendo la mejora del desempeño energético. Como en la etapa de planificación, hay que involucrar a la alta dirección y su papel es fundamental para demostrar su apoyo y compromiso en la implementación y operación del sistema.

La norma estipula que “la alta dirección debe revisar, a intervalos planificados, el SGEN de la organización para asegurarse de su conveniencia, suficiencia y eficacia continua”. La información mínima que debe ser revisada por la alta dirección es la siguiente:

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

- Los resultados del desempeño energético de la organización y de los IDEn relacionados.
- El cumplimiento de los objetivos energéticos y metas energéticas.
- Los resultados de la evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos y los cambios que ocurrieron en relación a los requisitos.
- La política energética, se evalúa si sigue representando las intenciones de la organización o si requiere ajustes.
- Los resultados de las auditorías al sistema, internas o externas.
- El estado de las acciones preventivas y correctivas implementadas a raíz de las auditorías o revisiones a los elementos del SGEN.
- El desempeño energético previsto para el siguiente año.
- Las recomendaciones para la mejora.
- Las acciones de seguimiento derivadas de revisiones anteriores con la dirección.

### **Discusión de resultados.**

Entre 90% y 95% de la energía se destina a la actividad de la extracción de fluido (mezcla de crudo, aguas, gas y sedimentos), estos resultados son arrojados de análisis de los datos de consumo de energéticos y la identificación de los usos intensivos del campo estudiado, y de datos de estudios similares en el Bloque 65 95%, industria petrolera canadiense 90%. Esto incluye la energía que se utiliza para los sistemas de reinyección de agua RYA, que también forma parte del proceso de extracción de petróleo.

El índice de consumo obtenido es de alrededor de 16.60 kWh/Bl, valor muy similar al obtenido por Amores, J. (2020) en su trabajo Evaluación de la tasa de retorno energético para

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

la producción de petróleo crudo de Petroamazonas EP ahora EP Petroecuador. La siguiente tabla muestra Icc para los años 2008 a 2019.

Tabla 10.

*Índice de consumo Icc Petroamazonas EP.*

Años	Energía Eléctrica Producida [KWh]	Producción Fiscalizada [Barriles]	[KWh/Barril de petróleo]
2008	484110000	34307344	14
2009	443276770	35710271	12
2010	696944850	40875960	17
2011	712321050	56537593	13
2012	1071288680	53630630	20
2013	1309118970	113376177	12
2014	1137632830	125671936	9
2015	1283431140	120684820	11
2016	1813089280	135659819	13
2017	1980155230	145951138	14
2018	2163779210	140093139	15
2019	2342791123	146997847	16

*Nota:* Tomado de Amores, J. (2020). Evaluación de la tasa de retorno energético para la producción de petróleo crudo de Petroamazonas EP.

Para el caso estudio, para una producción de 2'093.924 Bl de crudo producidos en el mes de diciembre se tienen 38741.38 bep de energía utilizados, de aquí se obtiene un EROI de 54.42 para el mes de diciembre, el EROI promedio del año 2020 fue de 50.39, el valor es bueno comparado con un EROI de 10 que se tiene en estos momentos en Estados Unidos como se mencionó al inicio del documento; sin embargo, hay que recordar que para este caso en particular el 76% de la energía consumida es hidroeléctrica.

La siguiente tabla muestra el parámetro EROI mensual del año 2020 para el caso de estudio, se descartan los datos de los meses de marzo y abril ya que estos datos no se

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

corresponden con la operación normal del campo debido a que como se mencionó, en esos meses se produjo el problema de la rotura del oleoducto.

Tabla 11.

*Parámetro EROI mensual – Año 2020*

MES	Producción (Bl)	BEP TOTAL	EROI
ENE	1937379.94	43259.01	44.79
FEB	1862227.24	41625.36	44.74
MAR	2034512.38	44871.28	45.34
JUN	2000064.44	42183.80	47.41
JUL	2087018.01	43134.45	48.38
AGO	2101878.15	38945.82	53.97
SEP	2017712.44	38555.77	52.33
OCT	2084888.33	37670.92	55.34
NOV	2039305.57	35643.97	57.21
DIC	2093924.12	38471.38	54.43
PROMEDIO			<b>50.39</b>

Las equivalencias empleadas para el cálculo se muestran a continuación.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Tabla 12.

