



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN OPCIÓN AL GRADO
ACADÉMICO DE MAGISTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS
COHORTE 2012 - 2015**

TÍTULO:

“DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DEL PORTADOR ENERGÉTICO ELECTRICIDADEN EL BLOQUE DE EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO 65, OPERADO POR EL CONSORCIO PETROSUD PETRORIVA, DURANTE EL AÑO 2015. PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MEJORA PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN BASE A LA NORMA ISO 50001”.

Autor: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Tutor: Ph.D. Secundino Marrero Ramírez

LATACUNGA – ECUADOR

Julio – 2016



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD DE POSGRADO

Latacunga – Ecuador

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de investigación de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Cevallos Tapia Edgar Fabián, con el título de tesis: “DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DEL PORTADOR ENERGÉTICO ELECTRICIDAD EN EL BLOQUE DE EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO 65, OPERADO POR EL CONSORCIO PETROSUD PETRORIVA, DURANTE EL AÑO 2015. PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MEJORA PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN BASE A LA NORMA ISO 50001”. Ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

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

Latacunga, julio 05 2016.

Para constancia firman:

.....

NOMBRES Y APELLIDOS

PRESIDENTE

.....

NOMBRES Y APELLIDOS

MIEMBRO

.....

NOMBRES Y APELLIDOS

MIEMBRO

.....

NOMBRES Y APELLIDOS

OPONENTE

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

Latacunga, 5 de julio del 2016

En mi calidad de Director de Tesis presentada por Cevallos Tapia Edgar Fabián, Egresado de la Maestría en Gestión de Energías, previa a la obtención del mencionado grado académico, cuyo título es “DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DEL PORTADOR ENERGÉTICO ELECTRICIDAD EN EL BLOQUE DE EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO 65, OPERADO POR EL CONSORCIO PETROSUD PETRORIVA, DURANTE EL AÑO 2015. PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MEJORA PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN BASE A LA NORMA ISO 50001”.

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

Atentamente

Ph.D. Secundino Marrero Ramírez

DIRECTOR DE TESIS

RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS

El contenido de la presente Tesis de Grado, es original y de mi exclusiva responsabilidad.

Atentamente

.....
Cevallos Tapia Edgar Fabián

Número de C.I.0501736706

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi, al personal directivo, docente y administrativo de la Dirección de Posgrados, por la excelente labor que ejercen en favor de la formación profesional.

A mi director de tesis, Ph.D. Secundino Marrero Ramírez, por la guía académica brindada en la presente investigación y el tiempo dedicado para la misma.

Fabián

DEDICATORIA

A los estudiantes investigadores, que se apropian de los saberes, con el fin de seguir en el descubrimiento de nuevos paradigmas, que fortalecen las líneas de la ciencia.

Fabián

INDICE GENERAL

CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS	iii
RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
INDICE GENERAL	vii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 10. MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO	10
1.1 Caracterización del Sistema de Suministro Eléctrico.	10
1.2 Marco Teórico de la Investigación	16
1.3 Fundamentación Legal	21
1.4 Fundamentación de la Investigación	25
1.5 Bases teóricas particulares de la investigación	26
1.5.1 Generación Eléctrica Distribuida.	26

1.5.2	Calidad de energía eléctrica	26
1.5.3	Armónicos en Sistemas Eléctricos	30
1.5.4	Herramientas para establecer un Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía.	33
1.5.5	ISO 50001: Sistemas de Gestión de Energía - Requerimientos con dirección para su uso	36
1.5	Operacionalización de Variables	38
1.6	Conclusiones del Capítulo	40
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA.....		41
2.1	Enfoque, nivel y alcance de la investigación	41
2.2	Métodos, procedimientos y técnicas:	42
2.1.1	Métodos de Investigación	42
2.1.2	Tipos de Investigación	43
2.1.3	Técnicas e instrumentos.	44
2.2	Conclusiones del Capítulo	54
CAPÍTULO 3. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN		55
3.1	Caracterización energética del bloque	55
3.1.1	Aplicación de las Herramientas de la Gestión Total Eficiente de la Energía a las Informaciones Energéticas Históricas.	55
3.2	Diagnóstico del sistema de suministro eléctrico	76
3.2.1	Evaluación del comportamiento de las variables de potencia y de la calidad de la energía eléctrica	76
3.2.2	Ahorro de energía por atenuación de armónicos.	83

3.3	Comprobación de la hipótesis con Chi cuadrado (x^2)	84
3.4	Conclusiones del Capítulo	87
CAPÍTULO 4. PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MEJORA PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN BASE A LA NORMA ISO 50001. 88		
4.1	Justificación de la propuesta	88
4.2	Objetivos	88
4.2.1	Objetivo General:	88
4.2.2	Objetivos específicos:	89
4.3	Estructura de la propuesta:	89
4.5	Evaluación económico-ambiental para la implementación de la oportunidad de mejora de gestión del portador energético electricidad.	99
4.5.1	Evaluación Económica	99
4.5.2	Evaluación Ambiental	101
4.6	Conclusiones del Capítulo	102
CONCLUSIONES GENERALES		103
RECOMENDACIONES GENERALES		105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		106
ANEXOS		

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1.1	Características de los grupos electrógenos	10
Tabla N° 1.2	Datos de placa del transformador elevador.....	11
Tabla N° 1.3	IEEE STD 519-1992 harmonic voltage limits	27
Tabla N° 1.4	IEEE STD 519-1992 harmonic current limits	28
Tabla N° 1.5	Límites de distorsiones de la calidad del suministro eléctrico.....	28
Tabla N° 1.6	Variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal ...	28
Tabla N° 1.7	Matriz de operacionalización de variables.....	38
Tabla N° 3.1	Resultados de las mediciones de potencia	76
Tabla N° 3.2	Resultados de las mediciones de THDV y THDI	78
Tabla N° 3.3	Resultados del cálculo de SCR y determinación de TDD	79
Tabla N° 3.4	Evaluación de la distorsión armónica	79
Tabla N° 3.5	Valores promedio de THD para cada bus antes de incorporar los filtros	80
Tabla N° 3.6	Valores promedio de IHD antes de incorporar los filtros	81
Tabla N° 3.7	Parámetros de los filtros de supresión para cada orden de armónica	82
Tabla N° 3.8	Valores promedio de THD para cada bus luego de incorporar los filtros	83
Tabla N° 3.9	Valores promedio de IHD después de incorporar los filtros.....	83
Tabla N° 3.10	Frecuencia observada.....	85
Tabla N° 3.11	Frecuencia esperada	85
Tabla N° 3.12	Cálculo de chi cuadrado.....	86
Tabla N° 4.1	Resultados obtenidos bajo condición inicial y condición final.....	94
Tabla N° 4.2	Oportunidad de mejora identificada en el sistema de suministro eléctrico.....	95
Tabla N° 4.3	Análisis de la línea de base energética.....	96
Tabla N° 4.4	Indicadores de desempeño energético.....	97
Tabla N° 4.5	Análisis de los indicadores de desempeño energético	97
Tabla N° 4.6	Objetivo y metas energéticas	98
Tabla N° 4.7	Ahorro por reducción de pérdidas eléctricas	99

Tabla N° 4.8 Costos de adquisición e instalación de filtros	100
Tabla N° 4.9 Cálculo del VAN y TIR	101

LISTA DE ILUSTRACIONES

Figura N° 1.1 Diagrama unifilar simplificado del sistema de suministro eléctrico.	12
Figura N° 1.2 Arquitectura de control	13
Figura N° 1.3 Secciones que componen el variador GCSCentrilift	13
Figura N° 1.4 Esquema de producción del petróleo.....	15
Figura N° 1.5 Instalación típica de bombeo electrosumergible (BES)	16
Figura N° 1.6 Relación entre los componentes de potencia aparente	32
Figura N° 2.1 Analizador trifásico de energía Fluke 435 II	46
Figura N° 2.2 Conexión del analizador Fluke 435 II a un sistema de distribución trifásico	47
Figura N° 2.3 Diagrama de vectores correspondiente al analizador correctamente conectado	48
Figura N° 2.4 Pantalla del software Power Log 5.0	49
Figura N° 2.5 Pantalla del software Etap 6.0	51
Figura N° 3.1 Flujograma energético-productivo del proceso de extracción de petróleo...	57
Figura N° 3.2 Gráfico de control del consumo de gas natural de GE Waukesha VHP7100 (01).....	58
Figura N° 3.3 Gráfico de control del índice de consumo de gas natural de GE Waukesha VHP7100 (01).....	59
Figura N° 3.4 Diagrama de consumo y producción en el tiempo del grupo electrógeno Waukesha VHP7100 (01).....	60
Figura N° 3.5 Diagrama de consumo de gas natural vs. kWh del grupo electrógeno Waukesha VHP7100 (01).....	61
Figura N° 3.6 Diagrama índice de consumo – kWh del grupo electrógeno Waukesha VHP7100 (01)	62
Figura N° 3.7 Gráfico de tendencia del consumo de gas año 2015, período base año 2014	63

Figura N° 3.8 Gráfico de control del consumo de diésel del ge Caterpillar 3516.....	64
Figura N°3.9 Gráfico de control del índice de consumo de diésel del GE Caterpillar 351665	
Figura N° 3.10 Diagrama de consumo y producción en el tiempo del grupo electrógeno Caterpillar 3516	66
Figura N° 3.11 Diagrama de consumo de diésel vs. kWh del grupo electrógeno Caterpillar 3516	67
Figura N° 3.12 Diagrama índice de consumo – kWh del grupo electrógeno caterpillar 3516	68
Figura N°3.13 Gráfico de tendencia del consumo de gas año 2015, período base año 2014	69
Figura N° 3.14 Gráfico de control de los consumos globales de energía eléctrica	70
Figura N° 3.15 Gráfico de control del índice de consumo de energía eléctrica	71
Figura N°3.16 Diagrama de consumo y producción en el tiempo globales	72
Figura N°3.17 Diagrama de consumo de energía eléctrica vs. producción global.....	73
Figura N°3.18 Diagrama índice de consumo – producción global	74
Figura N° 3.19 Gráfico de tendencia del consumo de energía eléctrica año 2015, período base año 2014	75
Figura N° 3.20 Diagrama de pareto, identificación del uso significativo de la energía eléctrica.....	77
Figura N° 3.21 Pérdidas eléctricas totales	84
Figura N° 3.22 Gráfica chi cuadrado.....	87
Figura N° 4.1 Algoritmo del programa de mejora	90
Figura N° 4.2 Portadores energéticos identificados.	91
Figura N° 4.3 Diagrama de Sankey, identificación de uso significativo de energía eléctrica	93

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

TEMA: “Diagnóstico del consumo del portador energético electricidad en el bloque de extracción de petróleo 65, operado por el Consorcio PetrosudPetroriva, durante el año 2015. Propuesta de un programa de mejora para la gestión de la energía eléctrica en base a la norma ISO 50001”.

AUTOR: Cevallos Tapia Edgar Fabián

TUTOR: Ph.D. Secundino Marrero Ramírez

RESUMEN

En la presente investigación se propone un programa sobre la base de la norma ISO 50001, con enfoque en la etapa de la planificación, centrada en sus requerimientos medulares como son: Revisión energética, Línea de base energética, Indicadores de desempeño energético, Objetivos y metas energéticas; para su aplicación en sistemas de suministro eléctrico en bloques de extracción de petróleo y con ello el mejoramiento de su gestión. Como instalación experimental se tomó el bloque de extracción de petróleo 65 operado por el Consorcio PetrosudPetroriva durante el año 2015, para lo cual, como primer paso, se caracteriza energéticamente la instalación, donde se emplea fundamentalmente las herramientas de la Tecnología de la Gestión Total Eficiente de la Energía. Esta caracterización favorece la conformación de medidas organizativas, de pequeña y gran inversión para un uso racional del portador energético electricidad. Se realizó un estudio a profundidad del uso de la energía eléctrica, lo cual incluye los elementos relacionados con las variables de potencia, la calidad de la energía, así como la identificación de diferentes regularidades energéticas de los equipos y puestos claves. Se conformaron las fases de un programa a partir de la caracterización energética y el diagnóstico del sistema de suministro eléctrico, que responde a las principales acciones a tener en cuenta para compatibilizar, la norma ISO 50001 con la gestión energética, en función de un uso más racional de la electricidad en estas instalaciones.

DESCRIPTORES:

Gestión Energética, Planificación Energética, Consumo Eléctrico, Portadores Energéticos, ISO 50001.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

POSTGRADOS DIRECTION

MASTER´S DEGREE IN ENERGY MANAGEMENT

TOPIC: Diagnosis of energy carrier electricity consumption in the oil extraction block 65, operated by the ConsorcioPetrosudPetroriva during 2015. Proposal for a breeding program for management of electric power based on ISO 50001 standard.

AUTHOR: Cevallos Tapia Edgar Fabián

TUTOR: Ph.D. Secundino Marrero Ramírez

ABSTRACT

The aim of this research is to develop an ISO 50001 standard compatible program, whose essentials contents are: Energy revision, Energetic Base Line, Indicators of Energy performance, targets and energetic goals; this program is designed for electric supply systems working in oil extracting blocks, in order to reach its management improvement. The oil extracting block 65, operated by “ConsorcioPetrosudPetroriva” was taken into account as an experimental plant during year 2015: at first, an energy flow review was carried out, basically by means of the “Total Energy Efficient Technology Management” tools. This characterization leads to the development of organizational measures requiring small and great investments, in order to take the best rational advantage of electricity as an energy carrier. Afterwards, a deep investigation about the electric energy use was performed, including elements related to the power variables, the energy quality and the identification of equipment and key-points common energetic statements. Different program phases, based on the energetic characterization and on the survey of the electric supply system were designed, in order to make the energy management compatible with the ISO 50001 standard and for the achievement of the best possible and most rational use of electricity in the considered plant.

DESCRIPTORS:Energy Management, Energetic Planning, Electric Consumption, Energy Carriers, ISO 50001 Standard.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica De Cotopaxi, yo MSc Alison Mena Barthelotty, con la C.I. 0501801252.

CERTIFICO

que he realizado la respectiva revisión de la Traducción del Abstract; con el tema: "DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DEL PORTADOR ENERGÉTICO ELECTRICIDAD EN EL BLOQUE DE EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO 65, OPERADO POR EL CONSORCIO PETROSUD PETRORIVA, DURANTE EL AÑO 2015. PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MEJORA PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN BASE A LA NORMA ISO 50001", cuyo autor es: Edgar Fabián Cevallos Tapia y director de tesis Ph.D. Secundino Marrero.

Latacunga, Julio 06 del 2016

Docente:

MSc Alison Mena Barthelotty.

C.I. 0501801252.

INTRODUCCIÓN

Situación Problémica:

Uno de los más grandes y discutidos problemas en todo el planeta es el uso inadecuado de la energía, la manera como desperdiciamos, como consumimos y como deberíamos ahorrarla. A medida que ha pasado el tiempo, el hombre ha ido dependiendo cada vez más de los recursos energéticos para la satisfacción de necesidades como: iluminación, calefacción, comunicación, refrigeración, transporte, entre otros. Esta dependencia energética ha acarreado un uso irracional específicamente de los combustibles fósiles, recursos no renovables.

Sectores como los mineralógicos, químicos o metalúrgicos, que constituyen la industria electro-intensiva, se ven afectados por los precios de la energía afectando su viabilidad económica.

Hoy en día los desafíos que enfrenta el sector energético han cambiado sustancialmente en las tres últimas décadas, debido a los nuevos problemas que deben enfrentarse y a la importancia que ha alcanzado la sustentabilidad de la explotación de los recursos y de la protección del medio ambiente. Las fuentes y el uso de la energía así como las opciones de expansión y la naturaleza de la intensidad energética concentran a inicios del nuevo milenio la atención del debate mundial, más aun considerando que las recientes acciones de la OPEP han puesto en la agenda la mayor productividad en el uso de la energía.

Aranda (2014) manifiesta que actualmente los principales suministros energéticos operan en mercados libres, en un contexto de incremento de la demanda mundial de energía, incertidumbre sobre los futuros suministros a la par con la protección del ambiente, hacen que sea necesaria la participación de organismos reguladores que planteen una correcta gestión que implique disminuir costos, aumento de productividad con menor consumo de recursos energéticos. En pos de ello la Unión Europea en el 2012, estableció ya un marco claro, integrando objetivos como la reducción de GEI (gases de efecto invernadero) y la

eficiencia en el uso de los recursos en su definición. En España se encuentra vigente el Plan de Acción Nacional de Eficiencia Energética (2011- 2020), en el que se establecen auditorías energéticas, mejora de tecnología e implementación de sistemas de gestión energética; del mismo modo, el Ministerio de Industria, Energía y Turismo ha publicado un proyecto en lo referente a auditorías energéticas para que garanticen ahorros potenciales y mejoren la competitividad de las organizaciones.

El sector de energía es estratégico para cualquier país, en el nuestro las dificultades económicas resultantes de la crisis influyeron de forma determinante en las reformas emprendidas en el sector energético, que tuvieron como objetivo lograr la recuperación económica y tecnológica (saneamientos financieros, redimensionamiento empresarial e incorporación de nuevos participantes, nacionales y en especial, extranjeros). Dichas transformaciones, si bien no implicaron cambios significativos en la estructura y modalidad de coordinación del sector energético, sí significaron una flexibilización en la gestión y operación del mismo.

La crisis en el suministro energético ha repercutido en mayor o menor grado en todos los sectores de la actividad económica. En virtud de las prioridades asignadas a las empresas exportadoras y a los servicios sociales básicos en cuanto al suministro energético, el impacto en el resto de las empresas fue severo. Esta situación ha obligado a la dirección del país a tomar diversas medidas y programas para hacer frente a esta crisis, cuyo alcance ha sido global y sectorial

En el Ecuador, la energía es un sector estratégico para el gobierno y así lo demuestran los diferentes planes y programas que se han puesto en marcha. Es el Estado, a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), el actor principal del sector, encargándose de la rectoría, planificación, control y desarrollo.

De acuerdo al Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos(www.sectoresestrategicos.gob.ec/), en el balance energético nacional 2015

(período base 2014, ver anexo 1), en el Ecuador el 83% de la demanda de energía proviene de fuentes fósiles. Este estudio identifica algunos aspectos claves sobre la matriz energética del Ecuador como:

- Si bien se ha reducido la excesiva dependencia de combustibles fósiles, todavía se mantiene la vulnerabilidad del país.
- El diésel es el principal combustible que se demanda en el país (1507 millones de galones en 2014). La mayor parte de su oferta corresponde a importaciones
- La producción de Gas Natural en 2014 fue de 186 millones de pies cúbicos diarios. El 70% corresponde a gas asociado de pozos petroleros y el 30% restante a la producción de campo Amistad, en el Golfo de Guayaquil.
- El 43,2% del gas natural se desperdicia ya que no se inyecta en las formaciones geológicas o se le procesa para el uso doméstico.
- La refinería de Esmeraldas procesa el 47% del total de petróleo refinado (equivalente a 64 mil barriles por día). El resto es procesado por las refinerías de La Libertad, Shushufindi y las plantas topping del país.
- La potencia instalada nacional de electricidad incrementó de 3 380 MW en el 2004 a 5 299 MW al 2014. La energía hidráulica representó el 42% del total de potencia instalada al 2014
- Se ha invertido recursos en busca de fuentes diversas de generación energética, tales como la eólica y solar.
- Hay muy poco impulso para la utilización de energía geotérmica.
- La intensidad energética nacional bordea los 1,45 BEP por cada mil dólares.

Por otro lado se puede mencionar que la Tecnología de la Gestión Total y Eficiente de la Energía (TGTEE) ha servido en la realización de diagnósticos energéticos en diferentes empresas de producción y servicios en Ecuador. Como parte de su generalización se ha incluido el proceso de capacitación y sobre todo se ha intentado insertar el proceso de la administración energética dentro de los sistemas de calidad.

Correa, Borroto, Alpha, (http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012014000100005), varios aspectos de la TGTEE, posee determinadas herramientas de análisis estadístico - matemáticos que favorecen a una adecuada implementación de aspectos relacionados con la Norma ISO 50001. Sin embargo la TGEE adolece de la planificación energética en concordancia con la ISO 50001.

La gestión energética, produce a partir de su implementación, determinadas mejoras tanto en la producción como uso final de la energía. Existen diferentes sectores como de servicios en el Ecuador que requieren de la inserción de esta técnica, dentro de este sector se puede mencionar que estas empresas poseen características similares, sin embargo la utilización de los diferentes portadores energéticos, difieren desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo, según las dimensiones y particularidades de cada entidad.

Justificación:

El Consorcio Petrosud – Petroriva es una empresa privada de servicios petroleros, dedicada a la exploración y extracción de crudo ejerciendo sus operaciones en el Bloque 65 en la provincia de Francisco de Orellana a 60 km de la ciudad del Coca en la región amazónica. El campo cubre un área de 68 km², esta área se divide en dos bloques principales: Pindo y Pindo Este, esta entidad como tal, no es ajena a abrigar la problemática detallada.

Para el diagnóstico de las causas que provocan el uso irracional de la energía eléctrica en las actuales condiciones de operación del bloque de extracción de petróleo 65 del Consorcio Petrosud - Petroriva se han considerado los siguientes aspectos:

- El Mantenimiento que se desarrolla sin considerar los aspectos relacionados a la eficiencia energética. En este caso se requiere a partir de la utilización de diferentes medios de diagnósticos, interrelacionar las insuficiencias del mantenimiento y su incidencia en el comportamiento energético referido a la producción de energía eléctrica.

- La calidad de la energía eléctrica es un aspecto inherente al funcionamiento de cargas no lineales, se conoce de la existencia de una calidad de la energía inadecuada, sin embargo, se requiere de un estudio pormenorizado de las magnitudes que caracterizan esta calidad. Se requiere del uso de métodos y filtros para mitigar el efecto de los armónicos. Por otra parte para un uso más eficiente de la energía eléctrica, resulta importante realizar una compensación para mejorar el factor de potencia de la instalación.
- Las insuficiencias tecnológicas, evidenciadas por un bajo nivel de instrumentación y regímenes de operación y automatización de las bombas electrosumergibles y de reinyección de agua, requieren de propuestas que mejoren el control de estas operaciones.
- La falta de capacitación del personal en eficiencia energética es uno de los aspectos que inciden en la gestión energética de cualquier portador. La identificación de personal clave que opera los equipos de mayor demanda es un elemento que permite tomar acciones concretas para incrementar la operación consciente, eficaz y eficiente de las diferentes tecnologías.
- La falta de un programa para la mejora de la gestión de la energía eléctrica devenido de un desconocimiento de la norma ISO 50001; las insuficiencias en la planificación energética, en el monitoreo y control con datos históricos, obligan la implementación de normas particularizadas para una mejor explotación y suministro de electricidad.

Realizado un análisis documental, en el bloque de extracción de petróleo 65, operado por el consorcio PetrosudPetroriva, se evidencia que en primer término no existe ningún programa para realizar de forma adecuada la gestión de la energía eléctrica. Se aprecian la falta de indicadores específicos que permitan determinar el nivel de gestión existente. Solo se pueden verificar algunos parámetros de consumo, en función de la cantidad de combustible utilizado para la generación, etc. Por ejemplo se demanda como promedio una potencia eléctrica aproximada de 3,0 MW (ver anexo 2).

Las recomendaciones que se derivan de la Norma ISO 50001 para la Implementación de Sistemas de Gestión Energética en cualquier institución sea esta de consumo o generación de energía, grande o pequeña, pública o privada o independiente de su actividad promueven la ejecución de este proyecto. Se puede afirmar que la implementación de un programa de mejora para la gestión de energía eléctrica, en base a la Normativa Internacional ISO 50001 en el bloque 65 permitirá reducir su consumo, teniendo en cuenta:

- La evaluación de los parámetros que caracterizan la energía eléctrica.
- La aplicación de herramientas estadísticas, de auditoría energética que permitirán determinar los índices de consumo de energía eléctrica en el bloque 65.
- La propuesta de un programa para el mejoramiento de la gestión de la energía eléctrica en base a la Norma ISO 50001 en el bloque 65, lo cual permitirá tener una conciencia energética, acorde a los requerimientos de acreditación, siendo éstos los puntales para la realización de este proyecto.

Objeto y problema de la investigación:

El objeto de estudio de esta investigación es el sistema de suministro de energía eléctrica del bloque 65, operado por este Consorcio, mismo que se caracteriza por ser una empresa consumidora de la energía eléctrica que autogenera, donde se evidencia que no existe un programa para la mejora de su gestión, por lo que trabajar por este empeño, sin afectar la calidad del servicio permitirá indiscutiblemente elevar su competitividad empresarial.

Se declara como problema de investigación el siguiente:

¿Cuáles serían las fases de un programa sobre la base de la Norma ISO 50001 que permita la mejora para la gestión de la energía eléctrica en el bloque de extracción de petróleo 65, operado por el Consorcio PetrosudPetroriva, durante el año 2015?

Campo de acción y objetivo general:

Campo de acción: programa para la mejora de la gestión de la energía eléctrica.

Objetivo general de la investigación:

Proponer un programa sobre la base de la norma ISO 50001, que permita la mejora continua de la gestión del portador energético electricidad, en el sistema de suministro eléctrico del bloque de extracción de petróleo 65, operado por el Consorcio PetrosudPetroriva, durante el año 2015.

Hipótesis de investigación y desarrollo de la investigación:

La hipótesis se plantea de la siguiente manera:

Un programa de gestión de la energía eléctrica, sobre la base de la Norma ISO 50001, permitirá una mejor gestión del portador energético electricidad, favoreciendo la disminución del consumo de la energía, en el bloque de extracción de petróleo 65, operado por el Consorcio PetrosudPetroriva durante el año 2015.

Sistema de Objetivos Específicos:

- Realizar una caracterización energética del bloque de extracción de petróleo 65 mediante el empleo de la información histórica y tecnológica disponible en función de la eficiencia energética.
- Diagnosticar el sistema de suministro eléctrico del bloque de extracción de petróleo 65, evaluando los diferentes factores que influyen en el consumo de energía.
- Conformar las fases de un Programa de Mejora para la Gestión de la Energía Eléctrica en pozos de producción de petróleo, tomando como referencia el bloque petrolero 65 operado por el Consorcio PetrosudPetroriva y considerando la Norma ISO 50001 (Sistemas de Gestión de Energía - Requerimientos con dirección para su uso).
- Realizar la evaluación económica - ambiental para la implementación de la oportunidad de mejora de gestión del portador energético electricidad.

Visión epistemológica de la investigación:

Paradigma:

Cuantitativo, por cuanto se planteó un problema de estudio delimitado y concreto, se realizaron revisiones de literatura previa y se sometió a prueba la hipótesis generando confiabilidad de lo que se propuso.

Nivel de investigación:

Integrativo, puesto que partió de un estudio evaluativo, al diagnosticar la situación energética del bloque 65, se logró identificar las oportunidades de mejora, y posteriormente se propone generar modificaciones a través de la intervención de un programa de gestión.

Alcance de la investigación:

Correlacional por cuanto se realizaron mediciones individuales de consumo y producción de energía eléctrica en primer término de manera independiente de cada grupo electrógeno y posteriormente se obtuvo una línea base general, con la que se pudo establecer el objetivo y la meta energética, bases fundamentales para la organización de la propuesta de un programa para la mejora de la gestión, misma que correlaciona con el ahorro de la energía eléctrica.

La metodología para la concepción general del tema fue bibliográfica – documental y para el diagnóstico energético, se aplicó la de campo y la experimental siendo sus principales técnicas la observación directa, mediciones, cálculos, modelación matemática y simulaciones; los principales instrumentos utilizados fueron registros de observación, analizador de energía, flujómetros, ecuaciones y para comprobar la hipótesis el software ETAP.

Descripción de la estructura de los capítulos:

Los capítulos, están constituidos de la siguiente manera:

En el Capítulo 1, se señalan el marco teórico, con la revisión de los trabajos precedentes, y el análisis del marco legal organizado jerárquicamente, se logra una actualización sobre el tema y cómo es tratado por otros especialistas, así como también, conceptualización y las fundamentaciones respectivas en las que se especifican las orientaciones teóricas correspondientes, relacionado con la eficiencia energética.

En el Capítulo 2, se presenta la organización de la investigación, misma que tiene como objetivo fundamental proporcionar una metodología que permita crear un diseño teórico, capaz de responder a las exigencias del proceso investigativo. Además se operacionalizan las variables y se establece claramente la forma como se tomaron las mediciones correspondientes.

En el Capítulo 3, Se desarrolla la caracterización energética del bloque, se presentan los resultados del análisis histórico del consumo de los principales portadores energéticos. Se aplican las herramientas de la Gestión Total Eficiente de la Energía a la información existente y se analizan los diferentes indicadores. Con los resultados de las mediciones en los nodos principales, se realiza el diagnóstico del Sistema de Suministro Eléctrico. Consta también la verificación de la hipótesis, misma que corrobora con la factibilidad de la propuesta. Se detallan las conclusiones alcanzadas por este estudio.

En el Capítulo 4, se plantea la propuesta, es decir, un Programa de Mejora para la Gestión del portador energía eléctrica en el bloque 65, operado por el Consorcio PetrosudPetroriva. Organizada en 6 fases: análisis del uso y consumo de la energía; identificación de áreas de uso significativo de la energía; identificación de las oportunidades de mejora; identificación de la línea de base energética y determinación de los indicadores de desempeño energético; fijación del objetivo, la meta energética y planes de acción; todo esto sustentado en la Norma ISO 50001.

CAPÍTULO 1

MARCOCONTEXTUAL Y TEÓRICO

En el presente capítulo se detalla el objeto de estudio, se evalúa el marco teórico, antecedentes investigativos en los que se describen opiniones y explicaciones de la problemática planteada en este trabajo de investigación; así como también, la fundamentación legal y teórica, en las que se especifican las orientaciones correspondientes.

1.1 Caracterización del Sistema de Suministro Eléctrico

El Sistema de Suministro Eléctrico del Consorcio PetrosudPetroriva, abarca dos etapas específicas, la generación de energía eléctrica, a través de un sistema de grupos electrógenos marca Caterpillar a diésel y grupos electrógenos marca Waukesha a gas natural que operan en paralelo en el centro de generación ubicado en la Estación Pindo; la distribución de energía a través de una red de media tensión y subestación eléctrica ubicada en la Estación.

En la tabla N° 1.1 se muestran las características de cada uno de los grupos electrógenos que forman parte del sistema de generación eléctrica distribuida.