*Tabla de equivalencias energéticas*

<b>Líquidos</b>	Combustóleo	6,397	(MJ/bl)	1.0449	(BEP/bl)
	Condensados	6,577	(MJ/bl)	1.0743	(BEP/bl)
	Diesel	6,060	(MJ/bl)	0.9899	(BEP/bl)
	Etano	2,868	(MJ/bl)	0.4685	(BEP/bl)
	Gas licuado	4,153	(MJ/bl)	0.6784	(BEP/bl)
	Gasóleo	42,523	(MJ/m <sup>3</sup> )	6.9459	(BEP/m <sup>3</sup> )
	Gasolinas naturales	4,781	(MJ/bl)	0.781	(BEP/bl)
	Gasolinas y naftas	5,593	(MJ/bl)	0.9136	(BEP/bl)
	Lubricantes	5,706	(MJ/bl)	0.9320	(BEP/bl)
	Metil-terbutil-éter (MTBE)	5,651	(MJ/bl)	0.9231	(BEP/bl)
	Petróleo crudo (promedio de la producción) <sup>3</sup>	6,122	(MJ/bl)	1.000	(BEP/bl)
	Querosenos	6,071	(MJ/bl)	0.9917	(BEP/bl)
	<b>Sólidos</b>	Azufre	9,296	(MJ/t)	1.5185
Carbón siderúrgico de importación		28,954	(MJ/t)	4.7295	(BEP/t)
Carbón siderúrgico nacional		29,335	(MJ/t)	4.7917	(BEP/t)
Carbón térmico de importación		22,543	(MJ/t)	3.6823	(BEP/t)
Carbón térmico nacional		19,432	(MJ/t)	3.1741	(BEP/t)
Coque de carbón		26,521	(MJ/t)	4.3321	(BEP/t)
Coque de petróleo		32,658	(MJ/t)	5.3345	(BEP/t)
Materia prima para negro de humo		6,087	(MJ/bl)	0.9943	(BEP/bl)

Finalmente, realizando una breve estimación como si la energía hidroeléctrica fuera provista por generación a diésel con una eficiencia del 30%, el EROI promedio para el 2020 para el caso de estudio sería de 27.36. Este valor estaría en el rango general indicado por Murphy et al., 2011., que manifiesta que a nivel global el EROI del petróleo se encuentra hoy en día entre 20 y 40.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Tabla 13.

*Cálculo preliminar de la tasa de retorno energético EROI o TRE de Petroamazonas EP.*

<b>Años</b>	<b>Consumo de combustibles [kTEP]</b>	<b>Producción Fiscalizada [kTEP]</b>	<b>EROI</b>
2008	122.08	4761.17	39
2009	208.33	4955.87	24
2010	156.59	5672.77	36
2011	173.30	7846.29	45
2012	219.30	7442.86	34
2013	327.20	15734.35	48
2014	298.37	17440.75	58
2015	331.77	16748.64	50
2016	478.21	18826.87	39
2017	509.25	20255.10	40
2018	567.64	19442.13	34
2019	590.86	20400.36	35

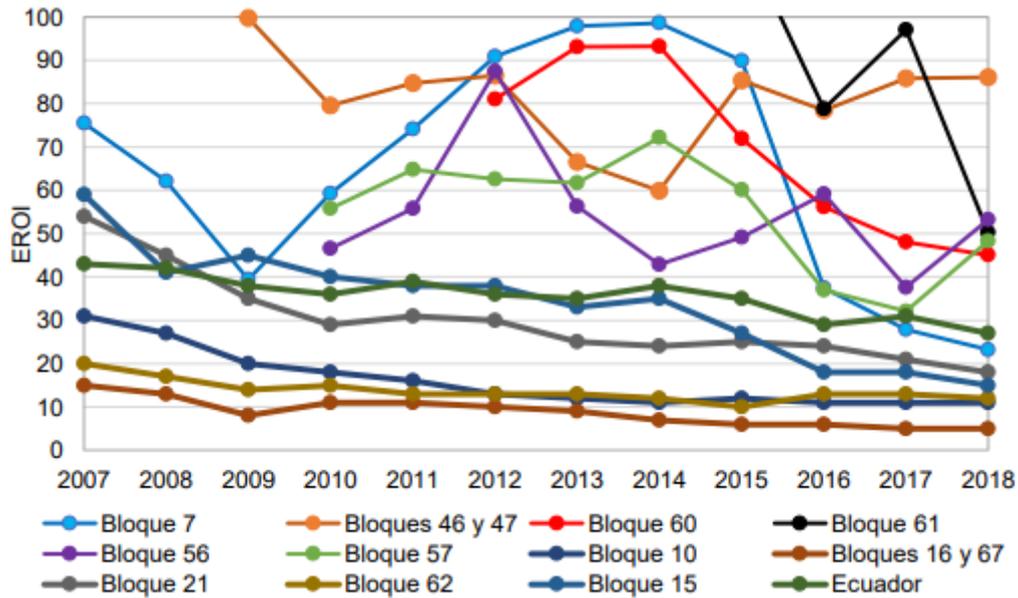
*Nota:* Tomado de Amores, J. (2020). Evaluación de la tasa de retorno energético para la producción de petróleo crudo de Petroamazonas EP.

Los valores de EROI mostrados en la tabla 13 son para la producción y consumo energético totales de Petroamazonas EP, en nuestro caso el EROI calculado corresponde solamente para un campo, la siguiente figura muestra parámetros de EROI para los años 2007 a 2018.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Figura 27.

EROI del petróleo en Ecuador y para los Bloques 21, 46, 47, 56, 57, 7, 10, 15, 16, 60, 62, 61 y 67



Fuente: Amores, J. (2020).

### Conclusiones.

- Los principales energéticos que se utilizan para la extracción del petróleo son gas, diésel y en algunos casos crudo que se utilizan para generación de energía eléctrica, el porcentaje de participación depende por ejemplo de la de disponibilidad de gas en cantidad y calidad tal que pueda ser utilizado para generación eléctrica.

En el caso analizado que es muy particular, también se utiliza energía hidroeléctrica que se toma desde el Sistema Nacional Interconectado.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

El Plan de Expansión de Transmisión, que forma parte del Plan Maestro de Electricidad (PME) 2018 – 2027, considera la construcción del Sistema de Transmisión Nororiental (STNO), que permitirá interconectar los campos petroleros ubicados al Nororiente al Sistema Nacional Interconectado (SNI) y desplazar 300MW de generación mediante el uso de combustibles líquidos.

- En el proceso de generación eléctrica mediante el uso de gas se calcula una eficiencia del 14.39% de 45% posible, mientras que para la generación a diésel se calcula una eficiencia del 32.65% de 45% posible.
- Como se describió anteriormente, el consumo del conjunto variador-motor equivale al 90-95% del consumo total de energía, por lo que todo esfuerzo por pequeño que sea para mejorar la eficiencia del conjunto, tendrá el mayor impacto sobre la eficiencia del proceso de extracción de petróleo.

El ciclo de vida medio de los motores de pequeña potencia es del orden de los 15 a 20 años, durante este período, el costo de la electricidad representará el 97% del costo de vida útil del motor eléctrico; mientras que, para el motor del automóvil, representa sólo el 10 %. Además, los motores de combustión interna del automóvil rara vez pueden superar el 50 % de eficiencia, con un enorme impacto negativo a pagar en contaminación ambiental. Podemos deducir de este hecho, que la mejora del 1 % de la eficiencia del motor tendrá el mismo impacto que la reducción del 10% consumo de gasolina coche.

- El indicador de consumo y producción en el tiempo (E-P vs T) muestra una simetría en las curvas trazadas con los datos medidos, esto se pudo evidenciar en los meses de abril y mayo donde por ejemplo se tuvo el incidente de la rotura del oleoducto,

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

paralizando parcialmente las actividades de la empresa, disminuyendo tanto la producción como el consumo de energía proporcionalmente.

- El gráfico Consumo vs Producción (C vs P) muestra una relación lineal fuerte ( $R^2 > 0.9$ ) entre la variación de la producción y la variación del consumo, estableciendo la línea base para el consumo de la energía de acuerdo a la producción. A través de la proyección de la línea base meta, únicamente considerando operar alrededor de los puntos de los mejores meses de consumo se tendría un ahorro de entre 0.6 y 1.8%, considerando únicamente un ahorro del 1% se tendrían ahorros aproximados de 553.000,00 USD, considerando un costo referencial de la energía de 0,20 USD/kWh. Este ahorro sería neto ya que no se requiere inversión alguna, solo es operativo.
- La gráfica del índice de consumo vs producción (Ic vs P) muestra cuán eficiente es la empresa en cuanto al consumo de la energía por barril de fluido extraído, o de barril de petróleo extraído. Para el campo analizado el índice de consumo Icc calculado es de 16.60 kWh/Bl, similar al valor obtenido para toda la producción de EP Petroecuador en el año 2019.
- El parámetro EROI calculado con los datos del campo analizado es de 54.42, valor por sobre la media de EP Petroecuador y por fuera del rango de 20 a 40 establecido por Murphy. Esto como se explicó se debe a la particularidad de la matriz energética del caso analizado.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