Tabla N° 1.1 Características de los grupos electrógenos

N° GRUPO ELECTRÓGENO	MOTOR					GENERADOR					
	MARCA	MODELO	SERIE	COMBUSTIBLE	HP	MARCA	MODELO	SERIE	KVA	KW	A
01	WUAKESHA	VHP7100GSIDE	5283701046	GAS	1480,0	LEROY SOMER	LS661-03	CFNL10308	1250	1000	1804
02	WUAKESHA	VHP5904GSI	C-94229/3	GAS	1382,0	LEROY SOMER	MTG840	8W4L4121	1150	920	1383
03	CATERPILLAR	3512B	1GZ06366	DIESEL	*****	CATERPILLAR	SR5	G1K00157	1700	1360	2045
04	CATERPILLAR	3516	SBJ00594	DIESEL	2695,0	CATERPILLAR	3516C	G5Z00393	2281	1825	2744
05	WUAKESHA	VHP3600GSI	RU18057	GAS	*****	LEROY SOMER	PE2363AB	178256731	625	500	725
06	WUAKESHA	VHP7100GSID	5283702880	GAS	1480,0	LEROY SOMER	LS661-03	CJ6L15831	1688	1350	2029

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

La subestación principal de 5 MVA ubicada en la Estación permite distribuir la energía eléctrica a cada uno de los pozos (cargas representativas) y consta de dos transformadores elevadores de voltaje desde 480V hasta 13800 V, caracterizados en la tabla N°1.2

Tabla N°1.2 Datos de placa del transformador elevador

Marca:	ABB	Tensión primaria:	480 V
N° serie:	157220	Tensión secundaria:	13800Y/7967 V
Frecuencia:	60 Hz	Corriente primario:	3007.03 A
Potencia:	2500 kVA	Corriente secundario:	104.59 A
Numero fases:	3	Conexión:	YNd5

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

En cuanto a la distribución ésta se realiza con un voltaje de 13800V y mediante un sistema trifásico de tendido eléctrico con un conductor 3#3/0 ACSR+1#2 ACSR, se transporta la energía a la mayoría de locaciones para cada pozo, trece pozos en total, disminuyendo el voltaje junto a la carga a 480V mediante el uso de transformadores reductores para el funcionamiento de los sistemas de bombeo electrosumergibles (BES).

En la figura No 1.1 se muestra el diagrama unifilar simplificado y en el anexo 3 el diagrama unifilar completo del sistema de suministro eléctrico.

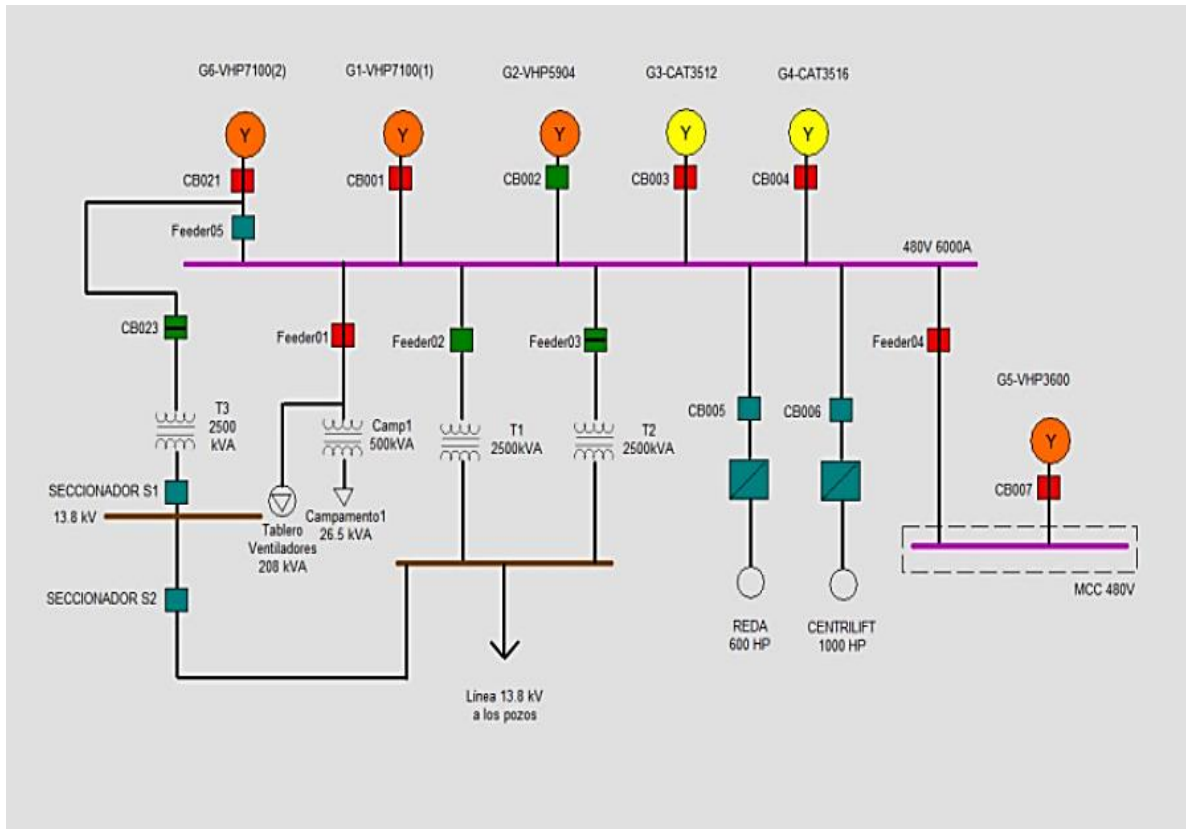


Figura N° 1.1 Diagrama unifilar simplificado del sistema de suministro eléctrico.

Fuente: Manual de Sistema SCADA Generación Eléctrica Estación Pindo (2 015)

La supervisión de los parámetros de generación eléctrica, el monitoreo y control en lazo cerrado de la presión de suministro de gas, para la operación de los grupos electrógenos Waukesha, se realiza mediante un sistema SCADA cuya arquitectura se muestra en la figura N° 1.2.

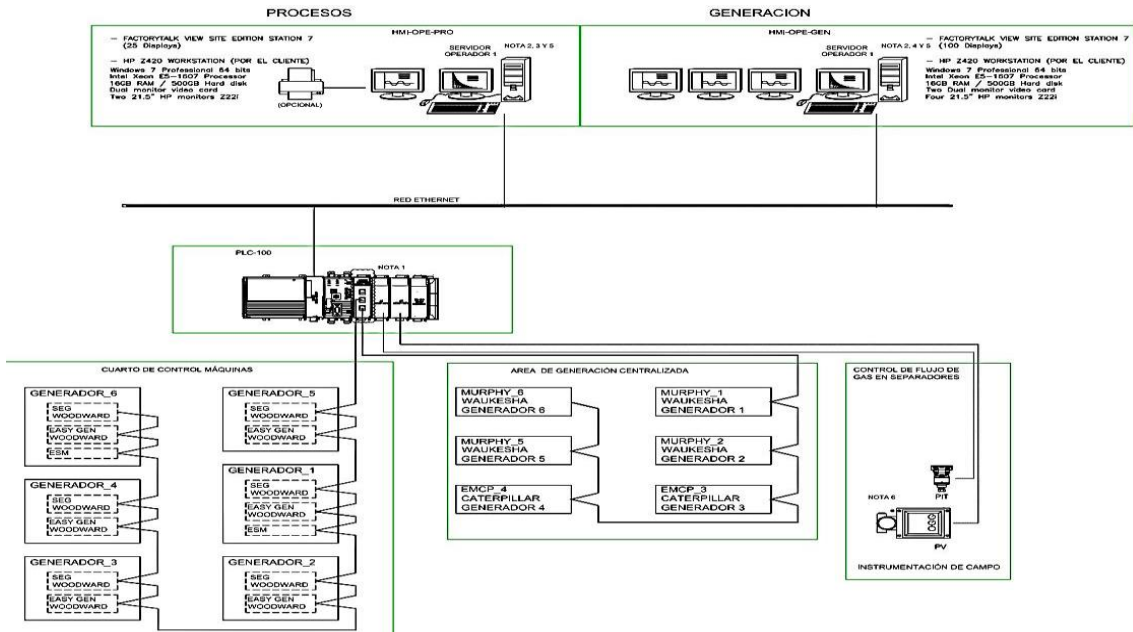


Figura N°1.2 Arquitectura de control

Fuente: Manual de Sistema SCADA Generación Eléctrica Estación Pindo (2 013)

Para el accionamiento de los equipos BES que se utilizan para la extracción de petróleo (carga relevante) se disponen de variadores de velocidad GCS Centrilift de 6 y 12 pulsos, en la figura N° 1.3 se presenta su diagrama simplificado.

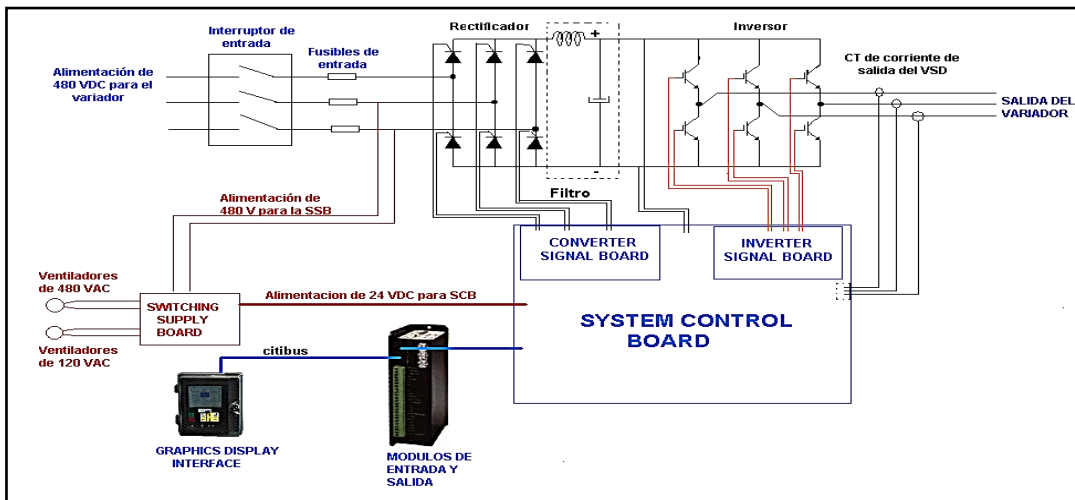
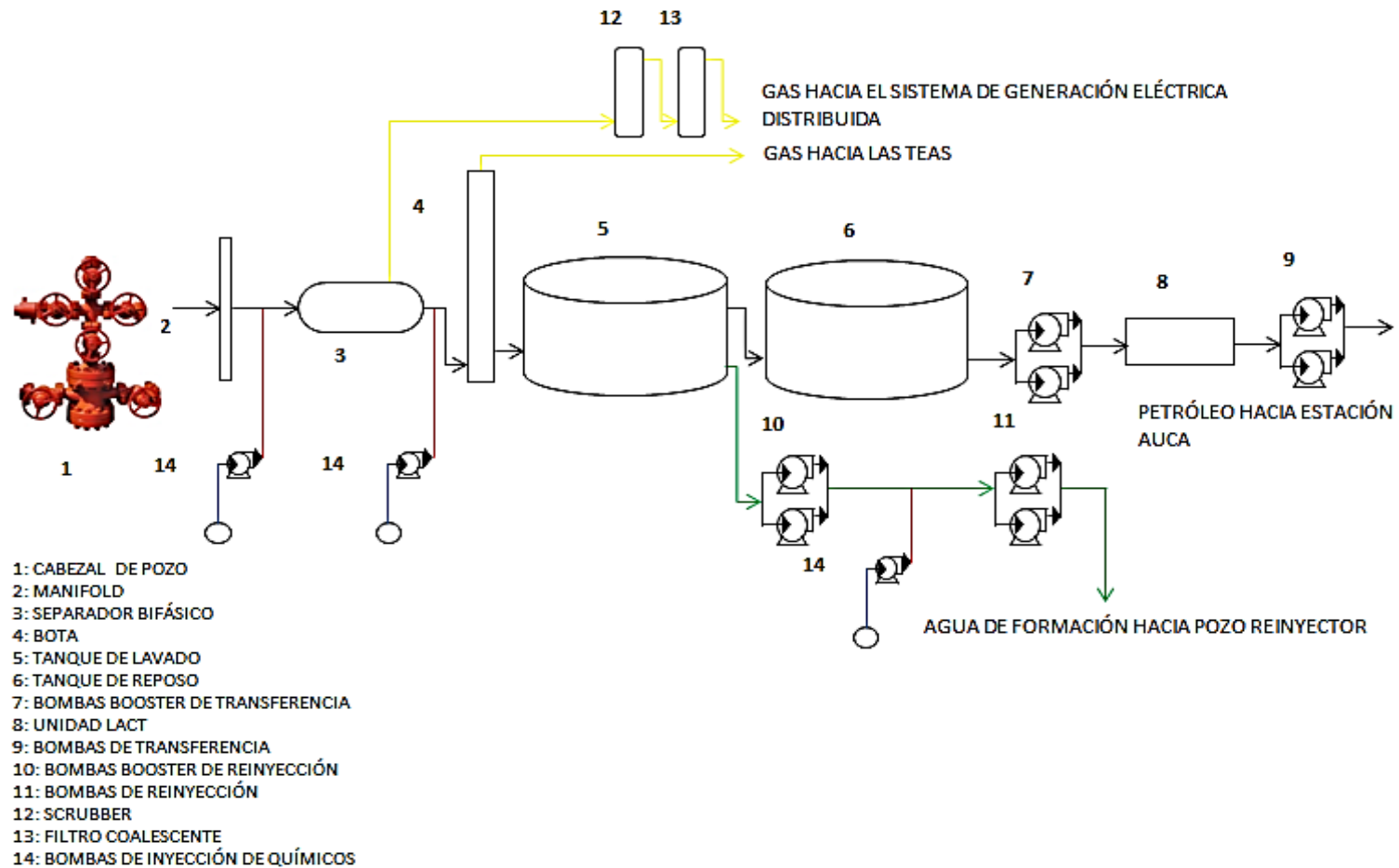


Figura N°1.3 Secciones que componen el variador GCS Centrilift

Fuente: Manual de Variadores de Velocidad Centrilift(2 014)

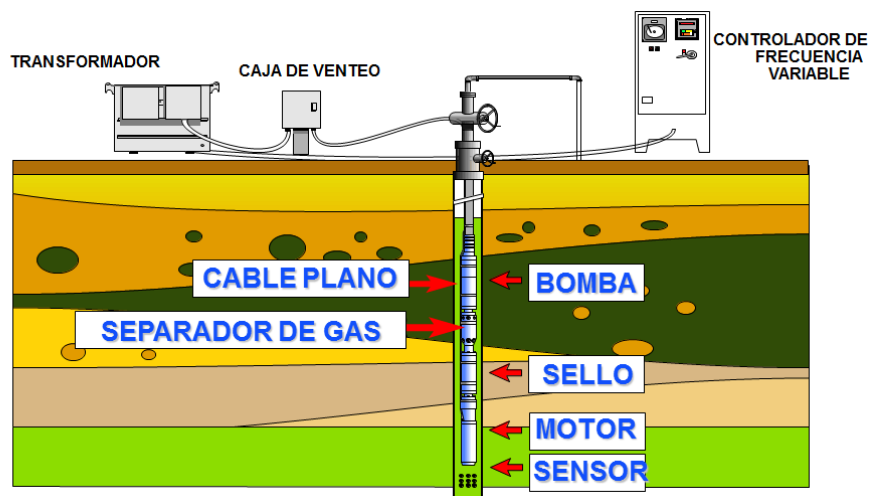
A través de una pantalla gráfica de interface (GDI) permite gobernar el variador por una persona y realizar múltiples funciones de monitoreo y control de variables.

A continuación se describe el proceso de extracción de petróleo aplicado por el Consorcio Petrosud - Petroriva en el Distrito Amazónico. En la Figura N° 1.4 se muestra el esquema del proceso de producción de petróleo, después de que el pozo ha sido perforado, el crudo ya sea por flujo natural o levantamiento artificial, fluye a través de una red de tuberías o líneas de flujo hacia una estación de llegada hasta un manifold, de allí pasa a los separadores de producción bifásicos donde se separa la fase gas, este gas separado, es utilizado como combustible para la generación de energía eléctrica y el exceso es quemado en las teas (mecheros). La mezcla de petróleo y agua pasa a la siguiente etapa que es la deshidratación del petróleo, para ello se utiliza un tanque de lavado (Wash Tank) en donde se separa el agua del crudo, aquí el petróleo se encuentra en la parte superior flotando sobre un colchón de agua, el exceso de agua acumulada en este tanque pasa al sistema de reinyección donde mediante bombas multietapa de alta presión se lo devuelve a las formaciones. Adicionalmente la deshidratación del petróleo también se la hace en base a tratamientos químicos con demulsificantes a base de resinas secantes que los inyectan a nivel de pozo, en los separadores y al ingreso del tanque de lavado. La concentración y el tipo de químico se lo determinan por la temperatura del fluido y composición química del mismo. Además del demulsificante, al petróleo se le inyecta otro tipo de químicos como: anti-parafínicos, anti-espumantes, inhibidores de escala, biocida, anticorrosivos; que son utilizados en los diferentes procesos inherentes a la extracción y producción de petróleo. Posteriormente el petróleo deshidratado pasa a un tanque de reposo (Surge Tank) donde se lo almacena y finalmente se lo transporta, previa su contabilización mediante una Unidad de Transferencia de Custodia (LACT), a través de un sistema de bombeo de transferencia y oleoducto secundario hacia la Estación Auca Central de Petroamazonas.



FiguraN°1.4Esquema de producción del petróleo
Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

En la figura N° 1.5 se muestra el sistema de levantamiento artificial por bombeo electrosumergible (BES) aplicado en cada uno de los pozos de producción de petróleo.



FiguraN°1.5 Instalación típica de bombeo electrosumergible (BES)
Fuente: Manual de Variadores de Velocidad Centrilift (2 014)

1.2 Marco Teórico de la Investigación

Cisneros (2014), en su tesis tiene la intención de guiar a las empresas en la implementación de los sistemas de gestión de la energía, basados en la norma internacional ISO 50001:2011, para lo cual se proporcionan estrategias para la gestión de la energía, a fin de reducir los costos, mejorando la eficiencia energética de los procesos. Así mismo, se realiza un análisis cualitativo del potencial de ahorro de la energía eléctrica en una porción del sector industrial en el Ecuador. El trabajo concluye que la implementación de los sistemas de gestión de la energía en las empresas durante el primer año, puede llegar con seguridad a alcanzar una reducción de alrededor del 10% de los costos asociados a la energía eléctrica, lo que permitiría a las empresas mejorar la eficiencia energética de sus actividades, mejorar su competitividad y su responsabilidad con el medio ambiente. Se puede mencionar que la apropiación de los sistemas de gestión energética en el Ecuador es novedosa y existen aún grandes brechas que deben ser saneadas, siendo una de ellas su desconocimiento e

implementación incompleta, por tanto la investigación que se propone indica como parte pionera la evaluación y el desarrollo de uno de los procesos del sistema.

Cuenca (2012), Considera que la ISO 50001 es una norma estandarizada para implementar un Sistema de Gestión Energético (SGEn), especifica requisitos para que una organización establezca, implemente, mantenga y mejore un SGEn; evalúa el estado energético de la Central Carlos Mora Carrión (CCMC) enmarcado en los requisitos que especifica la ISO 50001, cumpliendo los pasos correspondientes para demostrar la factibilidad de una futura implementación de un SGEn bajo esta norma. La principal conclusión que se desprende es que para evaluar y hacer el seguimiento del SGEn a la CCMC, debe realizarse una auditoría energética en cada una de las instalaciones y equipos de la central, para tomar futuras medidas correctivas y/o preventivas y de eficiencia energética. Esta investigación se limita a la manera en que se puede hacer factible la implementación de un SGEn, aplicable a pequeñas centrales hidroeléctricas.

Encalada (2013), evalúa el desempeño energético y las condiciones de confortabilidad térmica interna de los Edificios de la Universidad de Cuenca, a través del estudio de los valores de transmitancia térmica aplicado a los edificios de algunas facultades, simula mediante el software Ecotect y considera las disposiciones de diseño para la Eficiencia Energética determinadas por el proyecto de norma Ecuatoriana de Construcción NEC-11, capítulo 13. Como resultado se determina que los materiales y sistemas constructivos, fueron seleccionados sin considerar el uso del edificio y los aportes energéticos internos derivados y tampoco su interacción con el medio ambiente. Esta tesis realiza una contribución al ahorro energético a nivel de construcciones, ayudada por estudios comparativos con estándares internaciones, sin embargo su estudio no puntualiza el diagnóstico energético del sistema de suministro eléctrico.

Camacho (2013), diseña una propuesta de política energética para el campus San Cayetano de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), bajo los requerimientos de la norma de eficiencia energética NTE INEN-ISO 50001:2012. Se inicia con un resumen ejecutivo

de los resultados obtenidos en fases previas en la implementación de la norma en el campus universitario. Describe las experiencias de universidades pioneras en temas de sustentabilidad energética de sus campus, en aspectos tan diversos como la conservación de energía, la utilización de productos y materiales sostenibles, el reciclaje, la planificación de espacios y diseño de edificios; la participación estudiantil, el transporte, la conservación del agua, entre otros. Explica la metodología utilizada en el proceso de elaboración de la propuesta requerida. Finalmente, presenta la propuesta de política energética elaborada según los requerimientos establecidos.

Esta investigación centra su atención únicamente en la definición de un requisito para la implementación de un SGEN.

Guerrero (2012), Realiza una simulación en el ambiente del Simulink de Matlab, de un sistema híbrido compuesto por motor de combustión, una pequeña central hidroeléctrica y un parque eólico en el municipio de Moa. La aplicación es útil para el análisis y simulación de un sistema real conectado a una red pública, la aplicación se realiza en arquitectura modular. Se determina el potencial eólico de una estación anemométrica y se establece un procedimiento para garantizar el trabajo estable del sistema híbrido. Una de las aplicaciones más importantes es el estudio del comportamiento del sistema híbrido lo que permite el empleo de energías renovables y fuentes variables en tiempo alimentando continuamente las cargas en régimen autónomo. Esta investigación abaliza la funcionalidad de un sistema híbrido sin puntualizar aspectos relacionados con la gestión energética alineados a la norma ISO 50001.

Ochoa (2011), en su investigación realiza una caracterización energética de la empresa y del sistema de bombeo de combustible de la Central Termoeléctrica de Felton, en particular del consumo de electricidad. Se estudian las propiedades del transporte del petróleo crudo mejorado CM650, definiéndose las expresiones de cálculo aplicables a este fluido no newtoniano. A partir del estudio reológico se define la viscosidad aparente en relación al gradiente de velocidad. Los resultados experimentales identifican al combustible CM650

como una sustancia pseudoplástica para rangos de temperatura entre 29 y 70 °C. Se proponen los modelos y el procedimiento de cálculo para la evaluación de las pérdidas energéticas en el transporte tomando como base las propiedades reológicas y su régimen laminar. Se propone el empleo de variadores de velocidad en las bombas de engranaje utilizadas, lo cual asegura un ahorro de energía eléctrica y un beneficio ambiental asociado.

Esta investigación realiza la caracterización energética y consumo de electricidad para sistemas de bombeo de transporte de combustible dejando de lado su análisis para sistemas de bombeo electrosumergible.

Del mismo modo en la investigación del autor Salazar John (2011), parte de un diagnóstico en la planta de bombeo de productos refinados ubicada en el municipio de Mariquita, instalación asociada al sistema Salgar-Cartago de la Gerencia de Poliductos, Vicepresidencia de Transporte ECOPETROL. Realiza un comparativo del consumo de energía eléctrica bajo el esquema de operación actual, contra el comparativo del consumo en condiciones de operación ideal reflejado en las estrategias de reducción de paros de bombeo por factores operacionales y la programación del transporte de productos refinados por ductos. Se basa en el método científico, y clasifica la investigación en cinco etapas en las cuales utiliza en primera instancia el ciclo de sondeo para el diagnóstico y el ciclo analítico para determinar los resultados. El impacto final es la reducción de los costos de operación y el beneficio ambiental de la reducción del consumo de energía eléctrica, asociado a las emisiones indirectas de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

En Cobos Castro Alejandro (2011), durante el proceso de montaje y puesta en marcha de Grupos Electrónicos FuelOil se detectan una serie de deficiencias que posee el proyecto SCADA que afectan la operación y seguridad del Sistema de Control. Brinda un procedimiento que permite la implementación de cambios en el Sistema de Monitoreo y Adquisición de Datos, lo que permitió contar con información cuantitativa de los parámetros que determinan la eficiencia energética para evaluar el comportamiento de los principales Consumidores y Portadores Energéticos, determinar oportunidades de ahorro.

El trabajo concluye que con las herramientas de la Gestión Total y Eficiente de la Energía aplicadas a los Grupos Electrónicos Fuel Oil y sustentadas en las posibilidades de los cambios realizados en el SCADA se logra aumentar la eficiencia de la Planta. Esto constituye una oportunidad de mejora y deja de lado el análisis más amplio de un sistema de gestión eficiente de la energía como tal.

Ludeña y Ayala (2009), en su proyecto de tesis realizado en el pozo de producción petrolera NANTU 03 perteneciente a la empresa PETRORIENTAL S.A., ubicado en la Parroquia Dayuma, del Cantón Francisco de Orellana, bloque 14 Oriente / Ecuador, determinó que existe presencia de corrientes armónicas, las mismas que son producidas por el variador de frecuencia que controla al motor de la bomba electrosumergible del pozo. Con la ayuda de un software especializado, se analiza dos posibles soluciones concluyendo que el filtro pasivo AUHF LINEATOR es la alternativa más apropiada para la mitigación de armónicos y verifica la reducción de corrientes armónicas en el sistema de distribución. Se logró mejorar la vida útil de los generadores, reducir el consumo de corriente así como de combustible, se evitó que el pozo tenga paradas no programadas y producción diferida. En la investigación se identifica un problema y se le da la solución respectiva, lo que no se toma en cuenta son estándares de gestión energética, las mismas que garanticen mejor trascendencia a nuevas problemáticas.

Existen varios autores que proponen herramientas para implementar un sistema de gestión energética tales como, Borroto (2006), quien presenta los principios fundamentales y los procedimientos para la evaluación, el diagnóstico, la organización, la ejecución y la supervisión de la gestión energética en las empresas, para lograr el objetivo de reducir sus costos energéticos y elevar su competitividad.

Estos elementos teóricos adquieren relevancia cuando son aplicados a soluciones particulares, en el caso de los sistemas de suministro eléctrico del sector petrolero, los SGEN son poco aplicados e incluso desconocidos, se requiere por tanto SGEN que respondan adecuadamente a este tipo de instalaciones.

1.3 Fundamentación Legal

En la Constitución Política del Ecuador, existen leyes y reglamentos que amparan la eficiencia energética y las propuestas en pos del cuidado del ecosistema. En el capítulo II referido a la biodiversidad y recursos naturales, en específico en la sección séptima donde se habla de la biosfera, ecología urbana y energías alternativas se define el artículo 413 cuyo enunciado expresa:

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.

Todo proyecto en el que se priorice el cuidado y protección del medio ambiente y la eficiencia de la energía, se constituye de sobre manera en relevante a nivel social, y nacional, amparado por políticas de estado, procurando la aceptación y apoyo de niveles gerenciales de alto nivel.

En el ámbito internacional, las agencias u organizaciones nacionales, regionales e internacionales de la energía elaboran informes y recomendaciones acerca de la problemática general de la energía. Igualmente, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo realiza estudios acerca de los planes y objetivos que deben cumplirse para modificar el deterioro ambiental y el uso de las energías convencionales (de origen fósil en especial) que lo provocan.

En general los protocolos o acuerdos que se logran entre los países participantes o firmantes tratan de promover iniciativas mediante las siguientes acciones para lograr un desarrollo sostenible (<http://tskan.com/convenios-y-tratados-internacionales/>):

1. Limitar la contaminación, ejerciendo un mayor control de las emisiones de elementos contaminantes de los centros de producción energética y disminuyendo el uso de

- combustibles de origen fósil.
2. Diversificar las fuentes de energía sustituyendo fuentes de energía convencionales por fuentes de energía de origen renovable y su propia combinación.
 3. Establecer una legislación energética adoptando normativas nacionales, regionales y suprarregionales.
 4. Realizar planes de sensibilización energética mediante campañas de difusión Los objetivos buscados son los siguientes:
 - El fomento de políticas de eficacia energética compatibles con el desarrollo sostenible;
 - La creación de condiciones que induzcan a los productores y consumidores a utilizar la energía de la forma más económica, eficaz y ecológica posible;
 - El estímulo de la cooperación en el campo de la eficacia energética.

Las partes contratantes se comprometen a establecer políticas de eficacia energética y los marcos legales y reglamentarios adecuados.

Entre los acuerdos y tratados internacionales con organismos energéticos en los que Ecuador es miembro, se pueden encontrar:

1. La Unión de Naciones Suramericanas (UNASUR).- Fue firmado el 23 de mayo de 2008 por un grupo de 12 países suramericanos. Tiene como objetivo construir, de manera participativa y consensuada, un espacio de integración en varios ámbitos en donde se incluye el medio ambiente.
2. Organización Latinoamericana de Energía (OLADE).- Nace en el contexto de la crisis energética internacional de inicios de la década del setenta, en el que suscribe el Convenio de Lima. Al impulsar la creación de OLADE se consideró la necesidad de establecer un mecanismo de cooperación entre los países de la Región para desarrollar sus recursos energéticos y atender conjuntamente los aspectos relativos a su eficiente y racional aprovechamiento. (<http://www.olade.org>).

3. Comisión de Integración Energética Regional (CIER).- Es una ONG, sin fines de lucro, con estado diplomático, integrado por las Empresas Eléctricas y Organizaciones del sector Eléctrico de los diez países de América del Sur, el objetivo principal de este organismo es promover y alentar la integración de los sectores eléctricos regionales. Mediante Acuerdo Ministerial N° 146 de 5 de agosto de 1998, el Ministerio de Energía y Minas, ratificó la constitución del Comité Nacional de Integración Eléctrica del Ecuador ECUACIER.