### Referencias.

- Nordelo, A. B., Rodríguez, M. L., Yanes, J. M., de Armas Teyra, M. A., Perez, M. M., Castillo, J. D., ... & Perez, F. G. (2005). La gestión energética: una alternativa eficaz para mejorar la competitividad empresarial. *Energética*, (33), 65-69.
- Vieira, R. S., Calili, R. F., Aranha, A. S., & Fabbriani, L. F. (2018, June). Energy savings resulting from energy management program using measurement and verification procedure. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1044, No. 1, p. 012028). IOP Publishing.
- Andersson, E., Dernegård, H., Wallén, M., & Thollander, P. (2021). Decarbonization of industry: Implementation of energy performance indicators for successful energy management practices in kraft pulp mills. *Energy Reports*, 7, 1808-1817.
- Rafael, U. R., Margarita, G. S., Edgar, V. M., Juan, C. C. (2017). Metodología para la Integración Exitosa de un Sistema de Gestión Energética a un Sistema Ambiental Operacional. *Revista de Acceso Abierto*, 9 (8), 1-9.
- Schulze, M., Nehler, H., Ottosson, M., & Thollander, P. (2016). Energy management in industry—a systematic review of previous findings and an integrative conceptual framework. *Journal of cleaner production*, 112, 3692-3708.
- Trianni, A., Cagno, E., Bertolotti, M., Thollander, P., & Andersson, E. (2019). Energy management: A practice-based assessment model. *Applied Energy*, 235, 1614-1636.
- Organización Internacional de Normalización. (2018). Sistemas de gestión de la energía (ISO 50001).

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

- Organización Internacional de Normalización. (2017). Energy management systems - Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) - *General principles and guidance (ISO 50006:2014)*.
- Asociación Española de Normalización Génova. (2018). Sistemas de gestión de la energía Requisitos con orientación para su uso UNE-EN ISO 50001. [www.une.org](http://www.une.org)
- Johansson, M. T., & Thollander, P. (2018). A review of barriers to and driving forces for improved energy efficiency in Swedish industry—Recommendations for successful in-house energy management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 618-628.
- Bunse, K., Vodicka, M., Schönsleben, P., Brühlhart, M., & Ernst, F. O. (2011). Integrating energy efficiency performance in production management—gap analysis between industrial needs and scientific literature. *Journal of Cleaner Production*, 19(6-7), 667-679.
- Chan, Y., Kantamaneni, R., & Allington, M. (2015). Study on energy efficiency and energy saving potential in industry and on possible policy mechanisms. *London < ec. europa. eu/energy/sites/ener/files/documents/151201% 20DG, 20*. Carmen, P., & Laura, B. (2016). Effective energy planning for improving the enterprise’s energy performance. *Management & Marketing*, 11(3), 512-531.
- Svensson, A., & Paramonova, S. (2017). An analytical model for identifying and addressing energy efficiency improvement opportunities in industrial production systems—model development and testing experiences from Sweden. *Journal of cleaner production*, 142, 2407-2422.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

- Solnørdal, M. T., & Thyholdt, S. B. (2019). Absorptive capacity and energy efficiency in manufacturing firms—An empirical analysis in Norway. *Energy Policy*, 132, 978-990.
- Cosgrove, J., Rivas Duarte, M. J., Littlewood, J., & Wilgeroth, P. (2018). An energy mapping methodology to reduce energy consumption in manufacturing operations. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*.
- Beisheim, B., Rahimi-Adli, K., Krämer, S., & Engell, S. (2019). Energy performance analysis of continuous processes using surrogate models. *Energy*, 183.
- Bansal, P., & Roth, K. (2000). Why companies go green: A model of ecological responsiveness. *Academy of management journal*, 43(4), 717-736.
- Perkins, R., & Neumayer, E. (2008). Fostering environment efficiency through transnational linkages? Trajectories of CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub>, 1980–2000. *Environment and Planning A*, 40(12), 2970-2989.
- Borroto, A., & Monteagudo, J. (2006). Gestión energética en el sector productivo y los servicios. *Universidad de Cienfuegos, Cuba*.
- Betancourt, D. (2016). Cómo hacer un diagrama de dispersión: Ejemplo en calidad. <https://www.ingenioempresa.com/diagrama-de-dispersion>
- González, R., & Bernal, J., (2012). Diagramas de control: Gráficos para controlar procesos. <https://www.pdcahome.com/diagramas-de-control/>
- Gonzalez, H. (2012). La mejora continua-Diagrama de Pareto. *blog: Calidad y Gestión ISO, 9000*. <https://calidadgestion.wordpress.com/>

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Salazar, L., Guzmán, V., Bueno, A. (2018). Análisis de medidas de ahorro de energía en una empresa de producción. *Ingenius*. N°. 19, (enero-junio). pp. 7-13.

Alonso, J. (2004). Gráficos Cusum: Monitorización para un aseguramiento continuo de la Calidad. [https://www.aec.es/c/document\\_library/get\\_file](https://www.aec.es/c/document_library/get_file)

Arteaga Navarrete, J. A. (2020). Diseño de un sistema de gestión energética de acuerdo a la normativa ISO 50001 para una estación de bombeo de crudos pesados.