La normativa nacional vigente para el Sector Eléctrico Ecuatoriano está conformada por Leyes, Mandatos, Reglamentos, Regulaciones y Resoluciones. Esta normativa proporciona una estructura legal capaz de permitir el desarrollo de proyectos y aspectos relacionados a Eficiencia Energética. En la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE), se plantean los aspectos relacionados al suministro de energía eléctrica del país, específicamente en su capítulo I, correspondiente a las disposiciones fundamentales se indica que:

Art. 1.- Deber del Estado.- El suministro de energía eléctrica es un servicio de utilidad pública de interés nacional; por tanto, es deber del Estado satisfacer directa o indirectamente las necesidades de energía eléctrica del país, mediante el aprovechamiento óptimo de recursos naturales, de conformidad con el Plan Nacional de Electrificación. En esta Ley se ratifica como uno de los deberes del Estado la satisfacción de necesidades energéticas, concomitante con el aprovechamiento óptimo de los recursos naturales, esta correlación incluye la importancia de la eficiencia en el consumo. El CONELEC, en uno de sus reglamentos dispone varias estrategias para precautelar el ecosistema, determinando medidas técnicas. Por efecto del **Mandato No 15**, el uso eficiente y conservación de la energía es tender hacia una optimización en el uso de la energía eléctrica sin afectar la producción y el nivel de satisfacción de las necesidades (<http://www.meer.gob.ec>):

Por otro lado las normas de eficiencia e incentivos fiscales, propone establecer incentivos fiscales y tributarios coordinadamente con autoridades respectivas para la aplicación de

medidas que aceleren los procesos de sustitución de sistemas y tecnologías ineficientes por eficientes.

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) y el Instituto Nacional de Normalización (INEN), han desarrollado algunas normas y reglamentos en el tema de energía y eficiencia energética:

- RTE INEN 035:09 Eficiencia energética en artefactos de refrigeración de uso doméstico. Reporte de consumo de energía, métodos de prueba y etiquetado.
- NTE INEN 2511:09 Eficiencia energética en cámaras de refrigeración instaladas en vehículos automotores. Requisitos.
- NTE 2567:2010 Eficiencia energética en cocinas de inducción de uso doméstico. Requisitos.
- NTE 2506:09 Eficiencia energética en edificaciones. Requisitos.
- NTE INEN 2498:09 Eficiencia energética en motores eléctricos estacionarios. Requisitos.
- NTE INE N 2495:09 Eficiencia energética para acondicionadores de aire de uso doméstico. Requisitos.
- RTE INEN 036:2010 Eficiencia energética. Lámparas fluorescentes compactas. Rangos de desempeño energético y etiquetado.
- NTE INEN 1000:09 1R Elaboración, adopción y aplicación de reglamentos técnicos ecuatorianos, RTE INEN.

En la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH), no existe normativa ni legislación sobre el uso eficiente de combustibles en el país.

En el reglamento ambiental para actividades eléctricas, sección II correspondiente a las medidas técnicas de prevención y de manera específica en el artículo I, señala que: Con el fin de evitar los impactos ambientales negativos, debidos a las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica se observarán las medidas técnicas que el CONELEC establece. La aplicación de las mismas dependerá de las características del proyecto, obra o instalación, y de las condiciones naturales de los ecosistemas y áreas

afectadas. Aquellas que no puedan ser adoptadas deberán justificarse en el Plan de Manejo Ambiental (PMA).

En los últimos años ha existido una tendencia a elaborar normas internacionales de gestión por la Organización Internacional de Normas (sigla en inglés ISO) y los comités nacionales adoptarlas con las siglas nacionales e internacionales. La aplicación global de la **Norma ISO 50001** contribuye al uso más eficiente de las fuentes energéticas disponibles, aumentando la competitividad e impactando positivamente en el cambio climático. La ISO 50001 considera todos los tipos de energía, incluyendo energía renovable, no renovable y alternativa, sin embargo, la ISO 50001 no establece requisitos absolutos para el desempeño energético más allá del compromiso en la política energética de la organización y su obligación de cumplir con los requisitos legales y de otra índole que sean aplicables. Así, dos organizaciones llevando a cabo similares operaciones, pero teniendo diferente desempeño energético, pueden ambas cumplir con sus requisitos (NI-ISO/DIS 50001:2011).

1.4 Fundamentación de la Investigación

Escalante (1987), manifiesta que un problema es científico cuando puede ser sometido a observación y análisis con el fin de comprobarlo, por lo tanto el problema planteado recae en este orden, porque en él se van a aplicar sistemáticamente procedimientos intentando modificar los rasgos del estado inicial; es decir al definir las fases del programa sobre la base de la Norma General ISO 50001, su aplicación permitirá la mejora de la gestión de energía eléctrica. Dicha mejora será comprobado por efectos de simulación.

Viabilidad práctica y teórica:

La investigación es viable por cuanto tiene el apoyo de la Alta Gerencia de la Empresa PetrosudPetroriva, además se cuenta con el recurso humano y tecnológico necesario, su viabilidad práctica una vez que se implemente el programa de gestión, permitirá aportar con la reducción de costos en función de que se identificarán desperdicios, y con ellos el ahorro

energético será inminente; a través de lo cual se comprobará la funcionalidad de la Norma 50001.

1.5 Bases teóricas particulares de la investigación

1.5.1. Generación Eléctrica Distribuida.

Cobos (2011) La Generación Eléctrica Distribuida consiste en la colocación estratégica de pequeñas unidades generadoras de potencia (5 kW a 25 MW) situadas cerca de las cargas del cliente. La generación distribuida puede usarse para manejar necesidades de servicio de energía o ayuda a aumentar la calidad de potencia y fiabilidad. Localizado en los sitios de utilidad como las subestaciones, la generación distribuida puede proporcionar apoyo a la red de transmisión y distribución y extiende la posibilidad de entregar potencia a clientes en áreas restringidas. Las tecnologías de la generación distribuida incluyen fuentes tales como: las turbinas industriales de gas, las máquinas reversibles, las celdas de combustible, las microturbinas, la eólica y fotovoltaica.

1.5.2 Calidad de energía eléctrica

En la actualidad, la materia prima más versátil es, indudablemente, la energía eléctrica, lo que está dado por la facilidad de su uso en cualquier proporción, su accesibilidad y posibilidad de conversión a otros tipos de energía, de manera relativamente sencilla; como cualquier otra materia prima la calidad de la misma es de suma importancia para el resultado del proceso en que se esté utilizando (Norma UNE-EN 50160-1999).

Ludeña y Bastidas (2009) plantean que la mala calidad de la energía produce pérdidas económicas, ya que provoca una ineficiente operación de equipos, disminuyendo la vida útil de los componentes y altos costos por paradas no programadas de equipos.

Los parámetros que influyen en la alimentación eléctrica de equipos, elementos eléctricos y electrónicos, son entre otros:

- Armónicos de tensión y corriente.
- Transientes de Sobretensión.
- Fluctuaciones rápidas de la tensión (flicker).
- Ruido.

En el contexto internacional existen diversas normas que están relacionadas a la calidad de energía, como es la IEEE 519, EN 50160 entre otras. La norma IEEE 519, trata principalmente con armónicos introducidos por cargas no lineales, con la finalidad de que los problemas de calidad de potencia puedan ser prevenidos. Su cumplimiento está siendo solicitado cada día más debido al crecimiento en la utilización de VDF y otras cargas no lineales, en las tablas N° 1.3 y 1.4 se muestra un resumen de los límites de distorsión armónica en voltaje y en corriente que establece la norma IEEE 519-1992.

Tabla N° 1.3 IEEE Std 519-1992 Harmonic Voltage Limits

Bus Voltaje at PPC	Individual Voltaje Distortion (%)	Individual Voltaje Distortion (%)
69 kV and below	3,0	5,0
69.001 kV through 161	1,5	2,5
161 000 kV and above	1,0	1,5
NOTE: High-voltage system can have up to 2.0% THD where the cause is an HVDC terminal that will attenuate by the time it is tapped for a user.		

Fuente: IEEE Std 519-1992

Tabla N°1.4 IEEE Std 519-1992 Harmonic Current Limits

Current Distortion Limits for General Distribution Systems
(120 V Through 69000 V)

Maximum Harmonic Current Distortion in Percent I_L						
Individual Harmonic Order (Odd Harmonics)						
I_{sc}/I_L	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<20*	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
20<50	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
20<100	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
100<1000	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
<1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Even harmonics are limited to 25 % of the odd harmonic limits above.

Current distortions that result in a dc offset, e.g. half-wave converters, are not allowed.

* All power generation equipment is limited to these values of current distortion, regardless of actual I_{sc}/I_L .

Where

I_{sc} = maximum short-circuit current at PCC.

I_L = maximum demand load current (fundamental frequency component) at PCC

TDD = Total demand distortion (RSS), harmonic current distortion in % of maximum demand load current (15 or 30 min demand).

PCC = Point of common coupling.

Fuente: IEEE Std 519-1992

En el Ecuador el Reglamento No.CONELEC - 004/01 “Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución” refiere a las disposiciones legales establecidas en la Ley de Régimen del Sector Eléctrico y sus reformas; mostrando los límites de distorsiones de la calidad del suministro eléctrico que la empresa eléctrica debe proveer a los consumidores.

Tabla N°1.5 Límites de distorsiones de la calidad del suministro eléctrico

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA VI' o THD' (% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V < 40 kV (otros puntos)	V ≤ 40 kV (trafos de distribución)
	Impares no múltiplos de 3	
5	2,0	6,0
7	2,0	5,0
11	1,5	3,5
13	1,5	3,0
17	1,0	2,0
19	1,0	1,5
23	0,7	1,5
25	0,7	1,5
> 25	0,1 + 0,6*25/n	0,2 + 1,3*25/n
Impares múltiplos de tres		
3	1,5	5,0
9	1,0	1,5
15	0,3	0,3
21	0,2	0,2
Mayores de 21	0,2	0,2
Pares		
2	1,5	2,0
4	1,0	1,0
6	0,5	0,5
8	0,2	0,5
10	0,2	0,5
12	0,2	0,2
Mayores a 12	0,2	0,5
THD	3	8

Fuente: CONELEC (Reglamento No. CONELEC - 004/01)

En lo que tiene relación con los niveles de tensión exigidos se resume en la siguiente tabla

Tabla N°1.6 Variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal

	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %
Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Rurales	± 13,0 %	± 10,0 %

Fuente: Regulación CONELEC 004-01

1.5.3 Armónicos en Sistemas Eléctricos

Mazorra (2012), de acuerdo a la norma IEC 61000 2-1, en sistemas eléctricos la palabra Armónicos se utiliza para designar corrientes o tensiones de frecuencias múltiplos de la frecuencia fundamental de alimentación las cuales consumen energía de forma similar a la fundamental. Dentro de un sistema de alimentación eléctrica, estas corrientes generan consumo que no es utilizado por los equipos. Para cuantificar los niveles de distorsión armónica se tienen índices que se detallan a continuación.

El índice de Distorsión Armónica Total (Total Harmonic Distortion), sirve para determinar el contenido armónico del voltaje o de la corriente en una onda periódica. Este índice se define como la relación entre el valor eficaz del total de las corrientes armónicas y el valor eficaz correspondiente a la componente fundamental. Este valor es usualmente expresado como un porcentaje de la onda fundamental. Así para la onda de corriente será:

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} I_k^2}}{I_1} \times 100 \% \quad (1,1)$$

Para la onda de voltaje será:

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} V_k^2}}{V_1} \times 100 \% \quad (1,2)$$

Donde:

THDI: Distorsión total armónica en corriente (%)

THDV: Distorsión total armónica en voltaje (%)

k: Número de armónico (adimensional)

I₁: Valor eficaz de la onda fundamental de corriente (A)

I_k: Valor eficaz de corriente del armónico k (A)

V₁: Valor eficaz de la onda fundamental de voltaje (V)

V_k: Valor eficaz de voltaje del armónico k (V)

El THDV provee la cantidad de energía disipada al aplicar un voltaje distorsionado a una carga resistiva, también indica las pérdidas adicionales causadas por la corriente en un conductor, sin embargo no es un buen indicador del esfuerzo que el voltaje ejerce en un capacitor, por que se refiere a un valor pico de la onda de tensión, y no a su valor RMS. Los voltajes amónicos por lo general se refieren al valor de la onda fundamental, como el voltaje cambia en un pequeño porcentaje la cantidad de THD es casi siempre un valor lleno de significado. Esto no es el caso para la corriente, una corriente pequeña puede tener un alto THD pero no puede ser una amenaza significativa al sistema. Puesto que la mayoría de equipos de monitoreo reportan el THD basado en la muestra actual, el usuario puede confundirse pensando que la corriente es peligrosa. Algunos analistas para evitar esta dificultad, han referido el THD a la fundamental de la corriente demanda pico en lugar de la fundamental de la muestra actual. Esto es llamado Distorsión de Demanda Total o simplemente TDD y sirve como base en los estándares de la IEEE 519-1992. Se define como:

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} I_k^2}}{I_L} \times 100 \% \quad (1,3)$$

Donde:

TDD: Distorsión de demanda total (%)

I_k : Magnitud de la armónica individual (A)

k: Orden armónico (adimensional)

I_L : Demanda máxima de la corriente fundamental de carga en el punto común de acople (PCC, "Point of CommonCoupling"), que se calcula como el promedio máximo mensual de demanda de corriente de los 12 últimos meses o puede estimarse (A)

IEEE Std 1459-2000, la distorsión armónica complica el cálculo de la potencia y el factor de potencia; la potencia activa (P) es función solamente de las cantidades a frecuencia fundamental, mientras que la potencia aparente (S) y la potencia reactiva (Q) son

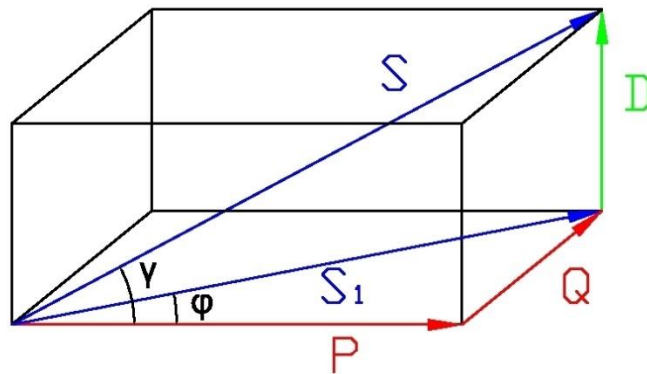
grandemente influenciadas por la distorsión. Cuando la distorsión está presente, son útiles las siguientes expresiones:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2} \quad (1,4)$$

$$Q = \sum_k V_k I_k \text{sen}(\varphi_k) \quad (1,5)$$

$$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2} \quad (1,6)$$

Donde D es la potencia de distorsión, algunos analistas prefieren utilizar vectores en tres dimensiones para demostrar la relación entre estas componentes como se indica en la figuraN° 1.6



FiguraN° 1.6 Relación entre los componentes de Potencia Aparente
Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Bajo las consideraciones anteriores el factor de potencia se calcula así:

$$fp = P/S \quad (1,7)$$

Se puede decir que:

- El control sobre la cantidad de armónicos de corriente inyectado al sistema se lo realiza en el usuario final.
- Asumiendo que la inyección de armónicos de corriente está dentro de límites razonables, el control sobre la distorsión del voltaje es realizado por el ente que tiene control sobre la impedancia del sistema que generalmente es la empresa de servicios.

1.5.4 Herramientas para establecer un Sistema de Gestión Total Eficiente de la Energía

Diagrama Energético – Productivo.- Borroto y Monteagudo (2006). Esta herramienta 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. También en el diagrama se muestran los niveles de producción de cada etapa, así como entradas externas al proceso de materiales semiprocesados si los hubiera. Es conveniente expresar las magnitudes de la energía consumida en cada etapa del flujograma por tipo de energía consumida y en porcentaje con respecto al consumo total de cada tipo.

Diagrama de Pareto.- Borroto y Monteagudo (2006). Los diagramas de Pareto son gráficos especializados de barras que presentan la información en orden descendente, desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades y en por ciento. Los porcentajes agregados de cada barra se conectan por una línea para mostrar la suma incremental de cada categoría respecto al total. El diagrama de Pareto es muy útil para aplicar la Ley de Pareto o Ley 80 – 20, que identifica el 20% de las causas que provoca el 80% de los efectos de cualquier fenómeno estudiado.

Gráficos de Control.- Borroto y Monteagudo (2006). Los gráficos de control son diagramas lineales que permiten observar el comportamiento de una variable en función de ciertos límites establecidos. Se usan como instrumento de autocontrol y resultan muy útiles como complemento a los diagramas causa y efecto, para detectar en cuales fases del proceso analizado se producen las alteraciones.

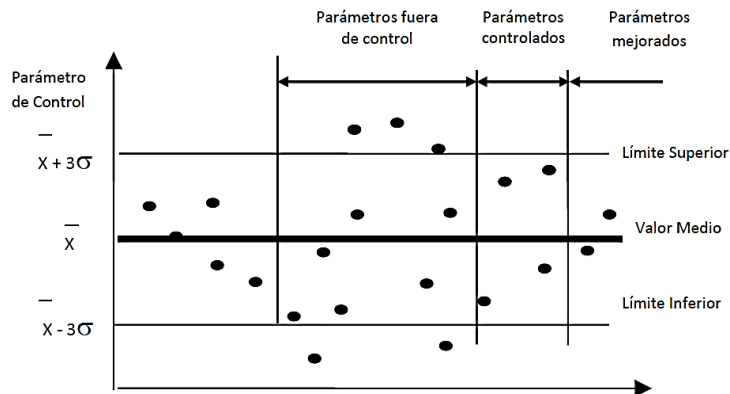


Figura N° 1.7 Gráfico de control

Fuente: Borroto y Monteagudo 2006

Gráfico de Consumo y Producción en el Tiempo (E – P vs. T).- Borroto y Monteagudo (2006). Consiste en 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. Su utilidad radica en:

- Muestran períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo energético con respecto a la variación de la producción.
- Permiten identificar causas o factores que producen variaciones significativas de los consumos.

Diagramas de Dispersión y Correlación.- Borroto y Monteagudo (2006). Es un gráfico que muestra la relación entre 2 parámetros. Su objetivo es mostrar en un gráfico x, y si existe correlación entre dos variables, y en caso de que exista, qué carácter tiene esta.

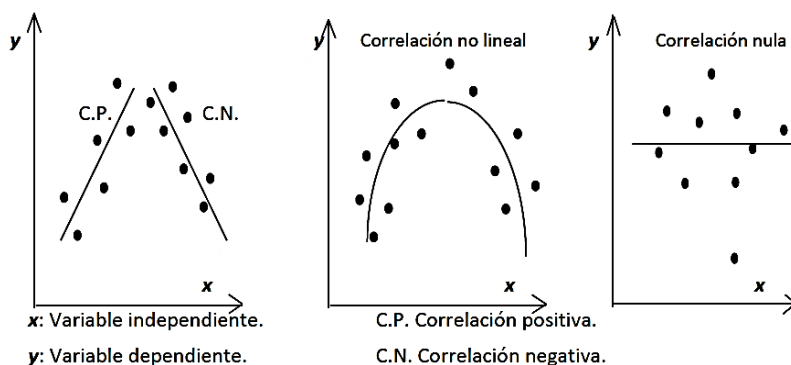


Figura N°1.8 Diagramas de Dispersión y Correlación
Fuente: Borroto y Monteagudo 2006

Diagramas de Consumo – Producción (E vs. P).- Borroto y Monteagudo (2006). Para las empresas industriales y de servicios, realizar un diagrama de dispersión de la energía usada por mes u otro período de tiempo con respecto a la producción realizada o los servicios prestados durante ese mismo período, revela importante información sobre el proceso. Este gráfico de E vs. P puede realizarse por tipo de portador energético, y por áreas, considerando en cada caso la producción asociada al portador en cuestión.

Diagrama Índice de Consumo – Producción (IC vs. P).- Borroto y Monteagudo (2006). Este diagrama se realiza después de haber obtenido el gráfico E vs. P y la ecuación, $E = m.P + E_0$, con un nivel de correlación significativo.

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

$$E = m.P + E_0 \tag{1,8}$$

$$IC = E/P = m + E_0/P \tag{1,9}$$

$$IC = m + E_0/P \tag{1,10}$$

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

El gráfico IC vs. P es muy útil para establecer sistemas de gestión energética, y estandarizar procesos productivos a niveles de eficiencia energética superiores.

Gráfico de Tendencia o de Sumas Acumulativas (CUSUM).- Borroto y Monteagudo (2006).Este gráfico se utiliza para monitorear la tendencia de la empresa en cuanto a la variación de sus consumos energéticos, con respecto a un período base de comparación dado. A partir de este gráfico también puede determinarse cuantitativamente la magnitud de la energía que se ha dejado de consumir o se ha consumido en exceso con relación al comportamiento del periodo base hasta el momento de su actualización.

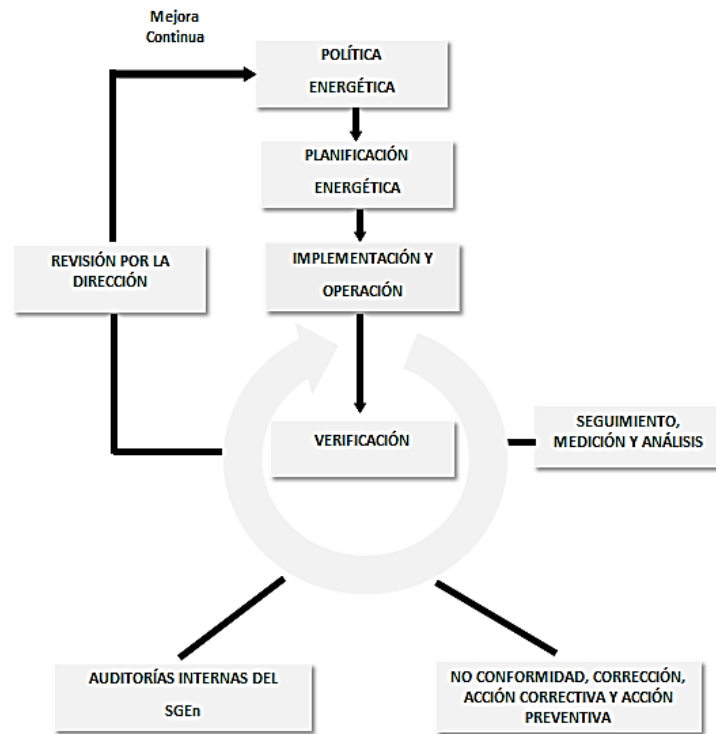
1.5.5 Norma ISO 50001: Sistemas de Gestión de la Energía - Requisitos con orientación para su uso

Conforme lo indica la Norma ISO 50001 (2011):

El propósito de esta Norma Internacional es facilitar a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar el desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética y el uso y el consumo de la energía. La implementación de esta Norma Internacional está destinada a conducir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros impactos ambientales relacionados, así como de los costes de la energía a través de una gestión sistemática de la energía. Esta Norma Internacional es aplicable a organizaciones de todo tipo y tamaño, independientemente de sus condiciones geográficas, culturales o sociales. Su implementación exitosa depende del compromiso de todos los niveles y funciones de la organización y especialmente de la alta dirección. (Pág. iv).

Navarro (2015), manifiesta que la metodología de este estándar internacional se basa en el sistema de mejoramiento continuo o círculo de Deming: Planear-Hacer-Revisar-Actuar (Figura N° 1.9), siendo compatible con otras medidas de ahorro y eficiencia energética. En el

anexo 4 se presenta la secuencia de actividades a desarrollar en la implementación de un sistema de gestión de la energía basada en ISO 50001



FiguraN°1.9 Modelo de sistema de gestión de la energía para la norma internacional ISO 50001.

Fuente: NTE INEN-ISO 50001:2012

Un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn), permite a la organización alcanzar los compromisos derivados de su política energética, tomar acciones, según sea necesario para mejorar su desempeño energético. No se especifican metas cuantitativas; cada organización elige las metas que desea establecer y posteriormente diseña un plan de acción para alcanzar estas metas.

La organización puede escoger integrarse a la norma ISO 50001 entre otros sistemas de gestión como son los de calidad, ambiental, salud ocupacional y seguridad o responsabilidad social, u otro.

1.5 Operacionalización de Variables

Para la operacionalización de variables se presenta la siguiente matriz.

TablaN°1.7 Matriz de operacionalización de variables.

Variable independiente: Programa para la gestión de la Energía Eléctrica.

Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
Es un conjunto de fases estructuradas, cuya ejecución garantiza el uso eficiente de la energía eléctrica.	Planificación energética	Pérdidas de energía eléctrica	kWh	Modelación	Software ETAP
		Línea de base energética.	Coefficiente de determinación (R^2)	Análisis de Registros Estadísticos, Cálculos y Modelación Matemática	Ecuaciones mediante el Microsoft Excel.
		Indicadores de desempeño energético	kWh/BBL ft ³ /kWh gal/kWh	Análisis de Registros Estadísticos, Cálculos y Modelación Matemática	Ecuaciones mediante el Microsoft Excel.

Variable dependiente: Consumo del portador energético electricidad.

Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
----------	-----------	-------------	------	----------	--------------

Los aparatos eléctricos cuando están funcionando generan un consumo de energía eléctrica en función de la potencia que tengan y del tiempo que estén en funcionamiento	Sistema de Suministro Eléctrico	Variables de Potencia	kW, kVAR, kVA, V, I, fp	Medición y Modelación	Analizador de energía eléctrica Software ETAP
		Variables de Calidad de Energía	THD _v , THD _i , TDD	Medición, Modelación y Cálculos	Analizador de energía eléctrica Software ETAP Ecuaciones
	Generación Eléctrica Distribuida	Índice de consumo de energía eléctrica	kWh/BBL	Medición, Cálculos	Analizador de energía eléctrica Ecuaciones
		Índice de consumo de gas natural.	ft ³ /kWh	Medición, Cálculos	Flujómetro, Ecuaciones
		Índice de consumo de diésel	gal/kWh	Medición, Cálculos	Flujómetro, Tabla de aforo Ecuaciones
		Consumo promedio de energía eléctrica	kWh	Medición	Analizador de energía eléctrica

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

1.6 Conclusiones del Capítulo

La eficiencia energética y el uso racional de los portadores energéticos presentan en estos momentos una necesidad de desarrollo sostenible, donde la industria y los servicios realizan importantes esfuerzos.

La Gestión Energética es un procedimiento organizado de previsiones y control del consumo de energía, con el fin de obtener el mayor rendimiento posible sin disminuir el nivel de prestaciones.

Como paradigma en el cual se puede sustentar un programa de eficiencia energética, constituyen las Normas ISO 50001.

La realización de este tipo de estudio en entidades similares, ha permitido detectar los problemas existentes en las empresas y la prestación de servicios, posibilitando la aplicación de medidas que han logrado notables avances con respecto del ahorro de energía.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

En este capítulo, se presenta la organización de la investigación, misma que tuvo como objetivo fundamental proporcionar una metodología que permitió crear un diseño teórico, capaz de responder a las exigencias del proceso investigativo. Además se operacionalizan las variables y se describe la forma como se tomaron las mediciones correspondientes.

2.1 Enfoque, nivel y alcance de la investigación

Hernández, Fernández & Baptista (2008), El enfoque epistemológico de esta investigación tiene su basamento en el cuantitativo, por cuanto plantea un problema de estudio delimitado y concreto, revisa la literatura, lo que a su vez permite organizar el marco teórico, de lo cual deriva la hipótesis a ser comprobada. Además este enfoque permite recolectar datos numéricos, analizados bajo procedimientos estadísticos.

El nivel investigativo es de orden integrativo, que consiste en la modificación del evento estudiado generando una intervención diseñada para el efecto; por lo tanto este trabajo partió de un estudio evaluativo, con evidencias válidas y confiables de diagnóstico del portador energético electricidad del bloque 65, con lo cual se logró identificar las oportunidades de mejora, y posteriormente se propone generar modificaciones a través de la intervención de un programa de gestión.

El alcance fue correlacional por cuanto permitió establecer la relación que existe entre dos o más variables en un contexto particular, es decir, se mide cada variable presuntamente relacionada y después se mide y analiza la correlación; en este caso particular se realizaron mediciones individuales de consumo y producción del portador electricidad de cada grupo electrógeno y posteriormente se obtuvo una línea base general, con la que se pudo establecer el objetivo y la meta energética, bases fundamentales para la organización de la

propuesta de un programa para la mejora de la gestión, misma que correlaciona con el ahorro de la energía eléctrica; a su vez esta correlación se sustenta en la hipótesis sometida a prueba.

2.2 Métodos, procedimientos y técnicas:

2.1.1 Métodos de Investigación

Método Inductivo.- Hernández, Fernández & Baptista (2008), lo conceptualiza como un proceso a través del cual se estudian aspectos particulares para llegar a generalizaciones, utiliza mucho la observación y la experimentación.

Mediante la auditoria energética identificamos los portadores energéticos para diseñar la propuesta de mejoramiento a partir de un razonamiento lógico en el que partiendo de la observación de casos particulares, y luego de establecer comparaciones de características, propiedades, relaciones funcionales de las distintas facetas de los objetos del conocimiento se abstrae, se generaliza y se llega al establecimiento de las reglas y medidas a implementar.

Método deductivo.- Hernández, Fernández & Baptista (2008), Consiste en obtener conclusiones particulares, partiendo de leyes generales, implica destacar los hechos más importantes, y las relaciones entre ellos.

Tomando como referente las normas generales ISO 50001, se pretende estructurar un programa en donde se especifiquen los hechos particulares que deben cumplirse para lograr la eficiencia energética.

Método analítico-sintético.-Hernández, Fernández & Baptista (2008)Tienen íntima relación entre el método deductivo y el sintético y el inductivo y el analítico, ya que en la inducción se analizan los acontecimientos y en la deducción se sintetizan integrando todos los hechos estudiados.

La investigación empieza a través de la identificación de los puntos críticos del consumo de energía y la posterior descripción y análisis de la situación real del sistema de generación eléctrica distribuida del bloque 65, operado por el Consorcio PetrosudPetroriva, estableciendo nexos y relaciones; en tanto que, las síntesis permite reconstruir e integrar las partes del todo adquiriendo un dominio cognoscitivo acerca del problema de investigación, que revoca en una propuesta concreta a su solución.

Método descriptivo.-Landeau (2007) “Permite ordenar y presentar los datos de manera comprensible en forma de tablas, gráficas apropiadas para su análisis”; por lo tanto esta metodología se utilizará en el diagnóstico para analizar los niveles de consumo eléctrico del sistema de generación eléctrica distribuida.

2.1.2 Tipos de Investigación

Bibliográfica – documental.- Gómez (2006) manifiesta que es el estudio sistemático de informes o escritos que se constituyen en fuentes de datos referenciales.

Por lo tanto, la investigación propuesta es bibliográfica documental porque recoge información de lo que otros autores han escrito sobre el tema, así como: las normativas legales, las conceptualizaciones de eficiencia energética, procesos y programas de auditoría de la energía, entre otros, además se recolectan documentos que presentan datos históricos y presentes de los diferentes indicadores para establecer parámetros de eficiencia, a partir de los niveles de consumo y desperdicios existentes.

De campo.- Gómez (2006) explica que esta modalidad reúne la información necesaria recurriendo al contacto directo con los acontecimientos y fenómenos que se encuentran en estudio.

En este caso particular el trabajo se llevará a efecto en el lugar donde se producen los hechos, es decir en el sistema de generación eléctrica distribuida del bloque 65, operado por el Consorcio PetrosudPetroriva,, tomando contacto directo con la realidad energética de este campo. Las muestras se toman de cada categoría para el diagnóstico respectivo.

Experimental.- Tena, Turnbull (1995), refieren que en esta modalidad, se manipulan variables independientes, a objeto de determinar el efecto que en las dependientes.

En este caso una vez estructurado el programa de gestión energética, se hace necesaria su aplicación, para comprobar que los consumos se lograron reducir a un nivel mínimo.

Explicativo.- Garza (2007), manifiesta que esta tipología tiende a predecir lo que ocurrirá si se emplea una variable que produce modificaciones en condiciones actuales, además que tiene carácter correctivo cuando se propone estimular, atenuar o eliminar los efectos.

Por lo tanto con este tipo de investigación concomitante con la modalidad experimental, se comprobará o descartará la hipótesis planteada.

2.1.3 Técnicas e instrumentos

Técnica Medición.-Ávila (2006), manifiesta que medir es asignar números, símbolos o valores a las propiedades de objetos, según reglas establecidas, permite cuantificar datos o indicadores. En la investigación, esta técnica es una de las principales, por cuanto nos va a permitir medir las variables de potencia, las variables de calidad de la energía eléctrica, el consumo de gas natural, el consumo de diésel, el consumo de energía eléctrica, las variables de operación de equipos electrosumergibles y las variables de sistemas de bombeo de superficie.

Instrumentos de medición.- Carmines y Zeller (1991), los conceptualiza como aquellos que permiten registrar datos observables que representan cuantificablemente las variables que el investigador tiene en mente. Todo instrumento de medida, debe reunir tres requisitos básicos: confiabilidad, validez y objetividad. Los instrumentos utilizados para estas mediciones son: analizador de energía eléctrica, amperímetro de gancho, flujómetro para gas, manómetro, cinta tabla de aforo.

Para la medición de la calidad de energía se utilizó el analizador Fluke 435 II, que consiste en un instrumento que está equipado con avanzadas funciones, por lo que es útil para muchas aplicaciones, tales como:

- Captura de datos PowerWave, captura datos RMS reales para ver todas las formas de onda de modo que pueda determinar cómo interaccionan tensión, corriente y frecuencia.
- Eficiencia de Inversor de Potencia, determina la eficiencia de los inversores de potencia
- Cuantificación monetaria de la energía, calcula el coste fiscal de la energía desperdiciada por una pobre calidad eléctrica.
- Análisis de la energía, mide el antes y el después para cuantificar las mejoras de la instalación en el consumo de energía, justificando el uso de los dispositivos de ahorro energético.
- Detección y resolución de problemas en primer nivel de actuación, permite diagnosticar rápidamente los problemas en pantalla, de forma que pueda volver a poner los equipos en marcha.
- Mantenimiento predictivo, detecta y previene los problemas de calidad eléctrica antes de que produzcan tiempos de inactividad de la producción.
- Análisis a largo plazo, descubre problemas difíciles de detectar o intermitentes.
- Estudios de carga, comprueba la capacidad de los sistemas eléctricos antes de añadir la carga.
- Eficiencia de inversores de potencia, permite medir simultáneamente la potencia de salida CA y la potencia de entrada CC para sistemas electrónicos de potencia usando la pinza CC opcional.
- Captura de datos PowerWave, captura rápidamente datos RMS, muestra medios ciclos y formas de onda para caracterizar las dinámicas de los sistemas eléctricos (arranques de generadores, conmutación de SAI, etc.).
- Calculadora de Pérdida de Energía, las mediciones clásicas de potencia activa y reactiva, desequilibrios y armónicos se cuantifican para poner de manifiesto el costo fiscal de las pérdidas de energía.

- Solución de problemas en tiempo real, permite analizar las tendencias con los cursores y las herramientas de ampliación.
- La clasificación de seguridad más alta de la industria, clasificación de CAT IV a 600 V y CAT III a 1000 V para su uso en la entrada de servicio.
- Permite medir las tres fases y el neutro con cuatro puntas de prueba de corriente flexibles incluidas y un mejorado diseño delgado para adaptarse a los lugares más estrechos.
- Tendencia automática, todas las mediciones se registran siempre automáticamente, sin necesidad de configuración alguna.
- Monitor del sistema, posee diez parámetros de calidad de potencia en una sola pantalla, de acuerdo con la norma de calidad de potencia eléctrica EN50160.
- Función de registrador, está configurado para cualquier condición de prueba con memoria de hasta 600 parámetros a intervalos definidos por el usuario.

En la figura N° 2.1 se muestra el analizador de energía Fluke 435 II utilizado.



FiguraN°2.1 Analizador trifásico de energía Fluke 435 II
Fuente: Manual de Fluke 435 II (2 012)

El procedimiento fue el siguiente:

1. De ser posible eliminar la tensión de los sistemas antes de realizar las conexiones, evitar trabajar solo y seguir las instrucciones de uso y puesta de

funcionamiento del fabricante. Para el sistema trifásico en análisis, se realizó las conexiones como se muestra en la figura N° 2.2.

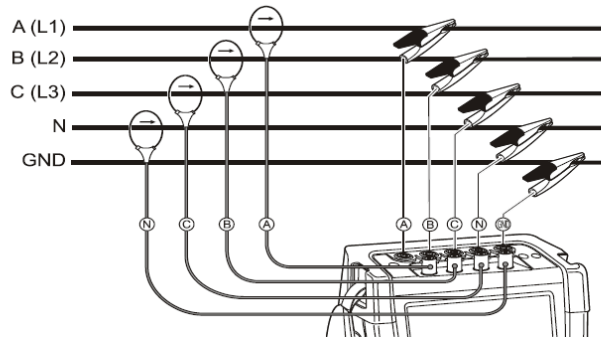
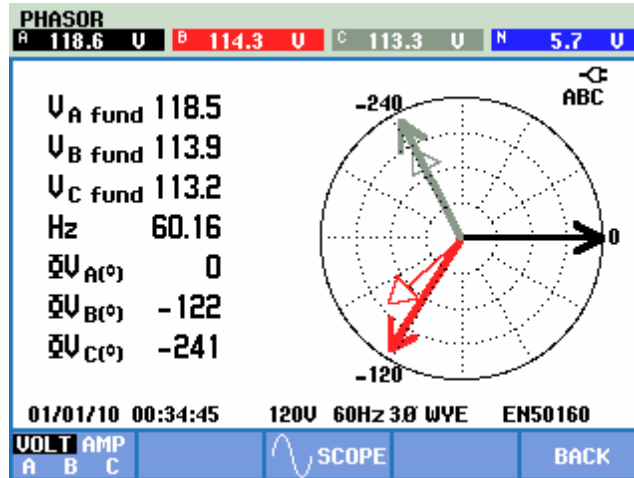


Figura N°2.2 Conexión del analizador Fluke 435 II a un sistema de distribución trifásico
Fuente: Manual de Fluke 435 II (2 012)

2. Colocar primero las pinzas amperimétricas alrededor de los conductores de la fase A (L1), B (L2), C (L3) y N (neutro). Las pinzas se encuentran marcadas con una flecha que indica la polaridad correcta de la señal.
3. Seguidamente colocar las conexiones de tensión: iniciar con la toma de tierra (necesario para obtener un resultado correcto) y luego con N, A (L1), B (L2) y C (L3), sucesivamente. Comprobar siempre dos veces las conexiones. Asegurarse de que las pinzas están firmemente conectadas y completamente cerradas alrededor de los conductores.
4. Antes de realizar medidas, se configuró el analizador según la tensión de línea, la frecuencia y la configuración del cableado del sistema de alimentación.
5. Utilice las pantallas de osciloscopio y fasor para comprobar si los cables de tensión y las pinzas amperimétricas están conectados correctamente. En el diagrama de vectores, las tensiones de fase y las corrientes A (L1), B (L2) y C

(L3) deben aparecer en secuencia al observarlas en el sentido de las agujas del reloj como se muestra en el ejemplo de la figura N° 2.3.



FiguraN°2.3Diagrama de vectores correspondiente al analizador correctamente conectado
Fuente: Manual de Fluke 435 II (2 012)

Conforme el procedimiento anterior todas las mediciones se realizaron a un nivel de 0,48 kV, en la barra de generación, alimentadores de los pozos de producción y en cada una de las plataformas.

Para transferir los datos registrados al PC se utilizó el software Power Log 5.0, este visualiza los datos en opciones de ventana como: Resumen, Tabla, Tensión y Corriente, Estadísticas, Armónicos, Frecuencia/Desequilibrio, Potencia, Pantallas, Energía, Transitorios, Flicker, Señal Portadora, Armónicos Potencia. En la figura N° 2.4 se muestra una pantalla con datos recopilados.

Para crear la base de datos se organizó la información que fue exportada del equipo de medición a la hoja de cálculo, estos datos comprenden la totalidad de los registros de voltajes, corrientes, potencias, armónicos entre otros. Con la aplicación de esta técnica e instrumento se logró caracterizar el portador energético electricidad.

Fecha	Función	L1N(V) / L1(A) Min	L1N(V) / L1(A) Med	L1N(V) / L1(A) Max	L2N(V) / L2(A) Min	L2N(V) / L2(A) Med	L2N(V) / L2(A) Max	L3N(V) / L3(A) Min	L3N(V) / L3(A) Med	L3N(V) / L3(A) Max	LNG(V) / N
21/11/2015 8:15:46 706mseg	Arms	1951,5 A (CL)	1956,5 A (CL)	1962,1 A (CL)	2056,4 A (CL)	2062,9 A (CL)	2072,1 A (CL)	2067,7 A (CL)	2073,8 A (CL)	2080,6 A (CL)	
21/11/2015 8:15:46 706mseg	Frecuencia	59,988 Hz	59,996 Hz	60,001 Hz							
21/11/2015 8:15:46 706mseg	Desequilibrio Vn										
21/11/2015 8:15:46 706mseg	Desequilibrio An										
21/11/2015 8:15:46 706mseg	THD V	7,16 %	7,17 %	7,2 %	6,92 %	6,93 %	6,96 %	7,39 %	7,41 %	7,44 %	
21/11/2015 8:15:46 706mseg	THD A	12,37 % (CL)	12,41 % (CL)	12,45 % (CL)	11,8 % (CL)	11,84 % (CL)	11,88 % (CL)	11,79 %	11,82 %	11,87 %	
21/11/2015 8:15:46 706mseg	Potencia Activa										
21/11/2015 8:15:46 706mseg	Potencia Aparente	296,34 kvar (CL)	297,64 kvar (CL)	299,18 kvar (CL)	295,26 kvar	296,86 kvar	298,68 kvar	324,16 kvar	325,92 kvar	327,82 kvar	
21/11/2015 8:15:46 706mseg	Cos Phi	0,83	0,83	0,83	0,85	0,85	0,85	0,82	0,82	0,82	
21/11/2015 8:15:46 706mseg	Energía Activa										
21/11/2015 8:15:46 706mseg	Energía Aparente										
21/11/2015 8:15:46 706mseg	Energía Reactiva										
21/11/2015 8:15:46 706mseg	Factor KW	0,8 (CL)	0,81 (CL)	0,82 (CL)	0,82 (CL)	0,83 (CL)	0,84 (CL)	0,78 (CL)	0,79 (CL)	0,8 (CL)	
21/11/2015 8:15:46 706mseg	PatLimn		0,421 (U)			0,393			0,408		
21/11/2015 8:15:46 706mseg	Señal portadora 1%	0%	0,02%	0,06%	0%	0,02%	0,06%	0%	0,02%	0,04%	
21/11/2015 8:15:46 706mseg	Vrms ph-n	275,82 V	276,02 V	276,26 V	277,4 V	277,64 V	277,9 V	277,42 V	277,68 V	278,04 V	0,74 V
21/11/2015 8:15:46 706mseg	Vrms ph-ph	479,72 V	480,04 V	480,46 V	480,7 V	481,14 V	481,74 V	478,32 V	478,74 V	479,26 V	
21/11/2015 8:15:46 706mseg	Tensión de Pico	696,9 V	706,5 V	719,5 V	695,5 V	705,2 V	717 V	700,1 V	711,5 V	726,6 V	
21/11/2015 8:15:46 706mseg	Corriente de Pico	2,709 kA (CL)	2,755 kA (CL)	2,844 kA (CL)	2,878 kA (CL)	2,935 kA (CL)	3,012 kA (CL)	2847,2 A	2896,6 A	2979,6 A	
21/11/2015 8:15:46 706mseg	THD W	0,83 % (CL)	0,84 % (CL)	0,86 % (CL)	0,78 % (CL)	0,79 % (CL)	0,81 % (CL)	0,96 % (CL)	0,98 % (CL)	1 % (CL)	
21/11/2015 8:16:46 706mseg	Arms	1951,3 A (CL)	1956,3 A (CL)	1962,5 A (CL)	2056,4 A (CL)	2062,9 A (CL)	2069,3 A (CL)	2067,9 A (CL)	2074,3 A (CL)	2079,7 A (CL)	
21/11/2015 8:16:46 706mseg	Frecuencia	59,99 Hz	59,997 Hz	60,002 Hz							
21/11/2015 8:16:46 706mseg	Desequilibrio Vn										
21/11/2015 8:16:46 706mseg	Desequilibrio An										
21/11/2015 8:16:46 706mseg	THD V	7,15 %	7,17 %	7,19 %	6,93 %	6,94 %	6,96 %	7,38 %	7,4 %	7,41 %	
21/11/2015 8:16:46 706mseg	THD A	12,41 % (CL)	12,44 % (CL)	12,47 % (CL)	11,82 % (CL)	11,85 % (CL)	11,87 % (CL)	11,8 %	11,84 %	11,87 %	
21/11/2015 8:16:46 706mseg	Potencia Activa										
21/11/2015 8:16:46 706mseg	Potencia Aparente										
21/11/2015 8:16:46 706mseg	Potencia Reactiva	296,34 kvar (CL)	297,82 kvar (CL)	299,1 kvar (CL)	295,46 kvar	296,94 kvar	298,54 kvar	324,38 kvar	326,26 kvar	328,44 kvar	
21/11/2015 8:16:46 706mseg	Cos Phi	0,83	0,83	0,83	0,85	0,85	0,85	0,82	0,82	0,82	
21/11/2015 8:16:46 706mseg	Energía Activa										

FiguraN°2.4 Pantalla del software Power Log 5.0
Fuente: Software Power Log 5.0

Técnica de Análisis de Registros Estadísticos.- Giroux y Tremblay(2008);consiste en estudiar series de estadísticas ya reunidas para extraer de ellas nueva información.

En la presente investigación para cumplir los requerimientos de la norma ISO 50001 se utilizaron las herramientas estadísticas de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE). El procedimiento que se aplicó fue el siguiente:

- Recopilar reporteshistóricos diarios disponibles de consumo de combustibles, de consumo de energía eléctrica y de producción de petróleo.
- En base a la información anterior elaborar registros mensuales y anuales de consumo de combustibles, de consumo de energía eléctrica y de producción de petróleo.

- Con los datos de registros mensuales y anuales y haciendo uso del Microsoft Excel elaborar:
 - Diagrama Energético – Productivo
 - Diagrama de Pareto
 - Gráficos de Control
 - Gráficos de Consumo y Producción en el Tiempo (E – P vs. T)
 - Diagramas de Dispersión y Correlación
 - Gráfico Meta
 - Diagramas de Consumo – Producción (E vs. P)
 - Diagrama Índice de Consumo – Producción (IC vs. P)
- Posteriormente realizar el análisis de cada uno de los diagramas y gráficos obtenidos, con lo cual se logra diagnosticar el consumo de energía del sistema de suministro eléctrico, caracterizar el portador energético electricidad y marcar ciertas pautas para conformar un Programa de Mejora para Gestión de la Energía Eléctrica, enmarcado en la norma ISO 50001

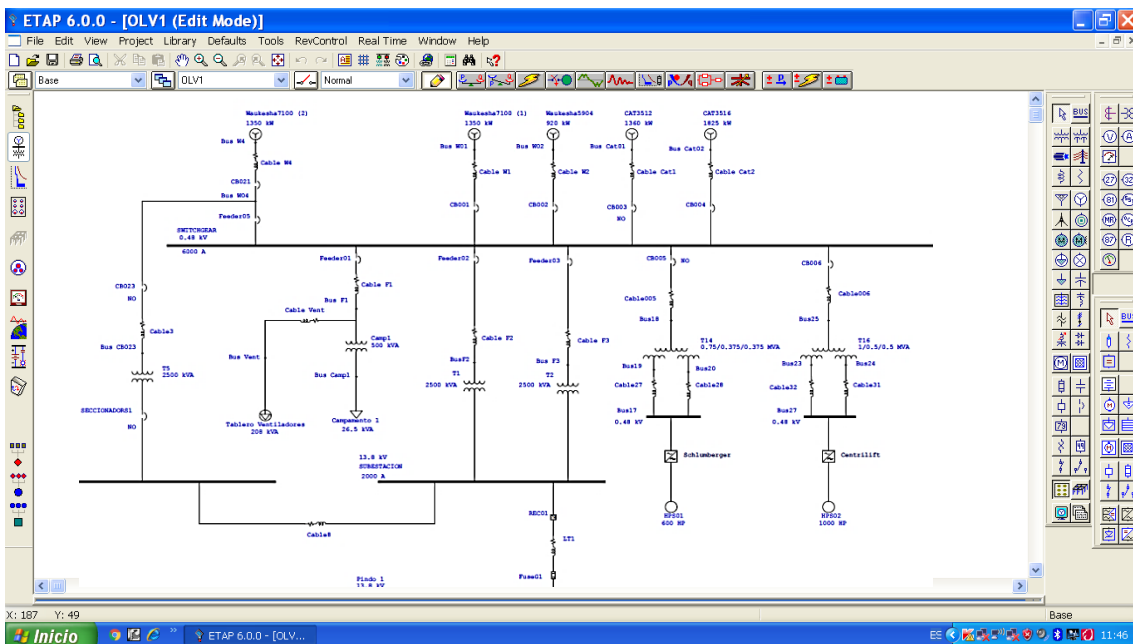
Técnica de Cálculos y Modelación Matemática.- Bassanezi y Bimbengut (1997); explican que es un proceso dinámico que ayuda a entender cierto problema, permiten una comprensión profunda de diversas situaciones, a través de la descripción del mundo real en términos matemáticos.

El principal instrumento utilizado en esta técnica son las ecuaciones, procesadas en la hoja de cálculo Excel.

Técnica Simulación.- Manifiesta que es llevar a efecto un funcionamiento de prueba del problema, llevando a cabo todo el proceso para observar el efecto de las variables sobre el

resultado final, es decir se establece un modelo de datos empíricos y se los pone a prueba en contacto con la realidad.

En esta investigación, se utilizó el software ETAP 6.0 (ElectricalPowerSystem Software), mismo que permitió simular la ejecución del plan de mejoramiento para poder realizar la comprobación de la hipótesis, dicho software es una herramienta completa de análisis para el diseño, simulación y operación de la generación, transmisión, distribución y sistemas de potencia industriales. En la figuraN° 2.5 se muestra una pantalla del software.



FiguraN°2.5 Pantalla del software ETAP 6.0
Fuente: Software ETAP 6.0

Esta herramienta dispone de una gran cantidad de módulos como son:

- Análisis de Redes, integra Sistemas en CA y CC.
- Monitoreo y simulación en tiempo real.
- Dispositivos de protección - Coordinación de los dispositivos / Selectividad.

- Pruebas automáticas de relays y simulador de transitorios.
- Tableros - ANSI e IEC
- Sistemas de Red de Tierras.
- Modelos Dinámicos definidos por el Usuario
- Análisis Térmico de Cables.
- Sistemas de Control.
- Intercambio de Datos.
- Mapas GIS.

El procedimiento que se siguió en este análisis es el siguiente:

- Levantamiento de información completa de todos los elementos constitutivos del sistema de suministro eléctrico del campo. Los datos a compilarse se fundamentaron en, datos de placa, manuales, hojas técnicas de especificaciones. Adicionalmente se mantuvo reuniones con representantes del área de Mantenimiento, Operaciones y Proyectos, con la finalidad de obtener información faltante y solicitar aclaraciones adicionales respecto a la operación del sistema.
- Modelado y simulación del sistema de suministro eléctrico bajo el software ETAP. Para el desarrollo de esta sección fue necesario utilizar como insumo principal la información recopilada y verificada en campo durante el levantamiento. Bajo este esquema, los equipos que semodelaron fueron los siguientes:
 Generadores: Se ingresaron datos de placa: voltaje, corriente, potencia aparente, potencia activa, factor de potencia, tipo de conexión, reactancias transitorias, reactancias subtransitorias, tiempos, inercias y toda la información necesaria. Switchgears y Motor Control Centers: Se incluyeron los datos de: voltaje nominal, corriente nominal, capacidad de cortocircuito, para las barras principales que conforman el sistema.
 Equipo de maniobra: Los disyuntores, interruptores de bajo voltaje, breakerstermomagnéticos, fijos o desenchufables, seccionadores, fusibles, etc, se modelaron en ETAP de acuerdo con la norma que rige su operación, a partir de lo cual

se ingresaron datos de: corriente nominal, corriente de cortocircuito, tiempos de apertura y/o cierre, etc. Es importante señalar que la librería de ETAP posee una gran cantidad de fabricantes de circuitbreakers y por lo tanto se tomaron los parámetros de la misma previa verificación de los valores tomados de campo.

Transformadores: Se ingresaron los datos de placa: voltajes primario-secundario, corrientes primario-secundario, tipo de conexión, posición del tap, potencia aparente; impedancias, reactancias, clase y tipo de refrigeración, entre otros.

Alimentadores aéreos: Se modelaron a partir de la disposición geométrica de los conductores en la estructura, incluyendo el ingreso de la distancia de los alimentadores y el tipo de conductor utilizado. Debe mencionarse que las características técnicas y parámetros específicos de los cables: resistencia AC, resistencia DC, reactancia inductiva, reactancia capacitiva, radio mediogeométrico, fueron tomados de la librería de ETAP, la misma que goza de una amplia gama de fabricantes de cables aéreos, previa verificación con los cables instalados en campo.

VSD: Se ingresaron los datos de potencia nominal y nivel de voltaje de los variadores de velocidad existentes en las líneas de producción.

Cargas: Se modelaron las cargas principales como: pozos de producción, motores de potencia considerable (motores de inducción).

Como una parte fundamental del estudio se realizó las simulaciones en eETAP para dos escenarios de estudio, en cada escenario se partió del caso base, el cual considera la operación normal del sistema y uno de mantenimiento. Mediante el escenario base de operación normal del sistema se comprobó las mediciones realizadas en campo y se recomendó soluciones para mejorar el sistema en caso de los niveles de distorsión armónica que se encuentran fuera de los límites establecidos por las normas. El módulo de Análisis Armónico ETAP proporciona la mejor herramienta para modelar con precisión diversos componentes y dispositivos del sistema de potencia, incluir su dependencia de frecuencia, no linealidad, y otras características en virtud de la presencia de fuentes de armónicos. Este módulo utiliza dos métodos de análisis, el método de flujo de carga armónicos y armónicos de frecuencia y método de escaneo. Mediante el uso de estos dos métodos en

combinación, se calculó diferentes índices de armónicos y se comparó con las limitaciones estándar industriales. Las causas de estos problemas pudieron ser identificados y se pudo probar diferentes esquemas de mitigación y correctivos. Mediante el estudio de armónicos se realizó un análisis de los parámetros eléctricos que influyen en la calidad de energía del Sistema de Suministro Eléctrico, tomando como referencia las regulaciones establecidas por el ARCONEL (CONELEC) y normas internacionales para este tipo de perturbaciones IEEE 519.

Las Técnicas e Instrumentos utilizados en la investigación se resumen en el anexo 5

Para el diseño de la propuesta, el basamento metodológico fundamental fue el descrito por la NORMA ISO 50001, misma que halla su sustento en el marco de mejora continua Planificar, Hacer, Verificar y Actuar, incorporando la gestión de la energía en las prácticas cotidianas de cualquier organización.

2.2 Conclusiones del Capítulo

El diseño metodológico, permite puntualizar con exactitud los aspectos a evaluar, y sobre todo direcciona el cómo hacerlo.

Los instrumentos para las mediciones, deben demostrar condiciones óptimas, para asegurar la confiabilidad de cada una de las tomas.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se presenta en primera instancia los resultados de la caracterización energética del bloque, mediante el uso de las herramientas de la gestión total eficiente de la energía para el análisis de la información energética histórica del bloque correspondiente al período 2014-2015 (ver anexos 6, 7 y 8), el cual se considera adecuado al uso y consumo de energía de la organización, posteriormente se muestran los resultados de las mediciones de parámetros en los nodos principales del sistema de suministro eléctrico, se evalúa el comportamiento de las variables de potencia y de calidad de la energía eléctrica. Todo esto forma parte del proceso de Planificación Energética y en particular está relacionado a la revisión energética, establecimiento de línea(s) de base energética e indicadores de desempeño energético sugeridos en la norma ISO 50001.

3.1 Caracterización energética del bloque

Mediante la caracterización energética se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo que permitió evaluar el uso eficiente de los portadores energéticos primarios y secundarios.

3.1.1 Aplicación de las Herramientas de la Gestión Total Eficiente de la Energía a las Informaciones Energéticas Históricas

La aplicación de estas herramientas permitió analizar el uso, las tendencias y patrones del consumo de energía y de sus variables de influencia, el establecimiento de la línea de base energética y la identificación de indicadores de desempeño energético (IDEn). En primera instancia se presenta el flujograma energético productivo del proceso de extracción de petróleo, se presentan las gráficas resultantes del análisis estadístico de los datos energéticos históricos de los grupos electrógenos que constituyen las fuentes generadoras

del portador energético electricidad, posteriormente se aplican estos mismos criterios de análisis al uso y consumo global de la energía eléctrica relacionadas con la producción de petróleo.

Flujograma energético-productivo del proceso de extracción de petróleo.

En la figura N°3.1 se presenta el flujograma energético productivo del proceso de extracción de petróleo correspondiente al bloque 65, operado por el Consorcio PetrosudPetroriva, donde se identificó las fuentes de energía (portadores energéticos) utilizados; se evidencian como aspectos relevantes, la relación entre las diferentes etapas del proceso, el punto de consumo del portador energético primario que es el diésel utilizado para la operación de los grupos electrógenos Caterpillar, el aprovechamiento de un efluente energético primario, asociado a la producción del petróleo, que es el gas natural utilizado para la operación de los grupos electrógenos Waukesha, la producción e identificación del uso significativo del portador energético secundario que es la electricidad, que recae en los proceso de levantamiento artificial de petróleo mediante los sistemas de bombeo electro-sumergible (BES) y sistema de bombas horizontales de reinyección. En cada etapa, mostrada en el flujograma, se expresaron las magnitudes de la energía consumida en porcentaje con respecto al consumo total de cada tipo.

Borroto (2006), el diagrama energético – productivo facilita el establecimiento de indicadores de control por áreas, procesos y equipos mayores consumidores.

Adicionalmente se identifica la oportunidad de aprovechar otro efluente energético como son los gases de escape de los grupos electrógenos que podrían ser parte de un proceso de cogeneración.

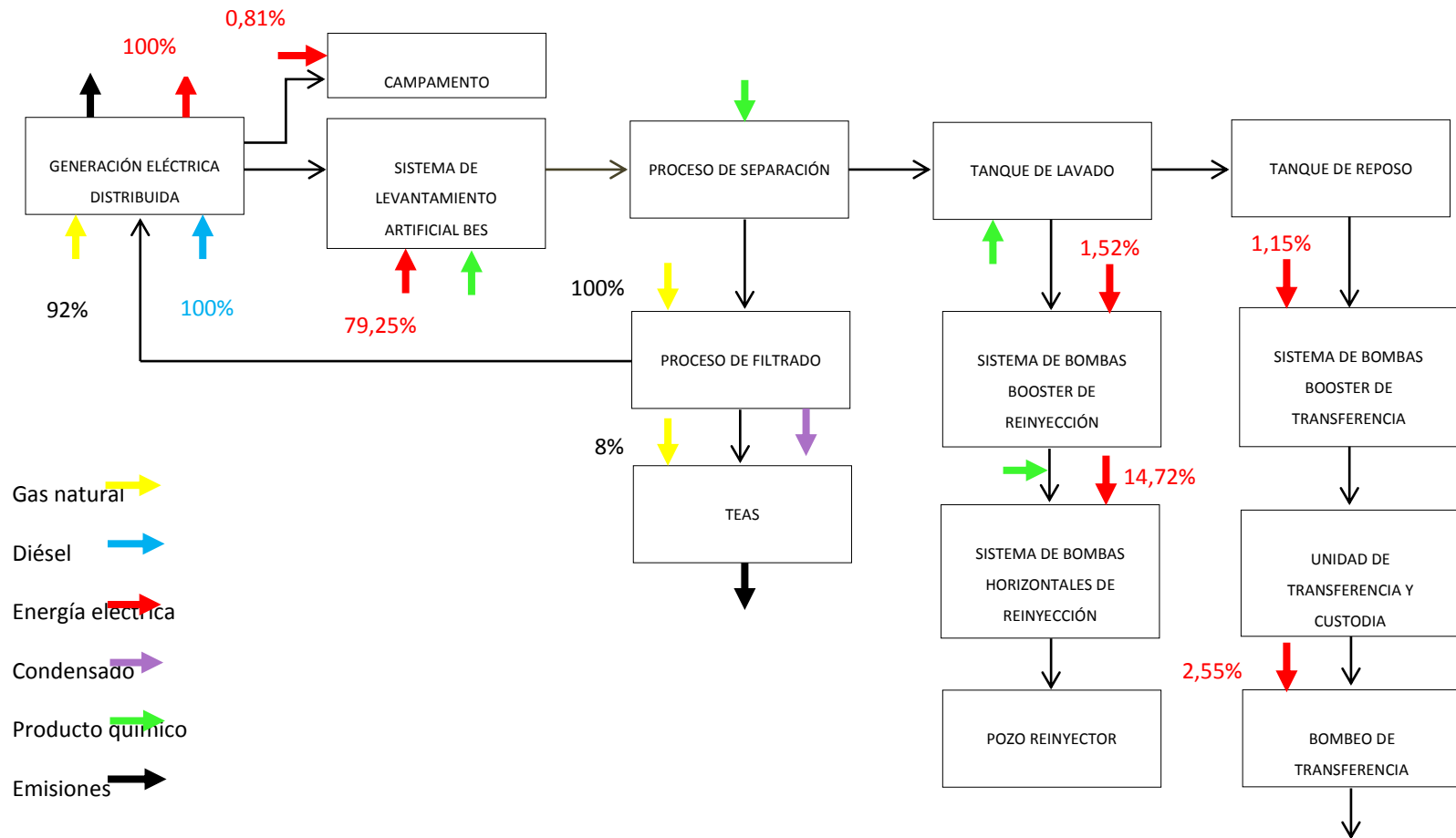


Figura N°3.1 Flujograma energético-productivo del proceso de extracción de petróleo

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Gráficos de control del Grupo Electrógeno Waukesha VHP7100 (01)

En la figura N°3.2 se presenta el gráfico de control del consumo de gas natural del grupo electrógeno Waukesha VHP7100 (01) el cual muestra que no existe anomalía, pues todos los consumos durante este período se encuentran dentro los límites establecidos. Esta herramienta permitió establecer la línea de base energética particular para este equipo, de tal forma que los cambios en el desempeño energético deben medirse en relación a la misma. En el caso que se realicen cambios importantes, como futuras reparaciones mayores o cambios de patrones de operación, se debe obtener una nueva línea de base energética que sea representativa bajo estas nuevas condiciones. Por otro lado se debe tener presente que el consumo como tal puede considerarse como un IDEn.