Andrade, J. E. O., Crespo, J. D. O., Valarezo, F. R., & Vázquez, J. O. Q. (2020). Responsabilidad social empresarial en el Ecuador: abordaje desde la Agenda 2030. *Revista de ciencias sociales*, 26(3), 175-193.

Amores, J. (2020). Evaluación de la tasa de retorno energético para la producción de petróleo crudo de Petroamazonas EP.

Ayo, M. (2016). Diseño de un sistema de gestión energética para la “Empresa Metálicas Suquillo” ubicado en Sangolquí – Ecuador.

SUE Consulting, (2021). La ISO 50001:2018 y su implementación Parte III. <https://www.sueconsulting.com/2021/02/19/la-iso-50001-2018-y-su-Implementaci%C3%B3n-parte-iii/>

Flores, L., & Jáuregui, I. (2020). Guía de implementación e interpretación de requisitos del estándar ISO 50001: 2018. México: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Conuee.

ONUDI. (2015). Guía Práctica para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía. QUITO.

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

Richard, N., Ortigosa, J., Caballero, S., Córdova, A., Feilbogen, E. (2017). Guía técnica para la implementación de Sistemas de Gestión de la Energía en el marco de una Red de Aprendizaje. México: Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, Conuee.

Conuee, S. (2014). Manual para la implementación de un sistema de gestión de la energía. México DF Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/55467/ManualGestionEnergia\\_V2\\_1.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/55467/ManualGestionEnergia_V2_1.pdf)

Fundación Red de Energía - BUN-CA. (2010). Motores eléctricos: Buenas prácticas en eficiencia energética / Fundación Red de Energía BUN-CA. – 1 ed.— San José, C.R. :Biomass Users Network (BUN-CA). 15 p. ; 27 X 21 cm. (Colección: Buenas Prácticas en Eficiencia Energética)

Simpson, J., Ahlinder, J., ABB Chile. (2013). Eficiencia en motores, Nuevos desarrollos y tecnologías ABB IE4 Super Premium y SynRM IE4.

Aarniovuori, L., Kärkkäinen, H., Anuchin, A., Pyrhönen, J. J., Lindh, P., & Cao, W. (2019). Voltage-source converter energy efficiency classification in accordance with IEC 61800-9-2. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 67(10), 8242-8251

Murphy, D., Hall, C., Dale, M., & Cleveland, C. (2011). Order from Chaos: A Preliminary Protocol for Determining the EROI of Fuels. Sustainability, 3(10), 1888-1907. <https://doi.org/10.3390/su3101888>

Asociación de la Industria Hidrocarburífera AHIE, (2020). El petróleo en cifras [Folleto]. <https://www.aihe.org.ec/2021/04/06/folleto-el-petroleo-en-cifras-2020/>

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

López, C. (17 de junio de 2008). El coste energético de la producción de energía. El País.

[https://elpais.com/diario/2008/06/18/opinion/1213740004\\_850215.html](https://elpais.com/diario/2008/06/18/opinion/1213740004_850215.html)

Economía. (28 de septiembre de 2021). La industria petrolera necesitará más de 10 billones en inversiones en los próximos 15 años, según la OPEP. Europa Press.

<https://www.europapress.es/economia/noticia-industria-petrolera-necesitara-mas-10-billones-inversiones-proximos-15-anos-opep-20210928142940.html>

Smarkia. (09 de julio de 2014). La ISO 50001 y la gestión energética. Smarkia.

<https://www.smarkia.com/es/blog/la-iso-50001-y-la-gestion-energetica>

Betancourt, D. F. (04 de agosto de 2016). Cómo hacer un gráfico de control: Ejemplo resuelto en calidad. Recuperado el 15 de febrero de 2022, de Ingenio Empresa:

[www.ingenioempresa.com/grafico-de-control](http://www.ingenioempresa.com/grafico-de-control).

García, A. (23 de octubre de 2015). ¿En qué se diferencian la ISO 50001 de la ISO 14001?.

Zero Consulting. <https://blog.zeroconsulting.com/en-que-se-diferencian-la-iso-50001-de-la-iso-14001->

CEPAL. (20 de abril de 2018). Las estrategias empresariales deben alinearse con los Objetivos de Desarrollo Sostenible para el éxito de la Agenda 2030. *Foro de los Países de América*

*Latina y el Caribe sobre el Desarrollo Sostenible – 2018.*

<https://foroalc2030.cepal.org/2018/es/noticias/estrategias-empresariales-deben-alinearse-objetivos-desarrollo-sostenible-exito-la-agenda>

Cevallos, E. (2016). Diagnóstico del consumo del portador energético electricidad en el bloque de extracción de petróleo 65, operado por el consorcio petrosud petroriga, durante el año

## “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

2015. propuesta de un programa de mejora para la gestión de la energía eléctrica en base a la norma iso 50001.

Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2019). Guía para el establecimiento y cálculo de líneas base y metas, CONEVAL, Ciudad de México.

Gonzales, R., Jimeno, J. (2012). Diagramas de control: Gráficos para controlar procesos. *PDCA Home*.

**Anexos.**

**Anexo 1. Política Energética.**

**POLÍTICA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA**

LA ORGANIZACIÓN asume el compromiso de utilizar eficientemente la energía en sus instalaciones y actividades con el propósito de preservar los recursos naturales, reducir las emisiones atmosféricas, contribuir a mitigar los efectos del cambio climático y mejorar su posicionamiento competitivo.

LA ORGANIZACIÓN impulsará los programas de eficiencia energética, asegurando que la organización trabaje de acuerdo con los principios establecidos en esta política.

LA ORGANIZACIÓN establecerá objetivos y metas para la mejora del desempeño energético y la reducción de las correspondientes emisiones de GEI. Asimismo, se asegurará la disponibilidad de la información y los recursos necesarios.

LA ORGANIZACIÓN mejorará de manera continua el uso de los recursos energéticos en sus instalaciones y actividades durante todo el ciclo de vida de las mismas, optimizando la tecnología y diseño de los procesos, así como la operación de las instalaciones, y apoyando la adquisición de productos y servicios energéticamente eficientes.

LA ORGANIZACIÓN asegurará el cumplimiento de los requisitos legales vigentes, así como de aquellos otros requisitos relacionados con el desempeño energético, incluyendo:  
» La eficiencia energética » El uso y consumo de la energía. Promoviendo, además, la adaptación de sus operaciones a los cambios que se pudieran producir en el marco regulatorio vigente.

LA ORGANIZACIÓN establecerá estándares comunes de gestión en materia de eficiencia energética en todas las áreas y países en que opera. Con el fin de promover la transparencia, LA ORGANIZACIÓN proveerá periódicamente información sobre su consumo de energía, emisiones de GEI y grado de cumplimiento de las metas establecidas.

LA ORGANIZACIÓN considera que “cumplir y hacer cumplir” esta política es responsabilidad de todas las personas que participan en la organización.

---

Dirección General  
LA ORGANIZACIÓN

# “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

## Anexo 2. Lista de verificación de auditoría ISO 50001.

LISTA DE VERIFICACIÓN AUDITORIA ISO 50001						
PS3						
TIPO DE AUDITORIA: Investigación Inicial				AUDITOR LÍDER:		
PROCESO: Planeación energética, control operacional, seguimiento, medición y análisis				AUDITADO (s): Admisitrador SGen		
PROCESO: Requisitos generales, responsabilidad de la dirección, política energética, requisitos legales				AUDITADO (s): Supervisor de la estacion		
PROCESO: Documentación, competencia, comunicación				AUDITADO(s): Dpto. de ingeniería, Opeadores M&E		
DOCUMENTOS APLICABLES: ISO 50001						
AUDITORES:						
%	Ref	PREGUNTAS	CUMPLIMIENTO			OBSERVACIONES EVIDENCIAS <small>(causa de incumplimiento parcial y evidencia del incumplimiento)</small>
			TOT.	PARC	NULO	
	Requisitos generales	P1 ¿Cómo la industria establece, documenta, implementa, mantiene y mejora el SGE? (verificar estructura documental y de funcionamiento del SGE)				
		P2 ¿Cómo la industria define y documenta alcance y límites del SGE? (verificar documento o procedimiento formal establecido de la industria)				
		P3 ¿Cómo la industria determina como son atendidos los requisitos con el fin de lograr una mejora continua del desempeño energético y del SGE? (entender proceso de mejora continua establecido de la industria)				
	Responsabilidad de la dirección	P4 ¿ Existe evidencias del compromiso de la alta dirección en apoyar el SGE y mejorar continuamente su efectividad? Verificar de forma general: a. Existencia de una política energética b. Designación de un representante de la dirección c. Aporte de recursos para implementación e manutención del SGE d. Identificación de alcance y límites del SGE e. Existencia de comunicación de la importancia de la gestión de energía f. Definición clara de objetivos y metas g. Definición de indicadores de desempeño energético h. Existencia de planeamiento de la energía de largo termo i. Comunicación de resultados alcanzados j. Realización de análisis críticas de la dirección				
		P5 ¿ A alta dirección designa un representante con habilidades y competencias para asegurar el SGE? (relacionar las competencias del responsable por el SGE)				
	Política Energética	P6 ¿ La política energética existe y esta vinculada a los elementos: a. Apropiada a la naturaleza y uso de energía; (evaluación subjetiva) b. Incluye el compromiso con la mejora del desempeño energético c. Incluye el compromiso para garantizar la disponibilidad de la información y los recursos necesarios para alcanzar los objetivos y metas d. Incluye el compromiso para cumplir los requisitos legales aplicables y otros requisitos e. Aporta una estructura para establecer y revisar objetivos y metas energéticas; (¿cómo?) f. Apoya la adquisición de productos y servicios energéticamente eficientes y proyectos de mejora de desempeño energético g. Está documentada y es comunicada a todos los niveles de la organización; (¿cómo?) h. Es regularmente revisada y actualizada (¿cómo?).				
	Planeación energética. Generalidades	P7 ¿ Cómo la organización realiza y documenta un proceso de planeación energética? (determinar flujo general de las actividades)				
	Requisitos legales y otros requisitos	P8 ¿ Cómo la organización identifica, implementa y tiene acceso a los requisitos legales aplicables al uso de la energía?				
		P9 ¿ La organización realiza un inventario de legales en el contexto del SGE?				
		P10 ¿ Cuáles son los requisitos identificados por la industria? (existe una relación, una lista)				
		P11 ¿Cómo la organización controla el cumplimiento de los requisitos legales? (hay plazos y responsables involucrados?)				
		P12 ¿ Cómo la organización revisa y actualiza o controla sobre los requisitos legales? (hay plazos y responsables involucrados?)				
Revisión Energética		P13 ¿ Cómo la industria desarrolla, registra y mantiene una revisión energética? (entendimiento general del proceso).				
		P14 ¿ Existe una metodología y criterios documentados para realizar la revisión energética? (cuales son los documentos y registros)				