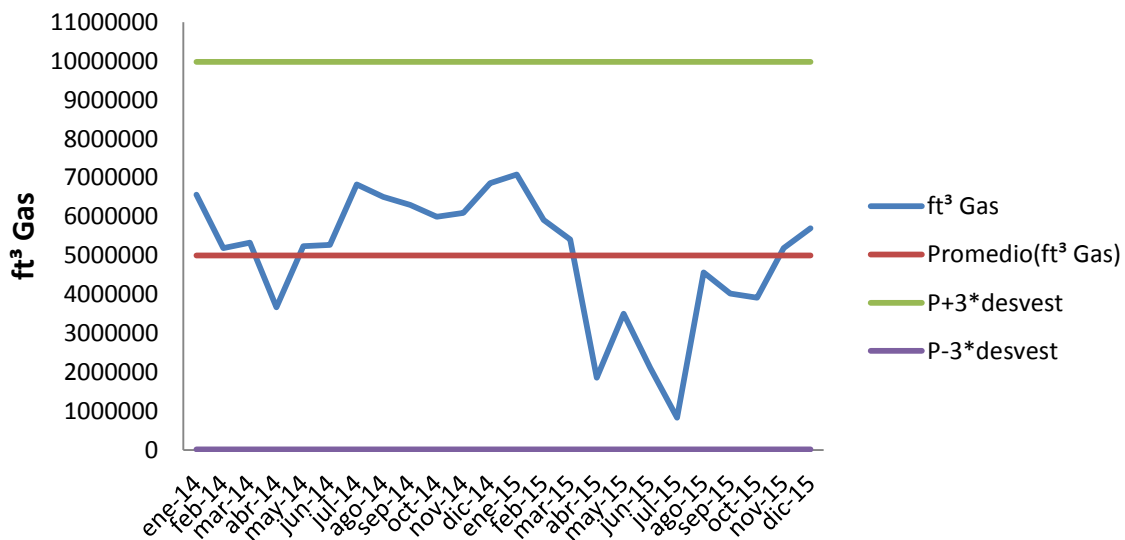


Figura N°3.2 Gráfico de control del consumo de gas natural de GE Waukesha VHP7100 (01)
Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

En la figura N° 3.3 se muestra el gráfico de control del índice de consumo de gas del grupo electrógeno Waukesha VHP7100 (01), todos los valores se encuentran dentro los límites superior e inferior y de manera similar al análisis de la gráfica anterior esta es la tendencia que se considera “normal” cuando la variable se encuentra bajo control. Este análisis

resulta importante pues el índice de consumo constituye un IDEn típico que permite evaluar el desempeño energético; adicionalmente esta herramienta también permitió establecer una línea de base energética.

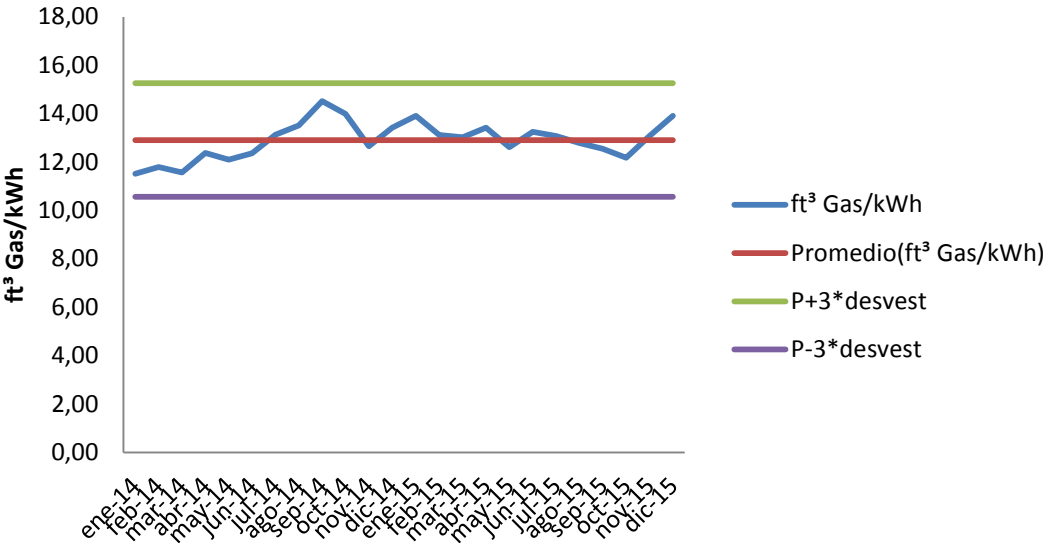


Figura N°3.3 Gráfico de control del índice de consumo de gas natural de GE Waukesha VHP7100 (01)
Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Gráfico de Consumo y Producción en el Tiempo (EP Vs. T) del Grupo Electrónico Waukesha VHP7100 (01)

En la figura N° 3.4 se muestra la variación simultánea del consumo de gas y la producción de energía eléctrica en el tiempo, aquí se presenta un comportamiento normal cuando un incremento en la producción provoca un incremento del consumo y viceversa, sin embargo esto no se verificó en los períodos comprendidos entre mayo 2014 a junio 2014 donde, mientras el consumo de gas subió en un 0,62% la producción de energía eléctrica bajó en un 1,6%; algo similar se verifica en septiembre 2015 a octubre 2015 donde, mientras el consumo de gas bajó en un 2,71% la producción de energía eléctrica subió en un 0,19%; analizando las causas que pudieron provocar estas condiciones anómalas se determinó que

durante estos períodos se realizaron actividades de mantenimiento que pudieron alterar el comportamiento normal. Adicionalmente se verificó que las tendencias de variación de la producción (generación de energía eléctrica), con las tendencias de variación del consumo de gas en cada período se pueden considerar normales. Esta herramienta es importante porque permite analizar las tendencias y patrones del consumo y de sus variables de influencia.

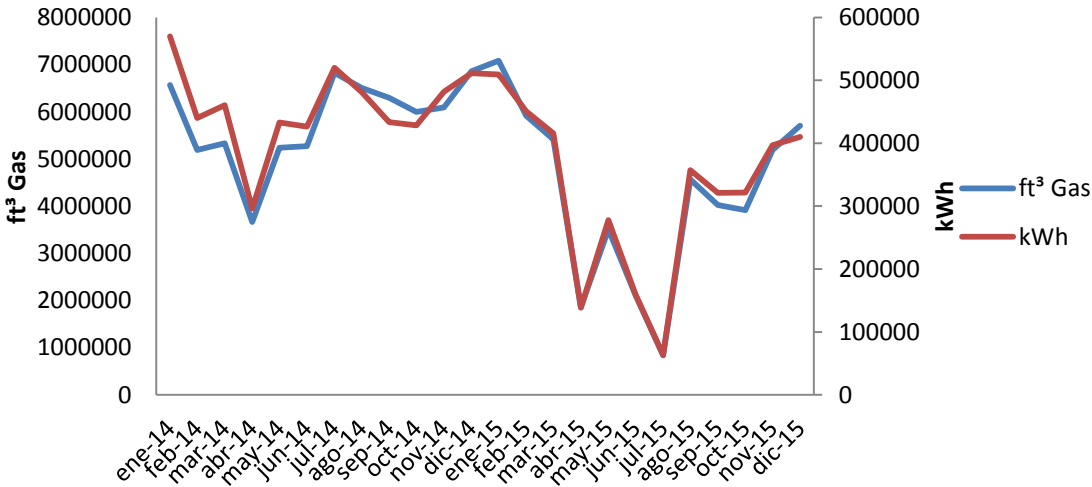
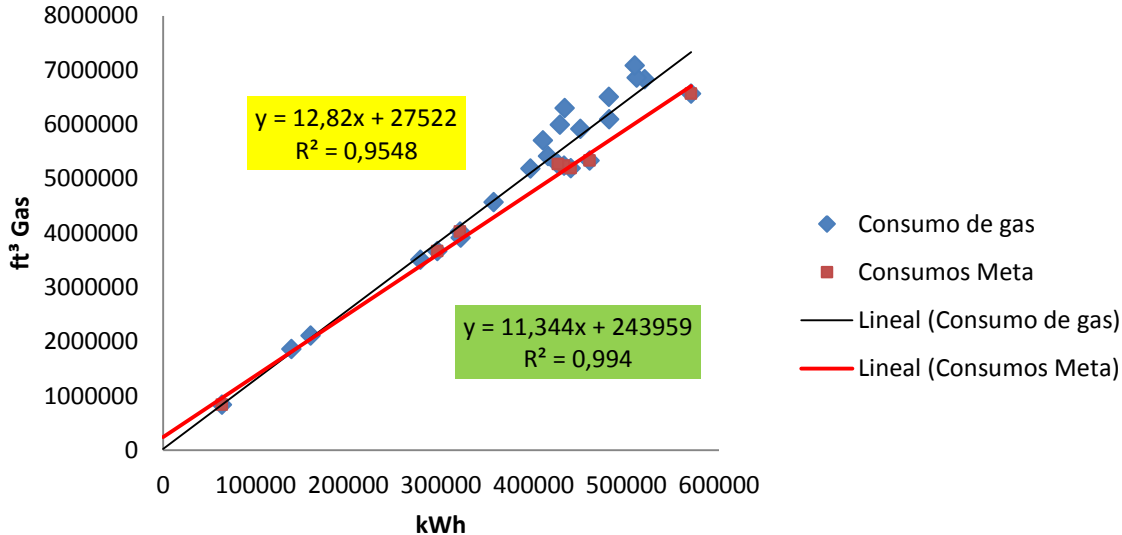


Figura N° 3.4 Diagrama de Consumo y Producción en el Tiempo del Grupo Electrónico Waukesha VHP7100 (01)
Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Diagrama de Consumo – Producción del Grupo Electrónico Waukesha VHP7100 (01)

Mediante el diagrama de la figura N° 3.5 se determinó en qué medida la variación de los consumos de gas se debe a variaciones en la producción de energía eléctrica, es decir se verificó que el factor o coeficiente de determinación de la correlación R^2 es igual o mayor que 0,75 ($R^2 \geq 0,75$) lo cual confirma la correlación entre los parámetros de consumo y producción y además permitió validar el consumo de gas como IDEn, por lo tanto podemos utilizar esta ecuación para predecir de manera aproximada cuál será el consumo de gas para

una producción determinada de energía eléctrica. El valor de 27522 de la ecuación corresponde al consumo de gas no asociado a la producción de energía eléctrica, el mismo que representa el 0,55% del consumo de gas promedio lo cual es un buen indicativo de eficiencia energética. Adicionalmente se presenta el gráfico meta, obtenido a partir de los consumos que se encuentran debajo de la línea de tendencia, cuyo objetivo es mostrar que en algún momento el grupo electrógeno tuvo bajos consumos de gas para buenos niveles de producción de energía eléctrica, en este caso la correlación es de 0,994 superior a la de la línea de tendencia lo cual no deja dudas de la correspondencia entre las variables, sin embargo el porcentaje de consumo de gas no asociado a la producción es de 4,9% el cual está más apegado a la realidad y es un indicativo que el grupo presenta pérdidas que pueden considerarse como inevitables. El análisis anterior permite determinar oportunidades de ahorro al establecer medidas que permitan a las variables consumo y producción, seguir comportándose según la nueva ecuación de tendencia.



FiguraN°3.5Diagrama de Consumo de Gas Natural vs. kWhdel Grupo Electrónico Waukesha VHP7100 (01)
Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Diagrama Índice de Consumo – Producción del Grupo Electrógeno Waukesha VHP7100 (01)

En la figura N° 3.6 se puede observar que para el grupo Waukesha VHP7100 (01) su índice de consumo varía entre 11,516 y 14,522 ft³/kWh, el punto crítico se acerca a los 150000 kWh, mientras que la producción (generación de energía eléctrica) promedio mensual es de 387626 kWh, es decir este equipo funciona sobre el punto crítico. Producciones por sobre el punto crítico resultan eficientes y reducen el índice de consumo, pues disminuye el peso relativo de la energía no asociada a la producción en el consumo real. Los valores de índice de consumo (IC) por debajo de la curva indican una operación eficiente del grupo electrógeno; en el caso contrario existe un potencial de disminución del índice de consumo igual a la diferencia entre el IC real (sobre la curva) y el IC teórico (en la curva) para igual producción; en el caso particular del grupo electrógeno analizado la causa de los IC sobre la curva se deben a condiciones desfavorables del régimen de carga y calidad del combustible. Aquí también se verificó que el factor o coeficiente de determinación de la correlación R² es igual o mayor que 0,75 (R² ≥ 0,75) lo cual confirma la correlación entre las variables y además permitió validar el índice de consumo como IDEn.

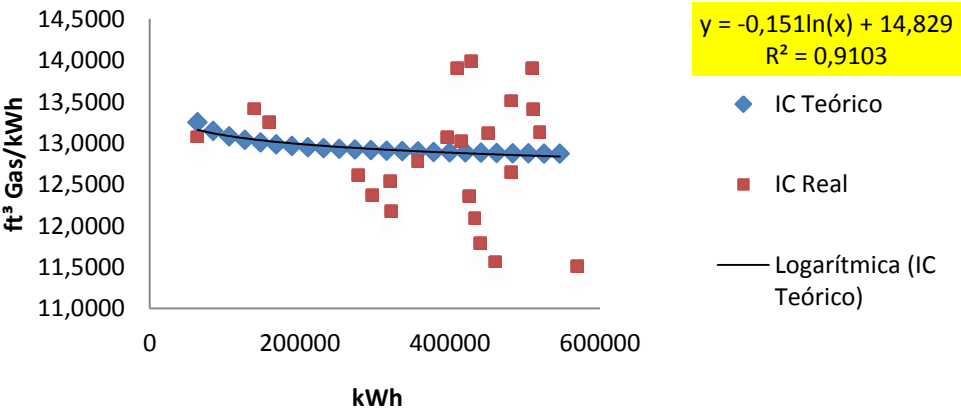


Figura N° 3.6 Diagrama Índice de Consumo – kWh del Grupo Electrógeno Waukesha VHP7100 (01)
Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Gráfico de Tendencia o de Sumas Acumulativas (CUSUM) del Grupo Electrónico Waukesha VHP7100 (01)

En la figura N°3.7 se muestra la tendencia del consumo de gas durante todos los meses del año 2015 respecto del año 2014, con un mismo nivel de producción y se observa que el consumo de gas durante los tres primeros meses se incrementó debido a la condición mecánica del motor, pero a partir del mes de marzo hasta el mes de octubre se tiene un descenso muy notorio en el consumo, producto del mantenimiento planificado del grupo y finalmente en los meses de noviembre y diciembre nuevamente se incrementó, por falla en las válvulas del cabezote 6R.

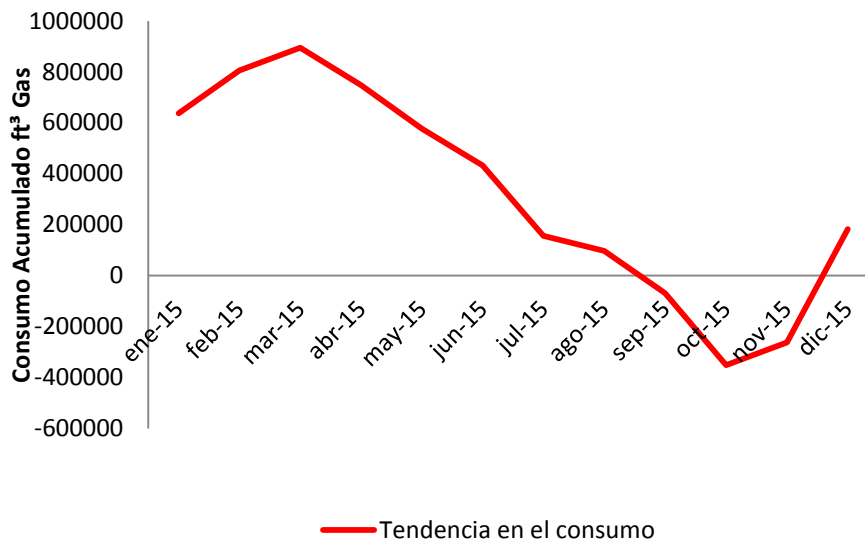


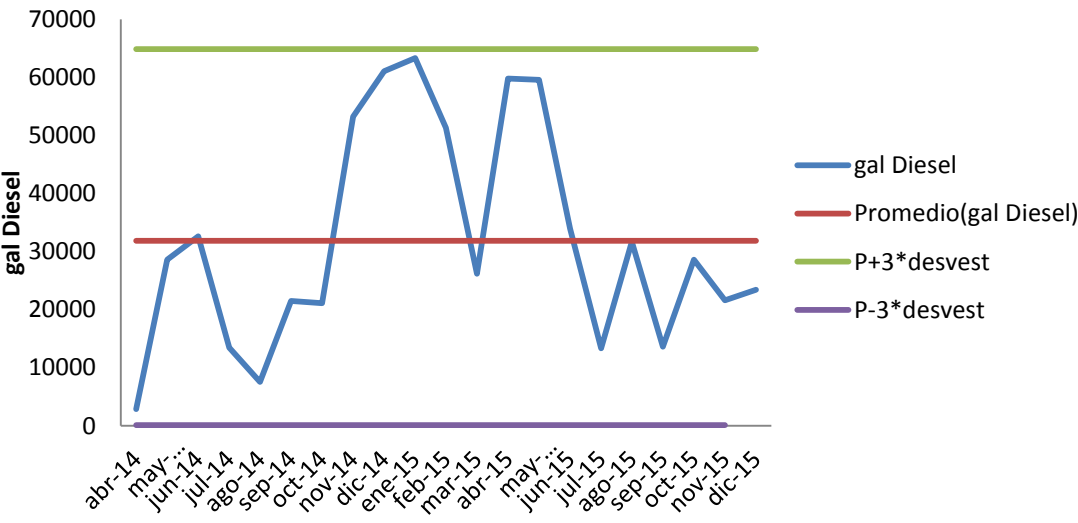
Figura N°3.7 Gráfico de Tendencia del Consumo de Gas Año 2015, Período Base Año 2014

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Gráficos de control del Grupo Electrónico Caterpillar 3516

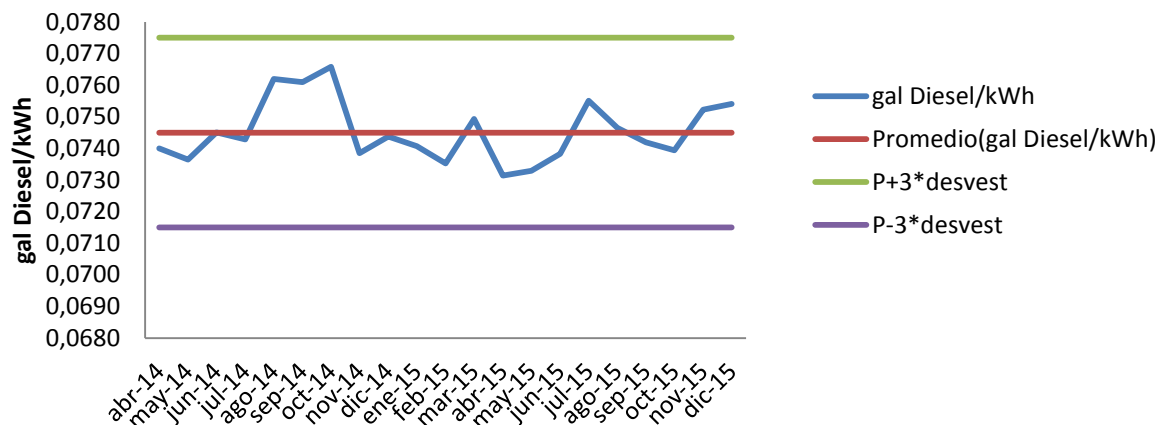
En la figura N° 3.8 se presenta el gráfico de control del consumo de diésel del grupo electrónico Caterpillar el cual muestra que no existe anomalía, pues todos los consumos durante este período se encuentran dentro los límites establecidos. Esta herramienta permitió

establecer la línea de base energética particular para este equipo, de tal forma que los cambios en el desempeño energético deben medirse en relación a la misma. En el caso que se realicen cambios importantes, como futuras reparaciones mayores o cambios de patrones de operación, se debe obtener una nueva línea de base energética que sea representativa bajo estas nuevas condiciones. Por otro lado se debe tener presente que el consumo como tal puede considerarse como un IDEn.



FiguraN°3.8Gráfico de control del consumo de diésel del GE Caterpillar 3516
Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

En la figuraN° 3.9 se muestra el gráfico de control del índice de consumo de diésel del grupo electrógeno Caterpillar 3516, todos los valores se encienden dentro los límites superior e inferior y de manera similar al análisis de la gráfica anterior esta es la tendencia que se considera “normal” cuando la variable se encuentra bajo control. Este análisis resulta importante pues el índice de consumo constituye un IDEn típico que permitió evaluar el desempeño energético; adicionalmente esta herramienta también permitió establecer una línea de base energética.



FiguraN°3.9Gráfico de control del índice de consumo de diésel del GE Caterpillar 3516

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Gráfico de Consumo y Producción en el Tiempo (EP Vs. T) del Grupo Electrónico Caterpillar 3516

En la figuraN°3.10 se muestra la variación simultánea del consumo de diésel y la producción de energía eléctrica en el tiempo, aquí se presenta un comportamiento normal pues un incremento en la producción provoca un incremento del consumo y viceversa, Adicionalmente se verificó que las tendencias de variación de la producción (generación de energía eléctrica), con las tendencias de variación del consumo de gas en cada período se pueden considerar normales. Esta herramienta es importante porque permitió analizar las tendencias y patrones del consumo y de sus variables de influencia.

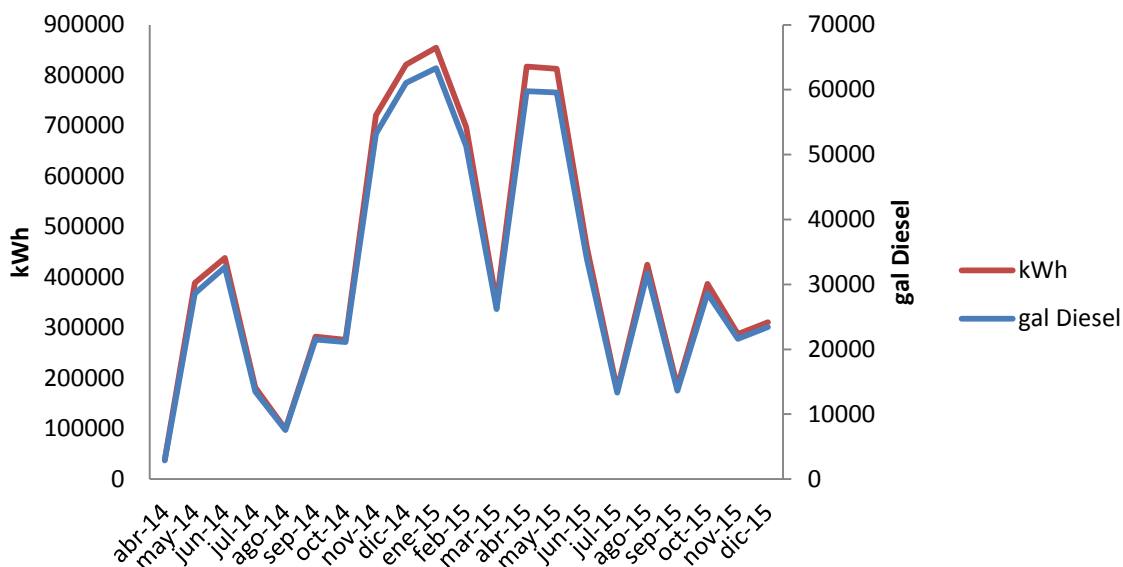
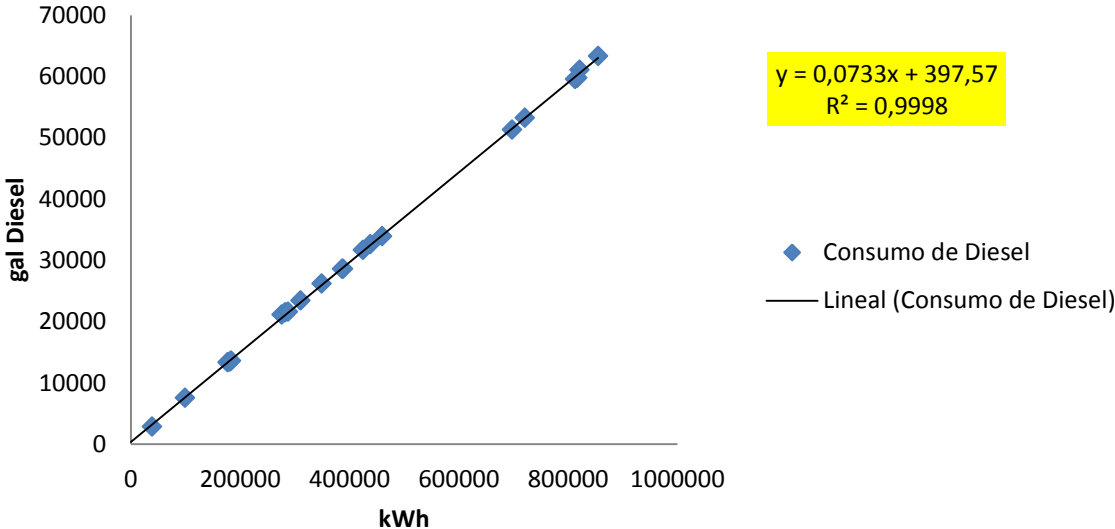


Figura N°3.10 Diagrama de Consumo y Producción en el Tiempo del Grupo Electrónico Caterpillar 3516
Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Diagrama de Consumo – Producción del Grupo Electrónico Caterpillar 3516

Mediante el diagrama de la figura N° 3.11 se determinó en qué medida la variación de los consumos de diésel se debe a variaciones en la producción de energía eléctrica, es decir se verificó que el factor o coeficiente de determinación de la correlación R^2 es igual o mayor que 0,75 ($R^2 \geq 0,75$) lo cual confirma la correlación entre los parámetros de consumo y producción y además permitió validar el consumo de diésel como IDEn, el valor de $R^2 = 0,9998$ se considera muy bueno, se concluye por tanto que la ecuación obtenida describe de manera adecuada el comportamiento de las dos variables, por lo tanto podemos utilizar esta ecuación para predecir de manera muy aproximada cuál será el consumo de diésel para una

producción determinada de energía eléctrica. El valor de 397,57 de la ecuación corresponde al consumo de diésel no asociado a la producción de energía eléctrica, el mismo que representa el 1,25% del consumo de diésel promedio y que se puede considerar despreciable evidenciando eficiencia energética. En este caso no es necesario trazar el gráfico meta, pues no existen consumos que se encuentren debajo de la línea de tendencia.



FiguraN°3.11 Diagrama de Consumo de Diésel vs. kWh del Grupo Electrónico Caterpillar 3516

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Diagrama Índice de Consumo – Producción del Grupo Electrónico Caterpillar 3516

En la figuraN°3.12 se puede observar que para el grupo Caterpillar 3516 su índice de consumo varía entre 0,073 y 0,077 gal/kWh, el punto crítico se acerca a los 700000 kWh, mientras que la producción (generación de energía eléctrica) promedio mensual es de 428897 kWh, es decir este equipo funciona bajo el punto crítico. Producciones por debajo del punto crítico resultan ineficientes e incrementan el índice de consumo, pues se aumenta el peso relativo de la energía no asociada a la producción en el consumo real. Los valores de índice de consumo (IC) por debajo de la curva indican una operación eficiente del grupo

electrógeno; en el caso contrario existe un potencial de disminución del índice de consumo igual a la diferencia entre el IC real (sobre la curva) y el IC teórico (en la curva) para igual producción; en el caso particular del grupo electrógeno analizado la causa de los IC sobre la curva se deben a condiciones desfavorables del régimen de carga, condición mecánica del motor diésel y calidad del combustible. Aquí también se verificó que el factor o coeficiente de determinación de la correlación R^2 es igual o mayor que 0,75 ($R^2 \geq 0,75$) lo cual confirma la correlación entre las variables y además permitió validar el índice de consumo como IDEn.

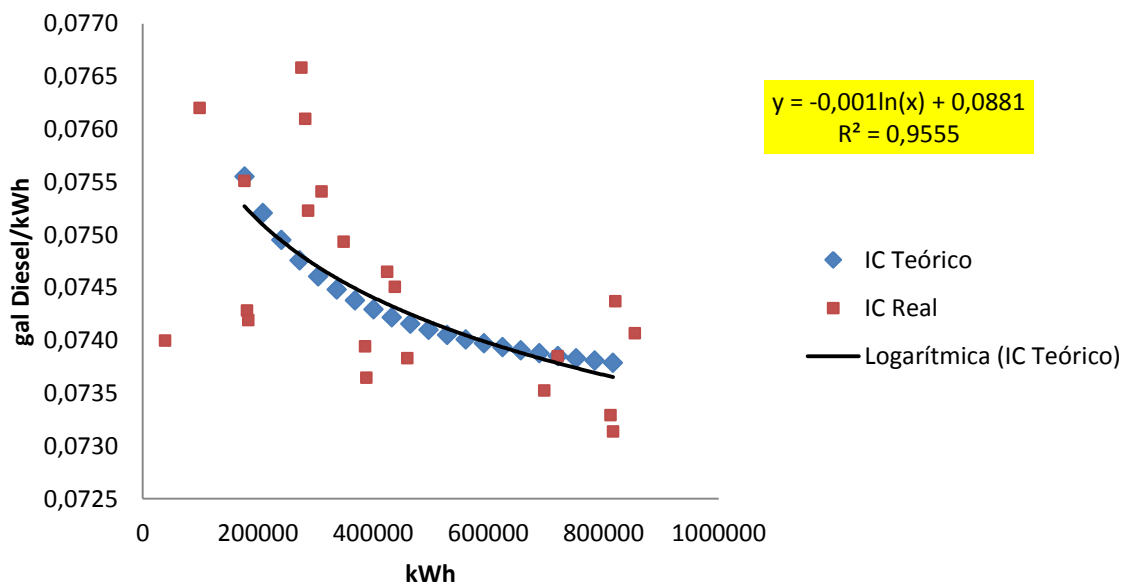


Figura N°3.12 Diagrama Índice de Consumo – kWh del Grupo Electrónico Caterpillar 3516
Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Gráfico de Tendencia o de Sumas Acumulativas (CUSUM) del Grupo Electrónico Caterpillar 3516

En la figura N°3.13 se muestra la tendencia del consumo de diésel durante todos los meses del año 2015 respecto del año 2014, con un mismo nivel de producción y se observa que el consumo de diésel durante los dos primeros meses se redujo producto del régimen de

operación del grupo electrógeno, posteriormente en el mes de marzo se incrementa de manera súbita por problemas en el sistema de inyección de combustible del motor ya partir del mes de marzo se tiene un descenso muy notorio hasta el mes de junio producto de la calibración realizada del sistema de inyección, las tendencias a incrementar en los períodos de julio-agosto y octubre-diciembre fueron ocasionadas por fallas en el sistema de refrigeración del motor; durante el período agosto-octubre el consumo bajó producto del régimen de operación del grupo electrógeno.

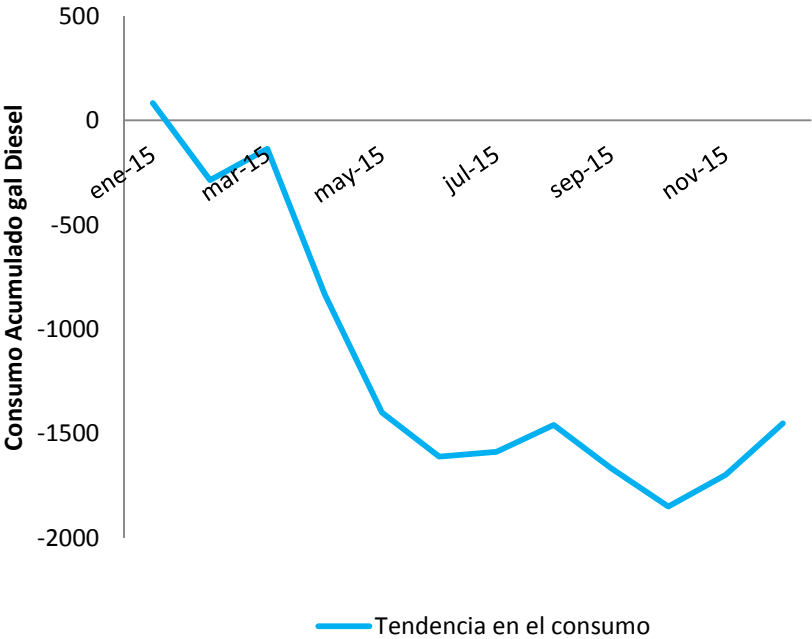
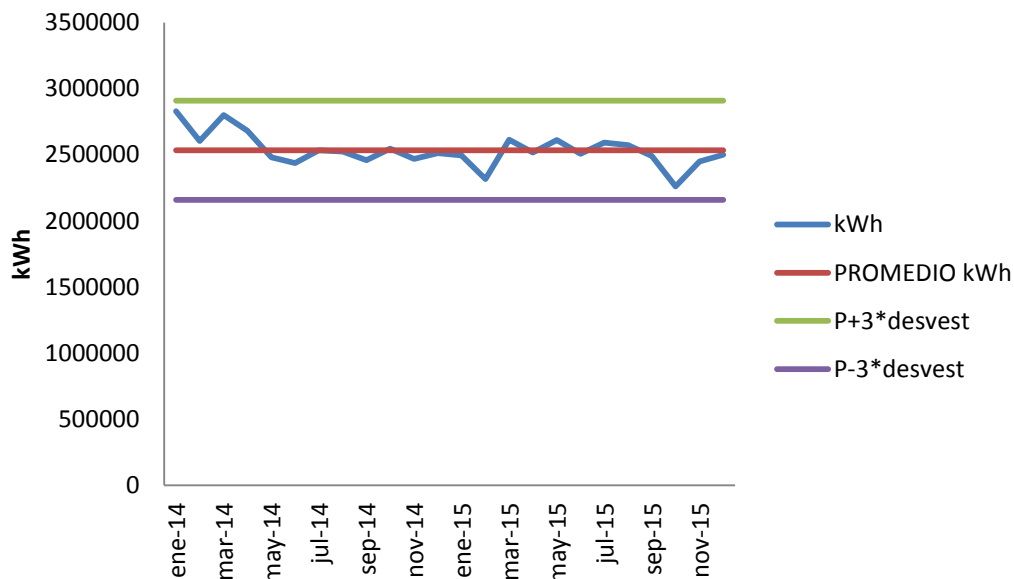


Figura N°3.13 Gráfico de Tendencia del Consumo de Gas Año 2015, Período Base Año 2014
Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Gráficos de control de los consumos globales de energía eléctrica

En la figuraN°3.14 se presenta el gráfico de control de los consumos globales de energía eléctrica el cual muestra que no existe anomalía, pues todos los consumos durante este período se encuentran dentro los límites establecidos. Esta herramienta permitió establecer la línea de base energética para este proceso, de tal forma que los cambios en el desempeño energético deben medirse en relación a la misma, con el fin de cuantificar y verificar cuál es el ahorro de energía resultante de las medidas de mejora de eficiencia energética (MMEE). En el caso que se realicen cambios importantes, como cambios significativos en los equipos, patrones de operación, se debe obtener una nueva línea de base energética que sea representativa bajo estas nuevas condiciones. Por otro lado se debe tener presente que el consumo como tal puede considerarse como un IDEn.



FiguraN°3.14 Gráfico de control de los consumos globales de energía eléctrica
Elaborado por: Edgar Fabián Cevallos Tapia

En la figura N° 3.15 se muestra el gráfico de control del índice de consumo de energía eléctrica, todos los valores se encuentran dentro de los límites superior e inferior y de manera similar al análisis de la gráfica anterior esta es la tendencia que se considera “normal” cuando la variable se encuentra bajo control. Este análisis resulta importante pues el índice de consumo constituye un IDEn típico que permitió evaluar el desempeño energético; adicionalmente esta herramienta también permitió establecer una línea de base energética. Otro aspecto relevante del IDEn es que permite realizar comparaciones entre diferentes centros de consumo con características similares, lo que proporciona el escenario para la realización del *benchmarking*.

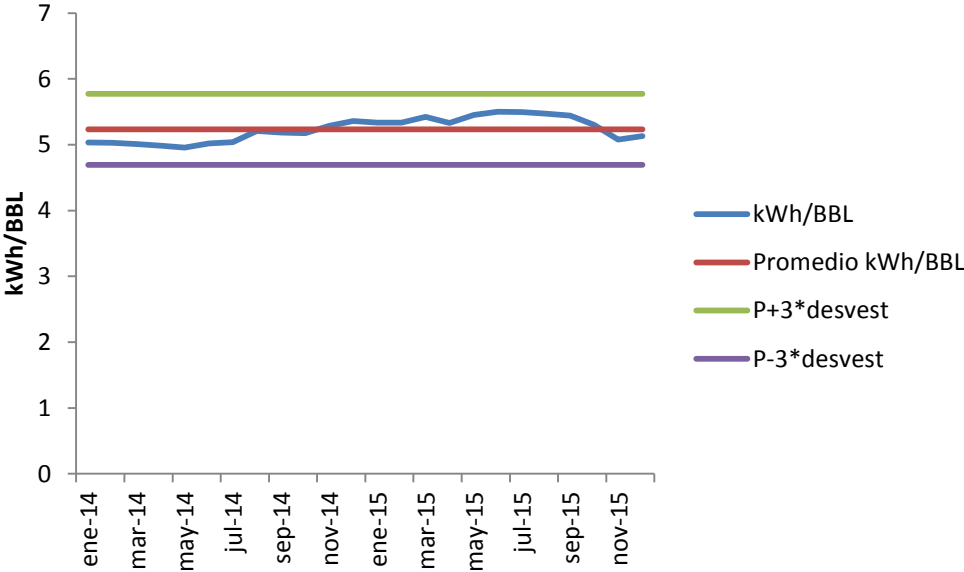
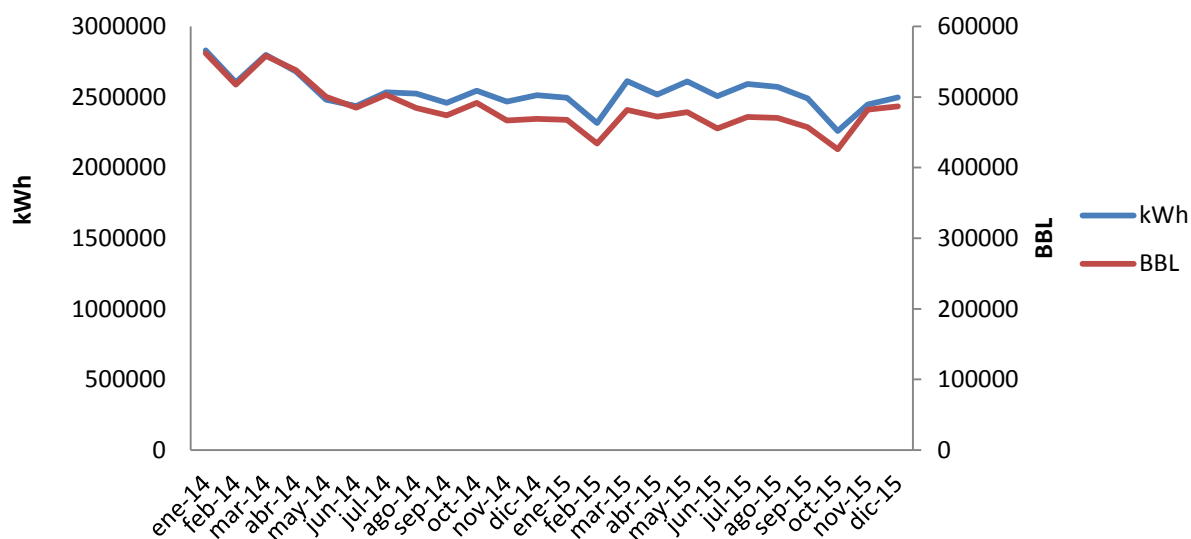


Figura N° 3.15 Gráfico de control del índice de consumo de energía eléctrica
Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Gráfico de Consumo y Producción Globales en el Tiempo (EP Vs. T)

En la figura N° 3.16 se muestra la variación simultánea del consumo de energía eléctrica y la producción de petróleo en el tiempo, aquí se presenta un comportamiento normal

cuando un incremento en la producción provoca un incremento del consumo y viceversa. Adicionalmente se verificó que las tendencias de variación de la producción, con las tendencias de variación del consumo de gas en cada período se pueden considerar normales. Esta herramienta es importante porque permite analizar las tendencias y patrones del consumo y de sus variables de influencia.

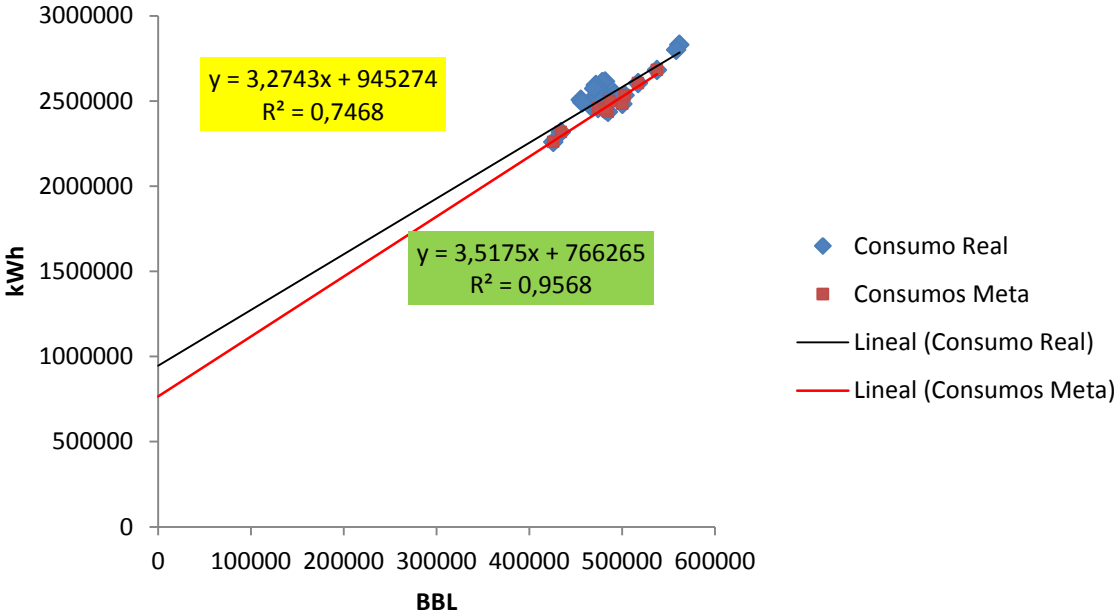


FiguraN°3.16Diagrama de Consumo y Producción en el Tiempo Globales
Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Diagrama de Consumo – Producción Globales

Mediante el diagrama de la figuraN° 3.17 se determinó en qué medida la variación de los consumos de energía eléctrica se debe a variaciones en la producción de petróleo, es decir se verificó que el factor o coeficiente de determinación de la correlación R^2 es igual o mayor que 0,75 ($R^2 \geq 0,75$) lo cual confirma la correlación entre los parámetros de consumo y producción y además permitió validar el consumo de energía eléctrica y el índice de consumo como IDEn, por lo tanto podemos utilizar esta ecuación para predecir de manera aproximada cuál será el consumo de energía eléctrica para una producción determinada de

petróleo. El valor de 945274 de la ecuación corresponde al consumo de energía eléctrica no asociado a la producción de petróleo, el mismo que representa el 37,32% del consumo de energía eléctrica promedio lo cual es un indicativo de baja eficiencia energética. Adicionalmente se presenta el gráfico meta, obtenido a partir de los consumos que se encuentran debajo de la línea de tendencia, cuyo objetivo es mostrar que en algún momento se tuvo bajos consumos de energía eléctrica para buenos niveles de producción de petróleo, en este caso la correlación es de 0,9568 superior a la de la línea de tendencia lo cual no deja dudas de la correspondencia entre las variables, adicionalmente el porcentaje de consumo de energía eléctrica no asociada a la producción es de 30,25% el cual todavía es muy elevado y es un indicativo que el proceso presenta baja eficiencia energética que al final bajo la óptica de la norma ISO 50001 puede considerarse como oportunidad de mejora, al establecer medidas que permitan a las variables consumo y producción al menos comportarse según la nueva ecuación de tendencia.

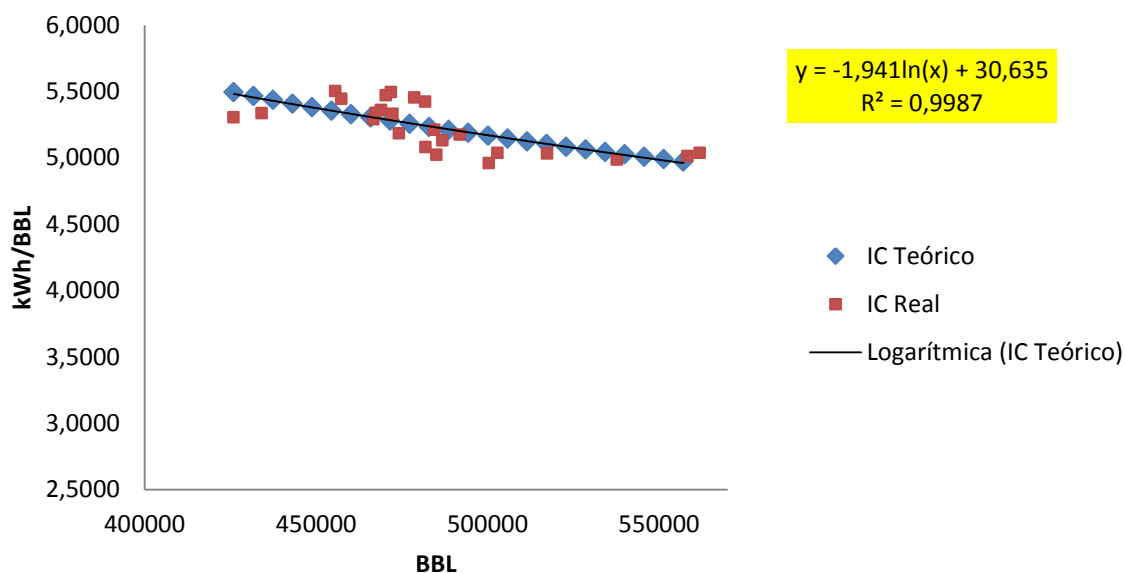


FiguraN°3.17 Diagrama de Consumo de Energía Eléctrica vs. Producción Global

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Diagrama Índice de Consumo – Producción Global

En la figura N°3.18 se observa que el índice de consumo varía entre 4,96 y 5,50kWh/BBL, no se aprecia el punto crítico, considerando la producción de petróleo promedio mensual de 484805,02 BBL, se concluye que para todas las producciones registradas este proceso se desarrolla sobre el punto crítico. Producciones por sobre el punto crítico resultan eficientes y reducen el índice de consumo, pues disminuye el peso relativo de la energía no asociada a la producción en el consumo real. Los valores de índice de consumo (IC) por debajo de la curva indican eficiencia del proceso; en el caso contrario existe un potencial de disminución del índice de consumo igual a la diferencia entre el IC real (sobre la curva) y el IC teórico (en la curva) para igual producción; en el caso particular del proceso de producción de petróleo, la causa de los IC sobre la curva se deben a condiciones desfavorables, tales como el incremento de contenido de agua de formación en el crudo y otros tales como interrupciones y eficiencia de equipos BES. Aquí también se verificó que el factor o coeficiente de determinación de la correlación R^2 es igual o mayor que 0,75 ($R^2 \geq 0,75$) lo cual confirma la correlación entre las variables y además permitió validar el índice de consumo como IDEn.



FiguraN°3.18 Diagrama Índice de Consumo – Producción Global

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Gráfico de Tendencia o de Sumas Acumulativas (CUSUM) Global

En la figura N°3.19 se muestra la tendencia del consumo de energía eléctrica durante todos los meses del año 2015 respecto del año 2014, con un mismo nivel de producción y se observa que el consumo de energía eléctrica durante los dos primeros meses fue igual, para posteriormente incrementarse de manera notoria hasta el mes de septiembre, provocado por incremento del contenido de agua y sedimentos en la producción de crudo (BSW), a partir del mes de octubre se tiene un descenso en el consumo hasta el mes de diciembre, a causa de trabajos de reacondicionamiento en los pozos Pindo Este-01, Pindo 21 y Pindo 12.

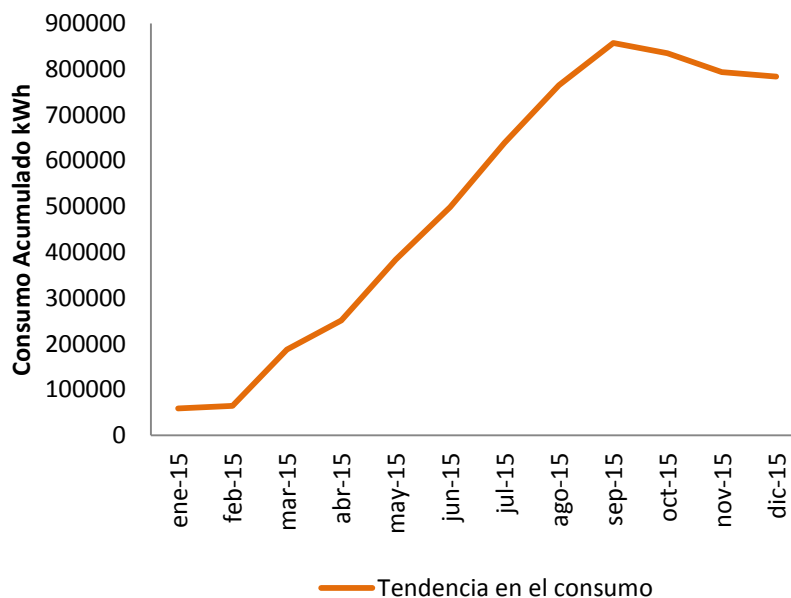


Figura N°3.19 Gráfico de Tendencia del Consumo de Energía Eléctrica Año 2015, Período Base Año 2014
Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

3.2 Diagnóstico del sistema de suministro eléctrico

El diagnóstico del sistema de suministro eléctrico permitió determinar las variables de influencia en el consumo de energía.

3.2.1 Evaluación del comportamiento de las variables de potencia y de la calidad de la energía eléctrica

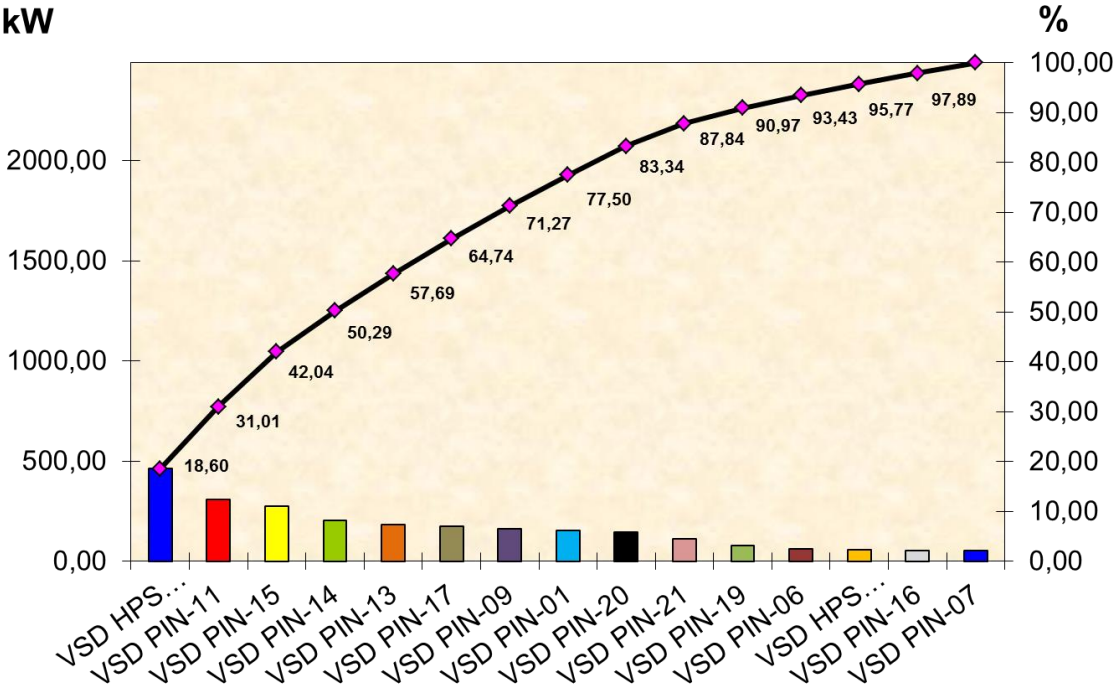
Tomando como referencia la caracterización del sistema de suministro eléctrico descrito en el Capítulo 1 y siguiendo lo que establece la norma ISO 50001 se identificó las cargas, que afectan el uso y consumo de energía eléctrica de manera significativa; para lo cual se analizaron los valores medidos de potencia eléctrica que se muestran en la tabla N°3.1

Tabla N°3.1 Resultados de las mediciones de potencia

VARIADOR	P. Apararente	P. Activa	P. Reactiva
	(kVA)	(kW)	(kVAR)
VSD PIN-01	181,2	155,2	66,1
VSD PIN-06	91,2	61,4	53,8
VSD PIN-07	83,2	52,4	46,3
VSD PIN-09	192,4	162,5	77,2
VSD PIN-11	359	309	359
VSD PIN-13	242,6	184	136,1
VSD PIN-14	234,9	205,3	70,9
VSD PIN-15	309,5	274,5	61,4
VSD PIN-16	88,3	52,9	53,6
VSD PIN-17	200	175,4	45,2
VSD PIN-19	97,8	77,9	41,2
VSD PIN-20	210,8	145,1	131,7
VSD PIN-21	154	111,8	87
VSD HPS TRANSFERENCIA	92	58,1	54,7
VSD HPS REINYECCION PIN-12	576,3	462,8	334,8

Elaborado por: Edgar Fabián Cevallos Tapia

La herramienta que se utilizó para ello fue el Diagrama de Pareto que se presenta en la figuraN° 3.20; aquí se verificó que, el 60% de los variadores de frecuencia (VSD) que están en funcionamiento, provocan el 83,34% de consumo de energía y merecen una atención especial para la adecuada gestión de la energía eléctrica.



FiguraN°3.20Diagrama de Pareto, Identificación del Uso Significativo de la Energía Eléctrica

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Posteriormente se identificaron las variables pertinentes que afectan a los usos significativos de la energía eléctrica, así como la determinación del desempeño energético de las instalaciones y equipamiento; mediante la utilización del analizador de energía Fluke 435 Iise procedió a la medición de los parámetros eléctricos operacionales en los puntos de conexión común (PCC) donde se encuentran las cargas identificadas anteriormente. Para su evaluación se aplicaron los criterios de calidad de energía que establece la norma IEEE 519-1992 “Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in

ElectricalPowerSystems” y el Reglamento No. CONELEC - 004/01 “Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución”, de manera particular lo relacionado a los límites establecidos para los niveles de armónicos de voltaje y corriente, que son las variables que tienen alta incidencia debido al uso de cargas no lineales, como son los variadores de velocidad (VSD) empleados para el accionamiento de las bombas electrosumergibles de extracción de petróleo y bombas horizontales. En el anexo 9 se presentan los parámetros nominales y operativos medidos en cada uno de los variadores de velocidad; a continuación en la tabla N°3.2 se muestran los valores medidos de THDV y THDI en cada uno de los PCC.

Tabla N°3.2 Resultados de las mediciones de THDV y THDI

PCC	THDV (%)	THDI (%)
Bus P01_4	14,14	33,34
Bus P09_4	13,83	32,86
Bus P11_5	18,13	28,48
Bus P13_5	17,02	32,07
Bus WP_2	17,51	12,20
Bus Pindo 12	12,31	11,96

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

En la tabla N°3.3 se presentan los resultados del cálculo de la relación de cortocircuito (SCR) para cada uno de los PCC, esto permitió determinar la distorsión de demanda total (TDD) y evaluar la distorsión armónica de corriente, según lo establece la IEEE 519-1992 (ver tabla N° 4), adicionalmente este cálculo permitió determinar para cuales armónicos fue necesario diseñar un filtro, con el propósito de atenuar la contaminación armónica en la red.

Tabla N°3.3 Resultados del cálculo de SCR y determinación de TDD

PARÁMETRO	Bus P01_4	Bus P09_4	Bus P11_5
$I_{SC}(A)$	8250	7089	7779
$I_L(A)$	222,82	235,17	452,71
SCR	37,03	30,14	17,18
TDD (%)	8	8	5
PARÁMETRO	Bus P13_5	Bus WP_2	Bus Pindo 12
$I_{SC}(A)$	6067	19055	14213
$I_L(A)$	304,43	1821,23	689,79
SCR	19,93	10,46	20,60
TDD (%)	5	5	8

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

En la tabla N°3.4 se presenta el resultado de la evaluación de la distorsión armónica tanto de voltaje como de corriente en cada uno de los PCC.

Tabla N°3.4 Evaluación de la distorsión armónica

PCC	PARÁMETRO	REGULACIÓN CONELEC 004/01		NORMA IEEE 519-1992	
		CUMPLE	NO CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE
Bus P01_4	THDV		X		X
	hi5				X
	hi11				X
Bus P09_4	THDV		X		X
	hi5				X
	hi11				X
Bus P11_5	THDV		X		X
	hi5				X
	hi7				X
	hi11				X
Bus P13_5	THDV		X		X
	hi5				X
	hi11				X
Bus WP_2	THDV		X		X
	hi5				X
	hi7				X
	hi11				X
Bus Pindo 12	THDV		X		X
	hi11				X

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

De acuerdo a los análisis precedentes se concluyó que las variables de calidad de la energía eléctrica, relacionadas con la distorsión armónica, se encuentran fuera del límite establecido por la normativa y reglamentación tomada como referencia, lo cual representa una oportunidad de mejora de desempeño energético para una mejor gestión del portador energético electricidad.

En el anexo 10 se presenta el análisis espectral y formas de onda de tensión y corriente, correspondiente a cada uno de los puntos de medición, donde se pudo evidenciar que los armónicos 5, 7 y 11 son los más representativos

Posteriormente, haciendo uso de los datos de las mediciones tomadas y con ayuda del software ETAP, se realizó la simulación del sistema de suministro eléctrico para las condiciones iniciales.

En las tablas N° 3.5 y 3.6 se presentan los resultados de la simulación en los puntos de interés.