# “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

	P15 ¿Cuál es la estructura general de los consumos energéticos (procesos, tipos de equipos e tipos de energía)				
	P16 ¿Cuáles son los registro de consumo de la energía que la industria tiene? (contempla todos los proceso)				
	P17 ¿La industria identifica los usos significativos de la energía (USE) con base en la revisión energética? (Cuáles son los USEs)				
	P18 ¿Cuáles son los criterios utilizados para la identificación del USEs?				
	P19 ¿La industria identifica, prioriza y registra oportunidades de mejora del desempeño energético? (cuales)				
	P20 ¿La organización actualiza la revisión energética a intervalos definidos de tiempo (o existe previsión para esta actualización)				
	P21 ¿La actualización de la revisión energética considera alteraciones de las instalaciones, equipamientos, sistemas o procesos?				
Línea de base energética	P22 ¿Cómo la industria establece líneas base utilizando la información de la revisión energética (considerando un período de tiempo apropiado de información)?				
	P23 ¿Cuáles son las líneas de base identificadas de las industrias?				
	P24 ¿Las líneas de base identificadas son relacionadas a los usos significativos de la energía				
	P25 ¿Las líneas de base tiene características que permitan comparación del desempeño energético en el tiempo?				
	P26 ¿Las líneas base de energía son ajustadas, mantenidas y registradas (o existe previsión para este proceso)				
Indicadores del Desempeño Energético	P27 ¿Cómo la industria identifica IDEs apropiados para el monitoreo y medición del desempeño energético?				
	P28 ¿Cuáles son los IDEs identificados de la industria?				
	P29 ¿ Los IDEs identificados son relacionados a los usos significativos de la energía en líneas de base?				
	P30 ¿ Los IDEs tienen características que permitan comparación del desempeño energético en el tiempo?				
	P31 ¿Existe una metodología determinada para realizar la actualización de los IDEs?				
	P32 ¿Existe una comparación entre líneas de base e IDEs de la determinación del desempeño energético de la industria al correr del tiempo?				
	P33 ¿Hay evidencia de mejora del desempeño energético de la industria?				
	P34 ¿Los métodos para cuantificar el consumo de energía de los usos significativos de la energía son adecuados y consistentes?				
	P35 ¿ Existe una cantidad de medidores disponibles para un efectivo control del consumo de los USEs?				
	P36 ¿Cómo la industria establece, implementa y mantiene documentados los objetivos y metas energéticas correspondientes a las funciones, niveles, procesos o instalaciones relevantes dentro de la organización?				
	P37 ¿Cuáles son los objetivos y metas energéticas de la industria?				
	P38 ¿La industria establece, implementa, mantiene planes de acción para el cumplimiento de las metas energéticas establecidas?				
	P39 ¿Cuáles son los planos de acción establecidos de la industria?				
	P40. ¿Los planos de acción establecidos determinan: a. Atribución de las responsabilidades b. Cronograma para cumplimiento de las metas c. Método de lo cual la mejora del desempeño energético es verificada d. Declaración o registro de métodos para verificación de resultados				
	P41 ¿Cómo la industria realiza la actualización de los planos de acción? (cual es la periodicidad de la actualización)				
Implementación y Operación. Generalidades	P42 ¿La organización utiliza los planos de acción en la implementación y operación? Cuales son las evidencias de esta práctica?				
	P43 ¿Cuáles son las evidencias de efectiva implementación de un SGE en la industria?				
Competencia entrenamiento y concientización	P44 ¿La organización determina las competencias requeridas de las personas vinculadas a los usos significativos de energía? Cómo?				
	P45 ¿Cuáles son las personas identificadas?				
	P46 ¿La industria identifica necesidades de entrenamiento asociadas al control de sus usos significativos de energía y a la operación del SGE? (registros)				