Tabla N° 3.5 Valores promedio de THD para cada Bus antes de incorporar los filtros

PCC	THDV (%)	THDI (%)
Bus P01_4	11,46	23,42
Bus P09_4	12,50	22,82
Bus P11_5	15,89	22,79
Bus P13_5	14,20	22,92
Bus WP_2	12,06	22,99
Bus Pindo 12	9,23	7,26

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Tabla N° 3.6 Valores promedio de IHD antes de incorporar los filtros

h	Bus P01_4		Bus P09_4	
	IHD V(%)	IHD I(%)	IHD V(%)	IHD I(%)
5	8,37	20,76	9,15	25,2
11	3,68	5,73	4,11	3,64
h	Bus P11_5		Bus WP_2	
	IHD V(%)	IHD I(%)	IHD V(%)	IHD I(%)
5	11,62	19,11	8,87	8,3
7	4,36	3,75	3,38	4,72
11	5,1	4,23	3,17	4,46
h	Bus P13_5		Bus Pindo 12	
	IHD V(%)	IHD I(%)	IHD V(%)	IHD I(%)
5	10,39	24,39	5,67	4,06
11	4,56	3,98	3,83	4,44

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Considerando que las cargas no son muy fluctuantes y que las cargas no lineales imponen la corriente demandada por la red, para la mitigación de armónicos se seleccionó filtros pasivos sintonizados simples, su cálculo se realizó mediante el siguiente algoritmo:

$$Q_f \geq \frac{3 * U_n * k_{ih} * I_n}{c} \quad (3,1)$$

Siendo:

Q_f : Capacidad del filtro (kVAr) U_n : Tensión nominal (V)

I_n : Corriente nominal (A) k_{ih} : Coeficiente de distorsión

c : Coeficiente de sobrecarga de la batería (adimensional)

$$c \leq 1,3 k_{ih} = 1,1$$

$$X_f = \frac{U_n^2}{Q_f} \quad (3,2) \quad C = \frac{1}{2 * \pi * f_h * X_C} \quad (3,3)$$

$$X_C = \frac{h^2}{h^2 - 1} * X_f \quad (3,4) \quad L = \frac{X_L}{2 * \pi * f_h} \quad (3,5)$$

$$X_L = \frac{X_C}{h^2} \quad (3,6) \quad f_0 = \frac{1}{2*\pi*\sqrt{L*C}} \quad (3,7)$$

$$Q_c = \frac{U_n^2}{X_C - X_L} \quad (3,8) \quad R = \frac{X_C}{Q_e} \quad (3,9)$$

Siendo:

X_f : Reactancia del filtro (Ω) h : Orden de armónica (Ω)

X_C : Reactancia capacitiva (Ω) X_L : Reactancia inductiva (Ω)

C : Capacitancia (μf) L : Inductancia (mH)

f_0 : Frecuencia de resonancia (Hz) f_h : Frecuencia de la armónica h (Hz)

Q_c : Potencia reactiva capacitiva (kVAR) Q_e : Factor de calidad del filtro (adimensional)

Los resultados del cálculo de filtros para la mitigación de armónicos se muestran en la tabla N°3.7

Tabla N°3.7 Parámetros de los filtros de supresión para cada orden de armónica

BUS	h	Q_f	X_f	R	X_C	X_L	L	C	f_0
		kVAR	Ω	Ω	Ω	Ω	mH	μf	Hz
Bus P01_4	5	100	2,3040	0,080	2,40	0,0960	0,000051	0,00022	300
	11	30	7,6800	0,258	7,74	0,0640	0,000015	0,00003	660
Bus P09_4	5	100	2,3040	0,080	2,40	0,0960	0,000051	0,00022	300
	11	30	7,6800	0,258	7,74	0,0640	0,000015	0,00003	660
Bus P11_5	5	145	1,5890	0,055	1,66	0,0662	0,000035	0,00032	300
	7	45	5,1200	0,174	5,23	0,1067	0,000040	0,00007	420
	11	50	4,6080	0,155	4,65	0,0384	0,000009	0,00005	660
Bus P13_5	5	120	1,9200	0,067	2,00	0,0800	0,000042	0,00027	300
	11	45	5,1200	0,172	5,16	0,0427	0,000010	0,00005	660
Bus WP_2	5	500	0,4608	0,016	0,48	0,0192	0,000010	0,00111	300
	7	230	1,0017	0,034	1,02	0,0209	0,000008	0,00037	420
	11	110	2,0945	0,070	2,11	0,0175	0,000004	0,00011	660
Bus Pindo 12	11	60	3,8400	0,129	3,87	0,0320	0,000008	0,00006	660

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Con estos parámetros se modelaron los filtros de armónicos y se corrió la simulación en ETAP obteniéndose los resultados que se presentan en las tablas N°3.8 y 3.9

Tabla N°3.8 Valores promedio de THD para cada Bus luego de incorporar los filtros

BUS	THD_v (%)	THD_i (%)
Bus P01_4	2,31	5,64
Bus P09_4	2,54	5,81
Bus P11_5	2,72	4,80
Bus P13_5	2,45	4,28
Bus WP_2	2,20	6,00
Bus Pindo 12	2,47	0,49

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Tabla N°3.9 Valores promedio de IHD después de incorporar los filtros

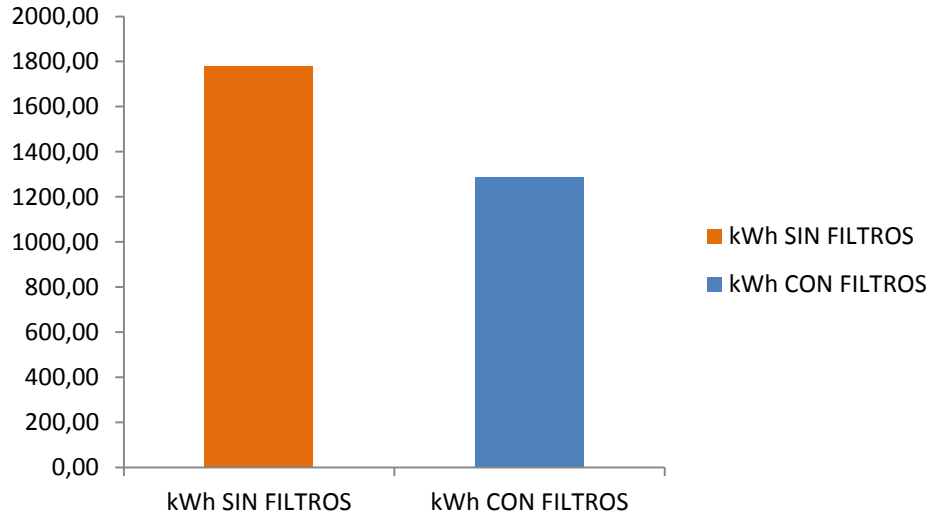
h	Bus P01_4		Bus P09_4	
	IHD V(%)	IHD I(%)	IHD V(%)	IHD I(%)
5	1,41	3,14	1,54	3,53
11	0,79	1,22	0,92	1,47
h	Bus P11_5		Bus WP_2	
	IHD V(%)	IHD I(%)	IHD V(%)	IHD I(%)
5	1,93	2,89	1,6	3,88
7	1,04	1,63	0,76	2,72
11	0,86	1,1	0,38	1,49
h	Bus P13_5		Bus Pindo 12	
	IHD V(%)	IHD I(%)	IHD V(%)	IHD I(%)
5	1,5	2,91	1,19	0,18
11	0,71	1,77	1,3	0,07

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

3.2.2. Ahorro de energía por atenuación de armónicos

Para determinar el ahorro de energía eléctrica por atenuación de armónicos se realiza la simulación en ETAP (ver anexos 11 y 12) y se cuantifican las pérdidas eléctricas totales

para la condición inicial y luego de la incorporación de filtros, de acuerdo a esto se tuvo una reducción del 27,66%; los resultados se muestran en la figura N°3.21



FiguraN°3.21 Pérdidas eléctricas totales

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

3.3 Comprobación de la hipótesis con Chi cuadrado (χ^2)

a. Planteamos la hipótesis nula y la hipótesis alternativa

H₀ = Un programa de gestión de la energía eléctrica, sobre la base de la Norma ISO 50001, no permitirá una mejor gestión del portador energético electricidad, favoreciendo la disminución del consumo de la energía, en el bloque de extracción de petróleo 65, operado por el Consorcio PetrosudPetroriva durante el año 2015.

H_i = Un programa de gestión de la energía eléctrica, sobre la base de la Norma ISO 50001, permitirá una mejor gestión del portador energético electricidad, favoreciendo la disminución del consumo de la energía, en el bloque de extracción de petróleo 65, operado por el Consorcio PetrosudPetroriva durante el año 2015.

b. Aplicamos la fórmula: $\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E}$

Tabla N° 3.10 Frecuencia Observada

	CONDICIONES	ALTERNATIVAS		TOTAL
		ACTUAL	PROYECTADA	
	PÉRDIDAS DE ENERGÍA	1778,40	1286,40	3064,80
THDv	Bus P01_4	11,46	2,31	13,77
	Bus P09_4	12,50	2,54	15,04
	Bus P01_5	15,89	2,72	18,61
	Bus P013_5	14,20	2,45	16,65
	Bus WP_2	12,06	2,20	14,26
	Bus Pindo 12	9,23	2,47	11,70
THDi	Bus P01_4	23,42	5,64	29,06
	Bus P09_4	22,82	5,81	28,63
	Bus P01_5	22,79	4,80	27,59
	Bus P013_5	22,92	4,28	27,20
	Bus WP_2	22,99	6,00	28,99
	Bus Pindo 12	7,26	0,49	7,75
	TOTAL	1975,94	1328,11	3304,05

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Tabla N° 3.11 Frecuencia Esperada

	CONDICIONES	ALTERNATIVAS	
		ACTUAL	PROYECTADA
	PÉRDIDAS DE ENERGÍA	1832,86	1231,94
THDv	Bus P01_4	8,23	5,54
	Bus P09_4	8,99	6,05
	Bus P01_5	11,13	7,48
	Bus P013_5	9,96	6,69
	Bus WP_2	8,53	5,73
	Bus Pindo 12	7,00	4,70
THDi	Bus P01_4	17,38	11,68
	Bus P09_4	17,12	11,51
	Bus P01_5	16,50	11,09
	Bus P013_5	16,27	10,93
	Bus WP_2	17,34	11,65
	Bus Pindo 12	4,63	3,12

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Tabla N°3.12 Cálculo de Chi cuadrado

	O	E	O - E	(O - E) ²	(O - E) ² /E	
PÉRDIDAS DE ENERGÍA ACTUAL	1778,40	1832,86	-54,46	2965,89	1,62	
PÉRDIDAS DE ENERGÍA PROYECTADA	1286,40	1231,94	54,46	2965,89	2,41	
THDv	Bus P01_4 ACTUAL	11,46	8,23	3,23	10,40	1,26
	Bus P01_4 PROYECTADA	2,31	5,54	-3,23	10,40	1,88
	Bus P09_4 ACTUAL	12,50	8,99	3,51	12,29	1,37
	Bus P09_4 PROYECTADA	2,54	6,05	-3,51	12,29	2,03
	Bus P01_5 ACTUAL	15,89	11,13	4,76	22,66	2,04
	Bus P01_5 PROYECTADA	2,72	7,48	-4,76	22,66	3,03
	Bus P013_5 ACTUAL	14,20	9,96	4,24	18,00	1,81
	Bus P013_5 PROYECTADA	2,45	6,69	-4,24	18,00	2,69
	Bus WP_2 ACTUAL	12,06	8,53	3,53	12,48	1,46
	Bus WP_2 PROYECTADA	2,20	5,73	-3,53	12,48	2,18
	Bus Pindo 12 ACTUAL	9,23	7,00	2,23	4,99	0,71
	Bus Pindo 12 PROYECTADA	2,47	4,70	-2,23	4,99	1,06
THDi	Bus P01_4 ACTUAL	23,42	17,38	6,04	36,49	2,10
	Bus P01_4 PROYECTADA	5,64	11,68	-6,04	36,49	3,12
	Bus P09_4 ACTUAL	22,82	17,12	5,70	32,47	1,90
	Bus P09_4 PROYECTADA	5,81	11,51	-5,70	32,47	2,82
	Bus P01_5 ACTUAL	22,79	16,50	6,29	39,57	2,40
	Bus P01_5 PROYECTADA	4,80	11,09	-6,29	39,57	3,57
	Bus P013_5 ACTUAL	22,92	16,27	6,65	44,27	2,72
	Bus P013_5 PROYECTADA	4,28	10,93	-6,65	44,27	4,05
	Bus WP_2 ACTUAL	22,99	17,34	5,65	31,96	1,84
	Bus WP_2 PROYECTADA	6,00	11,65	-5,65	31,96	2,74
	Bus Pindo 12 ACTUAL	7,26	4,63	2,63	6,89	1,49
	Bus Pindo 12 PROYECTADA	0,49	3,12	-2,63	6,89	2,21
				x² =	56,50	

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

x² (calculado) = 56.50

GRADOS DE LIBERTAD:

$$GL = (C-1)(F-1) \quad (3,10)$$

$$GL = (2-1)(13-1)$$

$$GL = (1)(12)$$

$$GL = 12$$

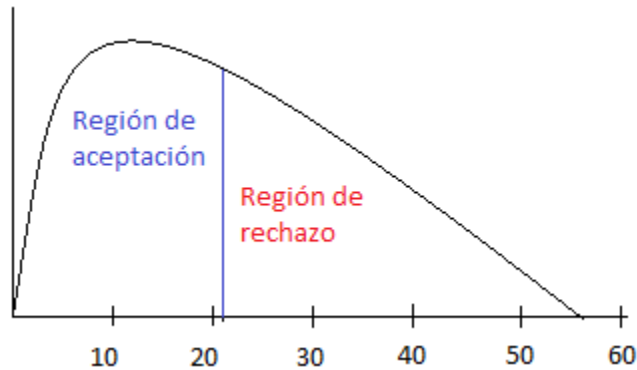
$\alpha = 5\%$ (NIVEL DE SIGNIFICANCIA)

x² (Tabla Distribución, ver anexo 13) = 21,026

c. Aplicamos la regla de decisión:

Si χ^2 (calculado) $>$ χ^2 (tabla). Se rechaza la hipótesis nula.

Como χ^2 (calculado 56,50) $>$ χ^2 (tabla 21.026), entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.



FiguraN°3.22 Gráfica Chi cuadrado

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

3.4 Conclusiones del Capítulo

Las Herramientas de la Gestión Total Eficiente de la Energía fueron de gran utilidad al momento de evaluar el uso y consumo de la energía eléctrica, identificar las áreas de uso significativo, así como establecer la(s) línea(s) de base energética e indicadores energéticos.

El análisis de la calidad de la energía eléctrica y en particular, la cuantificación de la contaminación armónica del sistema de suministro eléctrico permitió identificar las oportunidades de mejora para su mejor gestión.

Con la simulación realizada se demostró que una mejor gestión del portador energético electricidad conduce a menores pérdidas y consecuentemente a reducir el consumo del mismo, por lo que se comprueba la hipótesis planteada.

CAPÍTULO 4

PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MEJORA PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN BASE A LA NORMA ISO 50001.

En este capítulo se propone un Programa de Mejora para la Gestión de la energía eléctrica en el bloque 65, operado por el Consorcio PetrosudPetroriva; el cual consta de cinco fases: análisis del uso y consumo de la energía; identificación de áreas de uso significativo de la energía; identificación de las oportunidades de mejora; identificación de la línea de base energética y determinación de los indicadores de desempeño energético; fijación del objetivo, la meta energética y planes de acción; todo esto sustentado en la Norma ISO 50001.

4.1 Justificación de la propuesta

En base al análisis de los resultados obtenidos en el capítulo anterior, el sistema de suministro de energía eléctrica del bloque 65, operado por el Consorcio PetrosudPetroriva, evidenció varias no conformidades relacionadas con la gestión de la energía eléctrica, así como por ejemplo, falta de planificación energética; por lo que se hace necesario diseñar e implementar un Programa de Mejora para la Gestión de la Energía Eléctrica en Base a la Norma ISO 50001, mismo que puntualiza los aspectos relevantes de la planificación energética tales como, la revisión energética, línea de base energética, indicadores de desempeño energético, los objetivos y metas energéticas a desarrollarse.

4.2 Objetivos

4.2.1 Objetivo General:

Diseñar un Programa de Mejora para la gestión de la energía eléctrica en base a la norma ISO 50001.

4.2.2 Objetivos específicos:

- Analizar del uso y consumo de la energía eléctrica
- Identificar áreas de uso significativo de la energía eléctrica.
- Identificar las oportunidades de mejora
- Identificar la línea de base energética
- Determinar los indicadores de desempeño energético.
- Fijar objetivo y la meta energética

4.3 Estructura de la propuesta:

4.3.1 Estructura y Algoritmo del programa de mejora.

4.3.2 Especificaciones de las fases del programa de mejora en relación a las normas ISO 50001.

4.3.2.1 Fase 1: Análisis del Uso y Consumo de la Energía Eléctrica.

4.3.2.2 Fase 2: Identificación de Áreas de Uso Significativo de la Energía Eléctrica.

4.3.2.3 Fase 3: Identificación de las Oportunidades de Mejora.

4.3.2.4 Fase 4: Identificación de la Línea de base Energética.

4.3.2.5 Fase 5: Determinación de los Indicadores de Desempeño Energético.

4.3.2.6 Fase 6: Fijación del Objetivo y la Meta Energética

4.4 Desarrollo de la Propuesta

A continuación se presentan el desarrollo de la propuesta tomando como base la norma ISO 50001 con enfoque en el proceso de planificación energética.

4.4.1 Algoritmo

En la figura N° 4.1 se muestra el algoritmo propuesto para el programa de mejora para la gestión de la energía eléctrica.

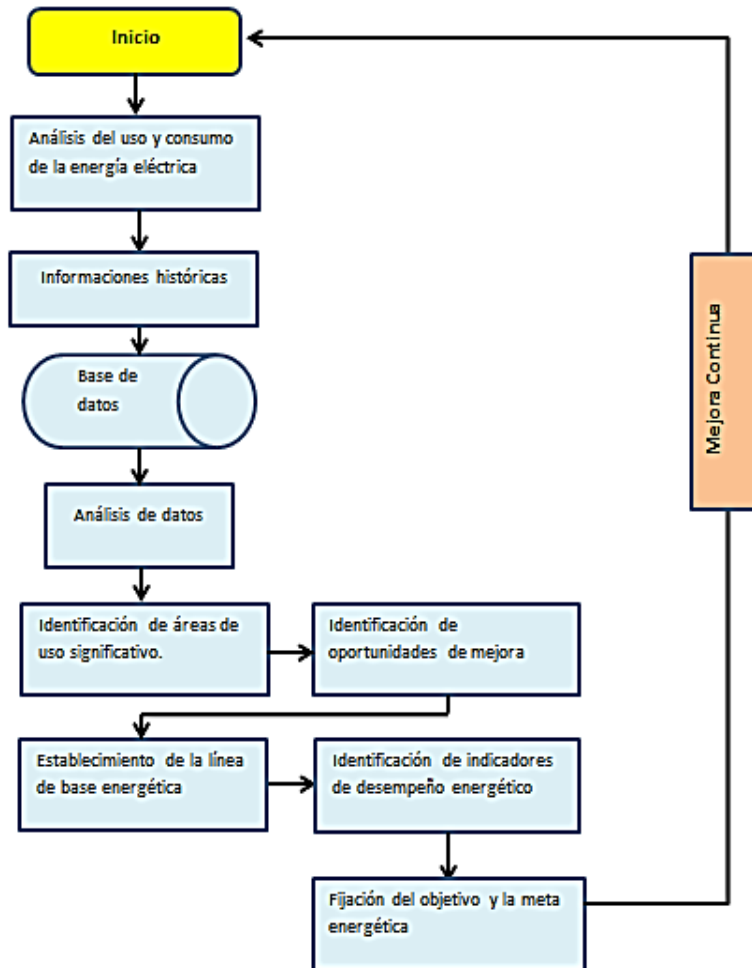


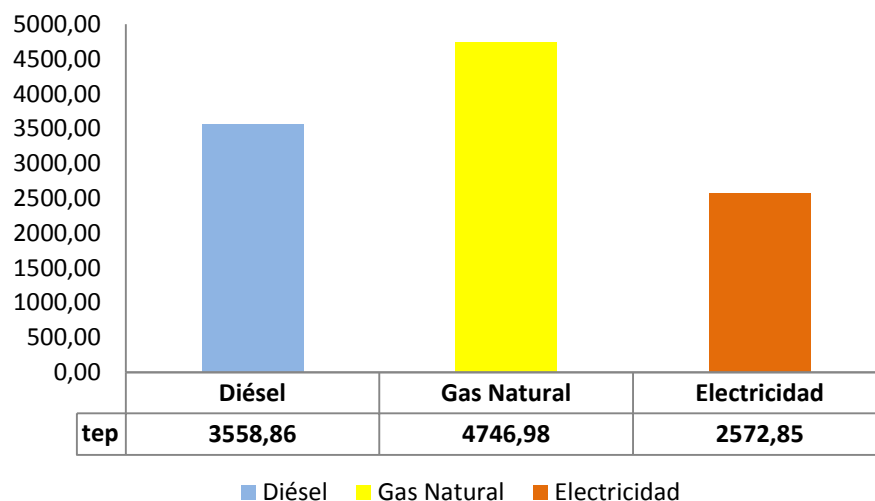
Figura N°4.1 Algoritmo del Programa de mejora
Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

4.4.2 Especificaciones de las fases del programa de mejora y las estrategias de acción a cumplir en relación a las normas ISO 50001.

Fase 1: Análisis del uso y consumo de la energía

La Norma dice:“Analizar el uso y el consumo de la energía basándose en mediciones y otro tipo de datos”.

El primer paso en el proceso de revisión energética, se basó en un estudio inicial para la identificación de los portadores energéticos empleados, en la figura N°4.2 se muestran los resultados obtenidos, donde los portadores primarios son el diésel y el gas natural y como portador secundario aparece la energía eléctrica, expresados en toneladas equivalentes de petróleo (tep).



FiguraN°4.2Portadores energéticos identificados.

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

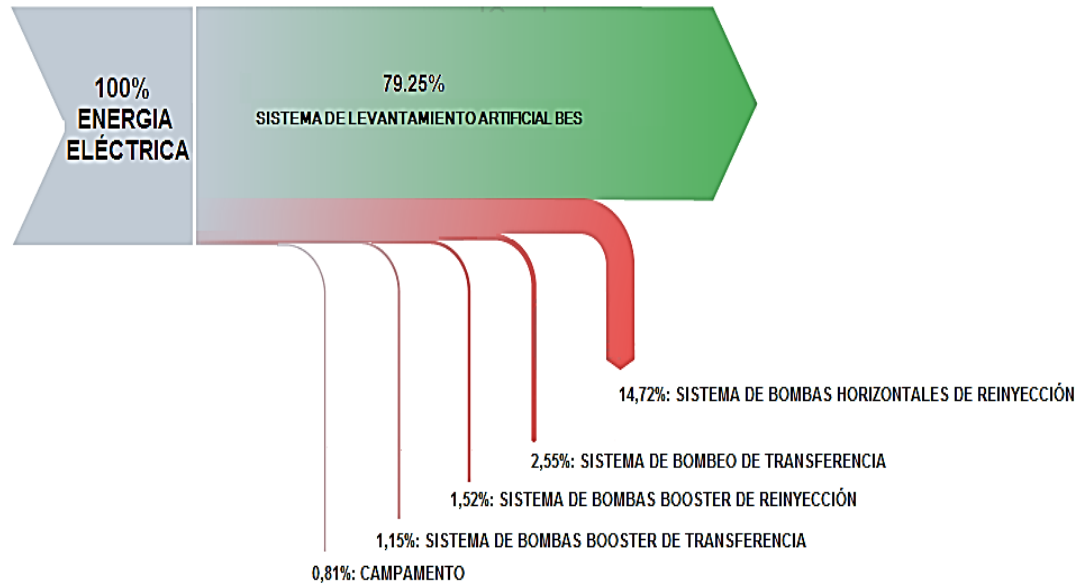
Posteriormente conforme a lo que indica la norma, se tomaron los datos históricos de consumo de diésel, gas natural y energía eléctrica, correspondientes al período 2014-2015 los cuales se muestran en los anexos 6, 7 y 8. Para el análisis de tendencias y patrones del consumo de la energía eléctrica se utilizaron algunas de las herramientas de la gestión total eficiente de la energía, tales como: gráficos de consumo de energía y producción en el

tiempo, gráficos de control, gráficos de consumo y producción, cuyo desarrollo se presenta en el capítulo 3. Según la Guía de Aplicación de un Sistema de Gestión Energético (www.energia.jcyl.es/), la identificación de los diferentes usos y consumos de energía consiste, fundamentalmente, en desglosar el consumo de energía total en las diferentes formas de aplicación de la misma, el nivel de desglose está directamente relacionado con las posibilidades para medir o estimar el consumo asociado a los diferentes usos energéticos, para ello en la figura N°3.1 se presenta el flujograma energético-productivo del proceso de extracción de petróleo, que permitió evidenciar el uso y porcentaje de consumo de energía.

Fase 2: Identificación de áreas de uso significativo de la energía eléctrica.

La Norma dice: “Basándose en el análisis del uso y el consumo de la energía, identificar las áreas de uso significativo de la energía”.

Para la identificación de las áreas de uso significativo de la energía eléctrica se elaboró el diagrama de Sankey que se presenta en la figura N°4.3, donde se puede ver claramente que los consumos significativos están presentes en el sistema de levantamiento artificial de petróleo (BES) que representa el 79,25% y el sistema de bombeo horizontal de reinyección que representa el 14,72% del total de la energía eléctrica disponible. A continuación, en base a esta información se identificaron las cargas (variadores de frecuencia) que provocan los consumos significativos, para lo cual se utilizó el diagrama de Pareto que se muestra en la figura N° 3.20 donde se evidenció que, el 60% de los variadores de frecuencia (VSD) que están en funcionamiento, provocan el 83,34% de consumo de energía eléctrica y por tanto recibieron una atención especial para su adecuada gestión.



FiguraN°4.3 Diagrama de Sankey, identificación de uso significativo de energía eléctrica

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Partiendo del hecho de que los variadores de frecuencia constituyen una carga no lineal, se identificaron como variables claves que afectan el consumo de energía, aquellas relacionadas a la calidad de la energía eléctrica en particular, la distorsión armónica de voltaje y la distorsión armónica de corriente, mismas que fueron analizadas en el capítulo 3, bajo los requisitos que establece la norma IEEE 519-1992 “Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems” y el Reglamento No. CONELEC - 004/01 “Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución”, para verificar el grado de influencia de estas variables en el consumo de energía eléctrica, se realizó la simulación del sistema de suministro eléctrico con el Software ETAP bajo los escenarios de condición inicial y condición final, en la tablaN°4.1 se presenta el resumen de los resultados obtenidos.

TablaN° 4.1 Resultados obtenidos bajo condición inicial y condición final

BUS	% THD _v		% THD _I		Pérdidas Eléctricas Totales kWh	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Bus P01_4	11,46	2,31	23,42	5,64	1778,40	1286,40
Bus P09_4	12,50	2,54	22,82	5,81		
Bus P11_5	15,89	2,72	22,79	4,80		
Bus P13_5	14,20	2,45	22,92	4,28		
Bus WP_2	12,06	2,20	22,99	6,00		
Bus Pindo 12	9,23	2,47	7,26	0,49		

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Para documentar los criterios y la metodología utilizada para definir los usos significativos de energía eléctrica se sugiere utilizar la hoja de trabajo propuesta en la Guía para la ISO 50001 del Departamento de Energía de los Estados Unidos (ver anexo 14). Borroto (2013) sugiere que para sistemas de gestión energética que se establecen e implementan por primera vez, es recomendable definir inicialmente pocos usos significativos de la energía para mantener la sencillez del sistema mientras se gana experiencia en su operación. Otra alternativa para definir los usos significativos de energía es realizarlo tomando como criterio el potencial de mejora.

Fase 3: Identificación de las oportunidades de mejora

La Norma dice: “identificar, priorizar y registrar oportunidades para mejorar el desempeño energético”

En esta fase se identificó la oportunidad de mejora a nivel tecnológico que consiste en la instalación de filtros pasivos sintonizados simples para la atenuación de armónicos en los puntos de uso final de la energía eléctrica que corresponden a los variadores de frecuencia, que operan con los equipos de bombeo electrosumergible; conforme al análisis

realizado en el capítulo 3 y a la evaluación económica – ambiental, que se presenta más adelante, la oportunidad de mejora se registra en la tabla N°4.2

Tabla N°4.2 Oportunidad de mejora identificada en el Sistema de Suministro Eléctrico

Aspecto energético	Descripción medida	Clase oportunidad de ahorro	Ahorro energético anual (kWh/año)	Ahorro económico anual (\$/año)	Inversión (\$)	VAN (\$)	TIR (%)	Emisiones CO2 evitadas (t/año)
Consumo eléctrico en variadores de velocidad	Instalación de filtros pasivos sintonizados simples	CON INVERSIÓN	179 580	19 753,80	124 700,00	36 748,81	22,2	101,8

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Borroto (2013), sugiere considerar el desarrollo de auditorías energéticas, pues constituyen una herramienta general para la identificación de oportunidades de mejora; tomar en cuenta la identificación de oportunidades de mejora que proveniente de técnicos y proveedores de equipos, así como también evaluar la factibilidad de incorporar aplicaciones en materia de recursos renovables o con tecnología innovadora

Fase 4: Identificación de la línea de base energética y determinación de los indicadores de desempeño energético.

La Norma dice: “La organización debe establecer una(s) línea(s) de base energética utilizando la información de la revisión energética inicial y considerando un período para la recolección de datos adecuado al uso y al consumo de energía de la organización”.

La línea de base energética se estableció a partir de la información histórica correspondiente al período 2014-2015 que permitió elaborar los Diagramas de Consumo – Producción analizados en el capítulo anterior, donde se consideró a la producción de petróleo como la variable que afecta el consumo de energía eléctrica; a la producción de electricidad como variable que afecta el consumo de gas natural y diésel, en la tabla N°4.3 se muestran las líneas de base energética obtenidas.

Tabla N°4.3 Análisis de la línea de base energética

Variable de Consumo	Línea de referencia	Coefficiente de determinación R ²
	Valor base	Valor base
Energía Eléctrica Global	y = 3,2743x + 945274	0,7468
Gas Natural GE Waukesha VHP7100	y = 12,82x + 27522	0,9548
Diésel GE Caterpillar 3516	y = 0,0733x + 397,57	0,9998

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Con la determinación de la línea base, se puede evaluar los avances o retrocesos de la gestión energética, al comparar el escenario real con estas líneas base. Aranda (2014), de acuerdo al Protocolo Internacional de Medición y Verificación del Desempeño (IPMVP Committee, 2002), los ahorros de energía alcanzados en un período dado con respecto al período de referencia se determinan por la siguiente expresión general:

$$\text{Ahorros de Energía} = \frac{\text{Uso de energía en el período base}}{\text{Uso de energía en el período analizado}} \pm \text{Ajustes} \quad (4,1)$$

El término “ajustes” en esta ecuación general posibilita llevar el uso de energía en los dos períodos analizados a las mismas condiciones, tales como cambios en la operación de las instalaciones, nivel de producción, ocupación o cambios en factores externos como el clima.