# “METODOLOGÍA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA CAMPOS PETROLEROS”

	P47 ¿La industria realiza entrenamientos y acciones vinculadas para capacitación de las personas involucradas con el SGE? (registros)				
	P48 ¿Cómo la industria asegura que su personal esta consiente de la pertinencia e importancia de sus actividades y su contribución para el desempeño energético? (registros)				
	P49 ¿Cuáles son los atributos utilizados para demostrar que alguien es competente?				
	P50 ¿Cuáles y cuántos son los cursos de toma de consciencia con miras a lograr SGE que cumplan con la ISO 50001?				
Comunicación	P51 ¿La industria comunica internamente sobre su desempeño energético y el SGE?				
	P52 ¿Cuáles son los elementos utilizados para comunicar la importancia del SGE en la industria? (registros)				
	P53 ¿La organización establece e implementa procesos para obtener comentarios y sugerencias de mejoras del SGE?				
	P54 ¿Existen registros de comentarios y sugerencias de mejoras del SGE?				
	P55 ¿La industria decide comunicar externamente sobre su política energética, SGE y su desempeño energético? Donde y como?				
Documentación	P56 ¿La industria tiene una estructura documental de soporte al SGE?				
Documentación	P57 ¿La estructura de documentación incluye formalización de: a. Alcance y fronteras del SGE b. Políticas energéticas c. Objetivos y metas energéticas y planes de acción d. Otros documentos definidos por la organización				
	P58 ¿La industria tiene una estructura de control de documentos y registros? Cuál?				
	P59 ¿Existe evidencia de funcionamiento del control del documento y registros?				
Control Operacional	P60 ¿La industria identifica y planea actividades de operación y mantenimiento relativas a los usos significativos de energía?				
	P61 ¿La industria establece y define criterios para operación y manutención relativas a los USEn? Cuáles?				
	P62 ¿La industria establece criterios para operación y manutención de instalaciones, procesos, sistemas y equipos? Cuáles?				
	P63 ¿La industria establece una comunicación de dos controles operacionales a los operadores? Cómo? (registros)				
Diseño	P64 ¿La industria considera oportunidades de mejora del desempeño energético y el control operacional en el diseño de instalaciones, equipamientos, sistemas y procesos? Como?				
	P65 ¿Las especificaciones y procedimientos de diseño continen evaluación sobre requisitos de eficiencia energética?				
	P66 ¿Diseño y especificaciones de instalaciones, equipos, sistemas y procesos están documentados? (donde y como)				
Adquisición de servicios de energía, productos y equipos	P67 ¿La industria informa a sus proveedores (energía, equipos, otros) que las compras son en parte evaluadas sobre la base del desempeño energético? (registro de comunicación)				
	P68 ¿Las especificaciones de equipos, sistemas y procesos contienen requisitos de eficiencia energética?				
	P69 ¿La industria establece e implementa criterios de evaluación del uso y consumo de la energía, así como la eficiencia energética durante la vida útil planificada o esperada al adquirir productos, equipos, servicios que usen energía? Cuáles son los criterios?				
Monitoreo, medición y análisis (10%)	P70 ¿La organización garantiza que las características clave de sus operaciones que determinan el desempeño energético son monitoreadas, medidas y analizadas a intervalos planeados? Cómo?				
	P71 ¿La industria monitorea los USEs? Cómo?				
	P72 ¿La industria monitorea variables relevantes a los USEs? Cuáles y cómo?				
	P73 ¿La industria monitorea los IDEs? Cuáles y cómo?				
	P74 ¿La industria monitorea la efectividad de los planos de acción? Cómo?				
	P75 ¿La industria monitorea el consumo de energía real y esperado? Cómo?				
	P76 ¿La industria determina un plan de medición? Cuáles mediciones son determinadas?				
	P77 ¿La industria define y revisa periódicamente sus necesidades de medición? Cómo?				
	P78 ¿La industria mantiene registros de calibración adecuados a los procesos y equipos de medición? Cuáles?				