Fase 5: Determinación de los indicadores de desempeño energético (IDEns).

La Norma dice: “La organización debe identificar los IDEns apropiados para realizar el seguimiento y la medición de su desempeño energético”.

Para el seguimiento y medición del desempeño energético se identificaron sobre una base mensual los IDEns que se muestran en la tabla N°4.4

Tabla N°4.4 Indicadores de Desempeño Energético

Indicador			
Consumo		Índice de Consumo	
Consumo de energía eléctrica global	2532,69 MWh	Consumo de energía eléctrica por barril de petróleo producido	5,13 kWh/BBL
Consumo de gas natural GE Waukesha VHP7100	4,99 Mft ³	Consumo de gas natural por kilovatio de energía eléctrica generada	13,42 ft ³ /kWh
Consumo de diésel GE Caterpillar 3516	31828 gal	Consumo de diésel por kilovatio de energía eléctrica generada	0.073 gal/kWh

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Una vez identificados los IDens se realizó la comprobación de su validez, la cual se resume en la tabla N°4.5

Tabla N° 4.5 Análisis de los indicadores de desempeño energético

Consumo energético identificado	Coeficiente de determinación R ²	
	Consumo	Índice de Consumo
Energía Eléctrica Global	0,7468	0,9987
Gas Natural GE Waukesha VHP7100	0,9548	0,9103
Diésel GE Caterpillar 3516	0,9998	0,9555

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Borroto (2013), sugiere que si se cuenta con adecuadas mediciones y sistemas de adquisición de datos (SCADA), es preferible determinar y analizar los IDens diariamente, o incluso por turnos de trabajo, lo que permite identificar problemas tempranamente y realizar acciones correctivas con mayor agilidad evitando mayores afectaciones en el desempeño energético.

Fase 6: Fijación del objetivo y la meta energética.

La Norma dice:“La organización debe establecer, implementar y mantener objetivos energéticos y metas energéticas documentados correspondientes a las funciones, niveles, procesos o instalaciones pertinentes dentro de la organización”.

Conforme lo establece la norma, para la definición del objetivo y metas se tuvo en cuenta los siguientes aspectos: los usos significativos de la energía, las oportunidades de mejora de desempeño, las condiciones financieras y operacionales, las opciones tecnológicas y la opinión de las partes interesadas, en la tabla N°4.6 se presenta el objetivo y metas que fueron definidos.

Tabla N°4.6 Objetivo y Metas Energéticas

Objetivo	Meta	Responsable	Plazo	Indicador de seguimiento
Reducir el consumo anual de energía eléctrica en 179580 kWh	1. Alcanzar niveles de distorsión armónica de voltaje y corriente, que cumplan la norma IEEE 519 y Reglamento No. CONELEC - 004/01	Mantenimiento	3 meses	THD _v , THD _i , TDD
	2. Implementar filtros pasivos sintonizados simples para la mitigación de armónicos	Mantenimiento	2 meses	% implementación
	3. Reducir las pérdidas eléctricas totales a 53,6 kW	Mantenimiento	3 meses	kW Pérdidas $y = 3,5175x + 766265$

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Carretero (2015), indica que los programas de gestión energética se conforman con los objetivos de mejora, algunos de los cuales pueden alcanzar el grado de verdaderos proyectos de ingeniería para conseguir ahorros energéticos, también sugiere que las auditorías energéticas al igual que las revisiones son fuentes de oportunidades de

mejora. Borroto (2013) asegura que los objetivos se pueden expresar también en términos de una reducción en las emisiones contaminantes.

4.5 Evaluación económico-ambiental para la implementación de la oportunidad de mejora de gestión del portador energético electricidad

4.5.1 Evaluación Económica

La evaluación económica se aplicó a la implementación de la oportunidad de mejora de gestión del portador energético electricidad, por optimización de la calidad analizada en el capítulo anterior, lo cual guarda relación con la revisión energética, misma que es parte de la planificación energética y sobre la cual se propuso el presente Programa de Mejora para la Gestión de la Energía Eléctrica. Para la evaluación económica se utilizaron dos herramientas financieras, el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR), que permitieron determinar si la inversión propuesta es conveniente, para ello se consideraron los principales costos relacionados con las pérdidas eléctricas, pérdidas productivas, adquisición y montaje.

En la tabla N°4.7 se muestra el ahorro por reducción de pérdidas eléctricas como resultado del filtrado de armónicos.

Tabla N°4.7 Ahorro por reducción de pérdidas eléctricas

Instalación	Pérdidas Totales (kW)	Energía Perdida kWh/año	Tarifa \$/kWh	Costo \$
Sin Filtros	74,1	649116	0,11	71402,76
Con Filtros	53,6	469536	0,11	51648,96
AHORRO ANUAL				19753,80

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

Para determinar el ahorro relacionado con las afectaciones al proceso de producción, se consideró que la contaminación armónica del sistema de suministro eléctrico en las condiciones iniciales provocan eventos de falla con pérdidas de producción, que en el balance general del año representan un costo de \$ 30441,83. De acuerdo a lo anterior el ahorro total anual es de \$ 50195,63. Los costos de la inversión por adquisición e instalación de los filtros de armónicos se muestran en la tabla N°4.8

Tabla N°4.8 Costos de adquisición e instalación de filtros

COSTO DE ADQUISICIÓN				COSTO DE INSTALACIÓN					
No.	Cant.	Descripción	Costo \$	No.	Descripción	U/M	Cant.	Costo Unitario \$	Costo \$
1	2	Filtro de armónicos 150 kVA	13000	1	Cable armado de cobre 3x500 MCM + 1/0	m	12	40	480,00
2	1	Filtro de armónicos 250 kVA	24000	2	Cable armado de cobre 3x250 MCM + 2	m	100	20	2.000,00
3	1	Filtro de armónicos 175 kVA	15200	3	Cinta aislante 3M	u	10	1	10,00
4	1	Filtro de armónicos 850 kVA	60000	4	Interruptores termomagnéticos regulables de 100-1000 Amp, 3 polos, 600V,	u	6	579	3.474,00
5	1	Filtro de armónicos 75 kVA	6500	5	Terminales de compresión para cable de 500 MCM, con doble agujero	u	12	3	36,00
SUBTOTAL			118.700,00	6	Terminales de compresión para cable de 250 MCM, con doble agujero	u	24	2	48,00
SUBTOTAL								6.000,00	
TOTAL								124.700,00	

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

En la tabla N°4.9 se resume el cálculo del VAN y el TIR, para el cálculo del VAN, se consideró una tasa de descuento equivalente a la tasa de interés activa efectiva máxima estimada por el Banco Central del Ecuador de 9,33% anual para el mes de abril del 2016.

Tabla N°4.9 Cálculo del VAN y TIR

Duración del período		1 año	
Número de períodos		4	
Tasa de interés (%)		9,33	
VAN		\$ 36.748,81	
TIR		22,20%	
Inversión		\$ 124.700,00	
Período	Ingresos por período	Ingreso con depreciación por período	Saldo acumulado
0	-\$ 124.700,00		-\$ 124.700,00
1	\$ 50.195,63	\$ 45.912,04	-\$ 78.787,96
2	\$ 50.195,63	\$ 41.994,00	-\$ 36.793,97
3	\$ 50.195,63	\$ 38.410,31	\$ 1.616,35
4	\$ 50.195,63	\$ 35.132,46	\$ 36.748,81

Elaborado por: Cevallos Tapia Edgar Fabián

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede determinar que la inversión será recuperada en tres años, los valores del VAN y TIR demuestran que la propuesta será rentable y generará beneficio económico.

4.5.2 Evaluación Ambiental

Por último se evalúa, el impacto medio ambiental, a través, de la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero (GEIs), que provocará la implementación de la oportunidad de mejora de gestión del portador energético electricidad, por optimización de la calidad, analizada en el capítulo anterior, donde se demostró una reducción de las pérdidas eléctricas totales de 179580 kWh/año por atenuación de armónicos, mediante la instalación de filtros pasivos. Según Mazorra Soto Jorge (2012), la aproximación más común para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero es mediante la aplicación de factores de emisión normalizados. El impacto se mide en toneladas de CO₂ equivalente (tCO_{2e}) y se calcula multiplicando los datos de las actividades (Cantidad) por factores de emisión. Para el caso de la electricidad se recomienda recurrir a los factores de emisión correspondientes al mix

eléctrico nacional, en nuestro caso se utilizó el factor de emisión de 0,5669 tCO₂/MWh proporcionado por la Corporación Centro Nacional de Energía (CENACE), de acuerdo a lo anterior se tiene que:

$$\textit{impacto} = 179,58 \text{ MWh/año} \times 0,5669 \text{ tCO}_2\text{/MWh}$$

$$\textit{impacto} = 101,80 \text{ tCO}_2\text{/año}$$

Este valor representa la disminución de emisiones a la atmósfera por reducción de pérdidas eléctricas totales.

4.6 Conclusiones del Capítulo

El Programa de Mejora para la Gestión de la Energía Eléctrica en Base a la Norma ISO 50001, propuesto, permite establecer estrategias para el cumplimiento de los aspectos relevantes de la planificación energética tales como, la revisión energética, línea de base energética, indicadores de desempeño energético, los objetivos y metas energéticas a desarrollarse.

El análisis económico y ambiental realizado con los resultados obtenidos en el capítulo 3, permitió demostrar que la mejora de la gestión de la energía eléctrica con su implementación permitirá mejorar la competitividad y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, los cuales son aspectos sustanciales de la aplicación de la norma ISO 50001.

CONCLUSIONES GENERALES

- 1.- Mediante la caracterización energética, se determinó que la energía no asociada a la producción de electricidad, representa el 0,55 % y el 1,25% del consumo promedio para el caso de la generación a gas natural y diésel respectivamente, lo cual evidencia eficiencia energética. Como resultado relevante, el porcentaje de energía eléctrica no asociada al proceso productivo de petróleo es de 37,32% del consumo promedio, lo cual es indicativo de baja eficiencia energética y a la vez se constituye en la oportunidad de mejora.
- 2.- Para el diagnóstico del sistema de suministro eléctrico, se consideró los efectos del uso de cargas no lineales y como factor relevante su influencia en la calidad de energía; a través de mediciones y simulaciones se determinó la alta incidencia de los armónicos de 5, 7 y 11 orden, mismos que provocan pérdidas totales de 74,1 kW.
- 3.- Se propuso las fases de un programa sobre la base de la Norma ISO 50001, centrado en la etapa de planeación, mismas que fueron definidas de la siguiente manera:
 - a. Se realizó el análisis del Uso y Consumo de la Energía Eléctrica; determinándose que el 0,81% del total de la energía eléctrica se consume en el campamento, el 1,15% en el sistema de bombas booster de transferencia, el 1,52 en los sistemas de bombas booster de reinyección, el 2,55% en el sistema de bombeo de transferencia, el 14,72% en el sistema de bombas horizontales de reinyección y el 79,25% de la energía eléctrica se consume en los sistemas de levantamiento artificial de petróleo.
 - b. Se identificó que el área de uso significativo del portadorenergético electricidad corresponde al sistema de levantamiento artificial de extracción de petróleo (79,25%), verificándose que, el 60% de los variadores de frecuencia (VSD) que están en funcionamiento, provocan el 83,34% de consumo de energía, como carga representativa se encuentra el variador de frecuencia de la bomba horizontal de reinyección del pozo Pindo 12, representando un 18,6%. También se identificaron los niveles de armónicos de voltaje y corriente, como las variables que tienen alta

incidencia debido al uso de cargas no lineales, como son los variadores de velocidad (VSD).

c. Se identificó la siguiente oportunidad de mejora:

Cumplir con los requerimientos de calidad de energía que establece la norma IEEE 519-1992 y el Reglamento No. CONELEC - 004/01 mediante la mitigación de contaminación armónica en el sistema de suministro eléctrico, a través de la implementación de filtros pasivos sintonizados simples.

d. Se identificó la línea de base energética correspondiente al periodo 2 014 – 2 015 obteniéndose como línea de base del consumo global de energía eléctrica $y = 3,2743x + 945274$; como línea de base del consumo de gas natural del GE Waukesha VHP7100 $y = 12,82x + 27522$ y como línea de base del consumo de diésel del GE Caterpillar 3516 $y = 0,0733x + 397,57$.

e. Como indicadores del Desempeño Energético se definió el índice de consumo global de energía eléctrica de 5,13 kWh/BBL; el índice de consumo de gas natural para el GE Waukesha VHP7100 de 13,42 ft³ gas/kWh y el índice de consumo de diésel para el GE Caterpillar 3516 de 0.073 gal diésel/kWh.

f. Se fijó el siguiente objetivo energético:

Reducir el consumo anual de energía eléctrica en 179580 kWh; la Meta Energética para el consumo global de energía eléctrica es $y = 3,5175x + 766265$ y para el consumo de gas natural del GE Waukesha VHP7100 es $y = 11,344x + 243959$

4.- Se realizó la evaluación económico – ambiental de la propuesta de mejora, dando como resultado un ahorro total anual de \$50.195,63, con una inversión de \$124.700, recuperable en 3 años. El impacto ambiental representa la disminución de emisiones a la atmósfera en 101,80 tCO_{2e}/año, por reducción de pérdidas eléctricas totales.

RECOMENDACIONES GENERALES

Se recomienda a la Alta Dirección del Consorcio definir, implementar y mantener una política energética por cuánto ésta constituye la base del Sistema de Gestión Energética, haciendo factible completar el ciclo con las otras fases restates que son: ejecutar, verificar y actuar.

1. Se recomienda la aplicación del programa de gestión en otras empresas de características similares que favorezcan la realización de estudios comparativos (benchmarking).
2. Se recomienda evaluar, a los regímenes operacionales y características del fluido (crudo) como variables de influencia en el consumo de energía eléctrica, siguiendo la misma metodología aplicada a la producción.
3. Se recomienda implementar funciones de procesamientos de datos de consumo de energía eléctrica en el sistema SCADA existente; considerar utilizar el sistema SCADAETAP Real-Time como herramienta tecnológica para la gestión de la energía eléctrica.
4. Se recomienda la utilización de variadores de velocidad de última tecnología donde ya vienen incorporados los sistemas de filtrado para el control de contaminación armónica, o en su defecto el uso de variadores de 24 o 36 pulsos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros e investigaciones, citas contextuales

1. Aranda Usón Alfonso, Barrio Moreno Francisco, García León Ma. Pilar y Alcalde Germán Eduardo (2014). Sistemas de Gestión de la Energía ISO 50001.
2. Aranda Usón Alfonso, Barrio Moreno Francisco, ZabalzaBribián y Díaz de Garaio Sergio (2010). Técnicas para la elaboración de auditorías energéticas en el sector industrial.
3. Ávila, Luis (2006), Introducción a la Metodología de la Investigación, Edición electrónica, México.
4. Baker Hughes (2014). Manual de Variadores de Velocidad Centrifugal.
5. Bassanezi y Bimbengut (1997), Modelación Matemática, Revista didáctica de las Matemáticas, No. 32
6. BorrotoNordeloAníbal, (2013).Recomendaciones Metodológicas para la Implementación de Sistemas de Gestión de la Energía Según la Norma ISO 50001.
7. BorrotoNordelo Aníbal, MonteagudoYanesJosé (2006); Colectivo de Autores. Gestión Energética en el Sector Productivo y los Servicios. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente Universidad de Cienfuegos.
8. Campos, J.C., Gómez, R., Santos, L. (2006). La Eficiencia Energética en la gestión empresarial.
9. Carmines y Zeller (1991), Metodología de la investigación social, Madrid, Editorial Dykinson
10. Carretero Peña Antonio y García Sánchez Juan Manuel AENOR (2015). Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora.
11. Cisneros GuanchaJennyffer (2014), Guía para la Aplicación de Sistemas de Gestión Energética Orientado a la Energía Eléctrica, Basado en la Norma ISO 50001.
12. Cobos Castro Alejandro (2011), Herramienta para mejorar la gestión energética en los grupos electrógenos de tecnología Hyundai instalados en Cuba.

13. Cuenca Mendieta Stalin Eduardo (2013), Factibilidad de la norma ISO 50001 en la Central Hidroeléctrica Carlos Mora Carrión.
14. Direct Project (2015), Manual de Sistema SCADA Generación Eléctrica Estación Pindo.
15. DOE (2012), DOE eGuide for ISO 50001. s.l. : U.S. Department of Energy, 2012.
16. Fundación MAPFRE (2011). Guía Práctica para la Implantación de un Sistema de Gestión Energética. AEDHE. Henares, España.
17. Garza (2007), El Enfoque mixto de investigación en los estudios fiscales, Tlatemoani, Revista Académica de Investigación, España.
18. Giroux y Tremblay (2008); Metodología de las ciencias humanas: la investigación en acción, México: Fondo de Cultura Económica
19. Gómez, Marcelo (2006), Introducción a la metodología de la investigación científica, I edición, Argentina, Brujas
20. Guerrero Rojas Yordan (2012), Modelación y simulación de sistema híbrido para la ciudad de Moa.
21. Fluke (2012), Manual de uso de Analizador trifásico de energía y calidad de la energía eléctrica Fluke 435.
22. Hazel, T. (2011). Producción de energía eléctrica integrada en emplazamientos industriales y edificios comerciales. Cuaderno Técnico Schneider, N° 196 / p. 2, p. 1-28.
23. Hernández, Fernández & Baptista (2008), Metodología de la Investigación. (IV edición), México: McGraw-Hill.p.
24. IEEE Std 519-1992, IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems. IEEE Power and Energy Society.
25. IEEE Std 1459-2000, IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions. IEEE Power and Energy Society.
26. INEN (2012). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 50001:2012 Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. Primera Edición.

Quito – Ecuador.

27. International Organization for Standardization, (2011). ISO 50001 Sistemas de gestión de la energía - Requisitos con orientación para su uso.
28. Ludeña Jhahaira, Bastidas César (2009). Análisis y optimización de la calidad de energía Eléctrica para pozos de producción petrolera Oriente - Ecuador, realizado para la empresa EQUIPOIL S.A.
29. Mazorra Soto Jorge (2012). Calidad de la Energía Eléctrica. Incidencia Técnico – Económica – Energética y Ambiental en Empresas Industriales y de Servicios.
30. Navarro Joaquín, Molés Francisco (2015) Gestión energética en plantas industriales.
31. Norma UNE-EN 50160 (1999). Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución.
32. Ochoa Matos Osmar (2011), Procedimiento para racionalizar el consumo de energía eléctrica en el transporte del combustible CM650 en la termoeléctrica de Felton.
33. Schneider Electric (2012). ISO 50001: Recomendaciones para su cumplimiento. Libro Blanco: Julio, 2012.
34. Tena, Turnbull (1995), Manual de investigación documental, Primera edición, México: Coedición Plaza y Valdez.

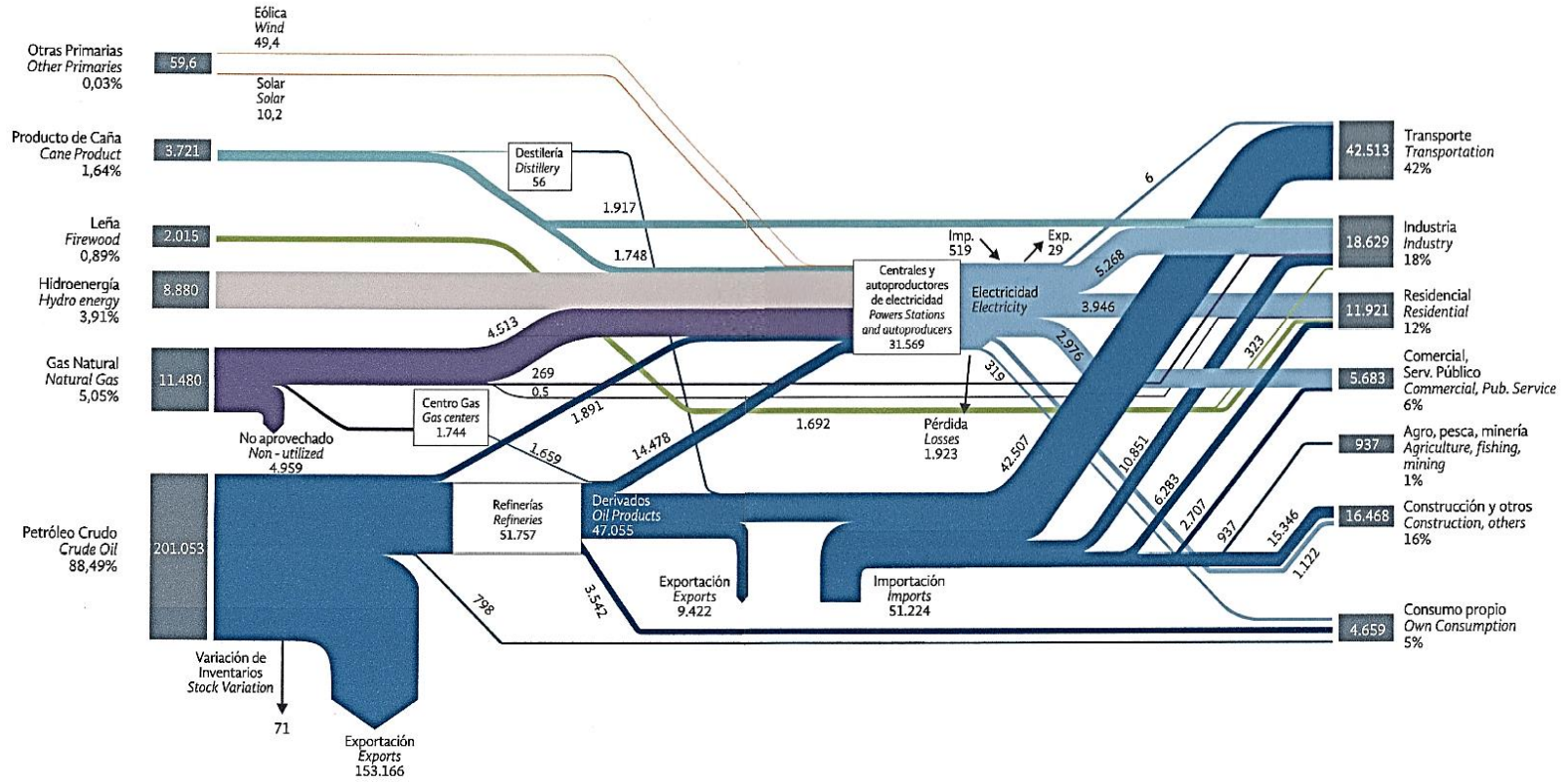
Internet, citas contextuales

1. Camacho Macas Jeferson, Propuesta de política energética para el Campus San Cayetano de la UTPL, bajo los requerimientos de la norma NTE INEN-ISO 50001[en línea]. Disponible en:<http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/7516/1/TESIS%20CAMACHO%20MACAS%20JEFERESON%20SANTIAGO.pdf>[Consulta: 2015, 12 de mayo].
2. Correa, Borroto, Alpha, Gonzáles, Curbelo, Díaz, Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011[en línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012014000100005[Consulta: 2016, 11 de enero].

3. CENACE, Ministerio de Electricidad y Energía Renovable [en línea]. Disponible en: <http://www.cenace.org.ec/>[Consulta: 2016, 29 de abril]
4. Encalada Ochoa Patricio (2013), Estudio de Desempeño y Eficiencia Energética en los Edificios de la Universidad de Cuenca [en línea]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/539>[Consulta: 2015, 20 de mayo].
5. Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos [en línea]. Disponible en: www.sectoresestrategicos.gob.ec/[Consulta: 2016, 14 de abril].
6. Ministerio de Electricidad y Energía Renovable [en línea]. Disponible en: <http://www.meer.gob.ec/>[Consulta: 2015, 5 de mayo].
7. JM Salazar Correa (2011), Modelo de gestión energética[en línea]. Disponible en: www.bdigital.unal.edu.co[Consulta: 2015, 29 de mayo].
8. Junta de Castilla y León, Consejería de Economía y Empleo - Ente Regional de la Energía de Castilla y León [en línea]. Disponible en: www.energia.jcyl.es/.../GUIA-GESTION-ENERGETICA INDUSTRIAL-EREN%20co... [Consulta: 2016, 17 de enero].
9. OLADE, Organización Latinoamericana de Energía [en línea]. Disponible en: <http://www.olade.org>.

ANEXOS

Anexo 1: Diagrama de Sankey, Balance Energético Nacional 2015 (Año base 2014)



Anexo 2: Reporte diario de generación eléctrica

REPORTE DIARIO PLANTA DE GENERACIÓN " PINDO "

CORTE A LAS 04:00

GENERACION - COMBUSTIBLES

FECHA: OCTUBRE - 19 - 2015

EQUIPOS DE GENERACION	ENERGIA GENERADA		ENERGIA PROMEDIO		CONSUMO COMBUSTIBLE		RELACION		HORAS O & M					
	ACTIVA (KWH)	REACT. (KVARH)	PROM.(KW)	PROM.(AMP)	SCF/dia - GAS.	GLS - DIESEL	KW / SCF	KW/GLS	HOROM.	H.OPER.	H.STBY	HMP	HMC	CONS.ACEITE
WAUK-7042	0	0	0	0	0		0,00		32015	0	24	0	0	0,0
WAUK-5794	19600	11110	817	1091	252809		0,08		87942	24	0	0	0	2,5
CAT -3512	19800	12380	825	1103		1219		16,24	6473	24	0	0	0	0,0
CAT -3516	1620	1000	68	90		125		12,96	30894	2	22	0	0	0,0
WAUK-3600	4090	2470	170	228	52754				15754	14	10	0	0	0,4
WAUK-7100	15310	9180	638	853	197475		0,08		13513	24	0	0	0	1,6
CAT-3412(movil)	0		0	0		0		0,00						
CAT-3412(Pin-Est)	0		0	0		0		0,00	75791	0	24	0	0	
CAT-C27(Pin-12)	10639		443	620		678		15,69	4781	24	0	0	0	
CAT-3512(Pin-14)	0		0	0		0		0,00						
DIF. AFORO						158			Costo diesel- \$/Gl		2	Costo kw		0,061357
TOTAL DIA	71059	36140	2961	3985	503038	2180			OFF		0 min			4,47

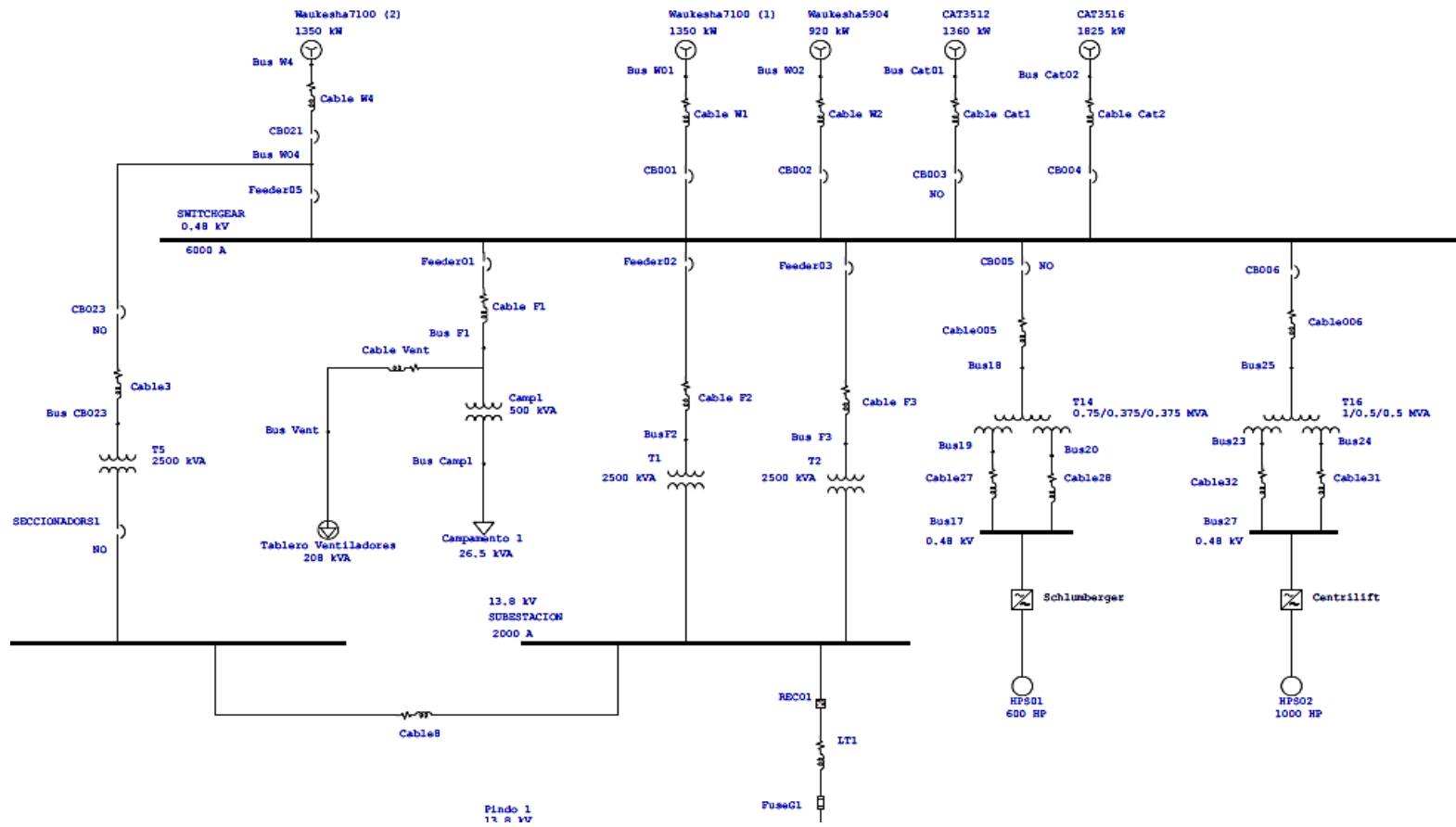
CONSUMOS: PRODUCCION - TRANSFERENCIA DE CRUDO

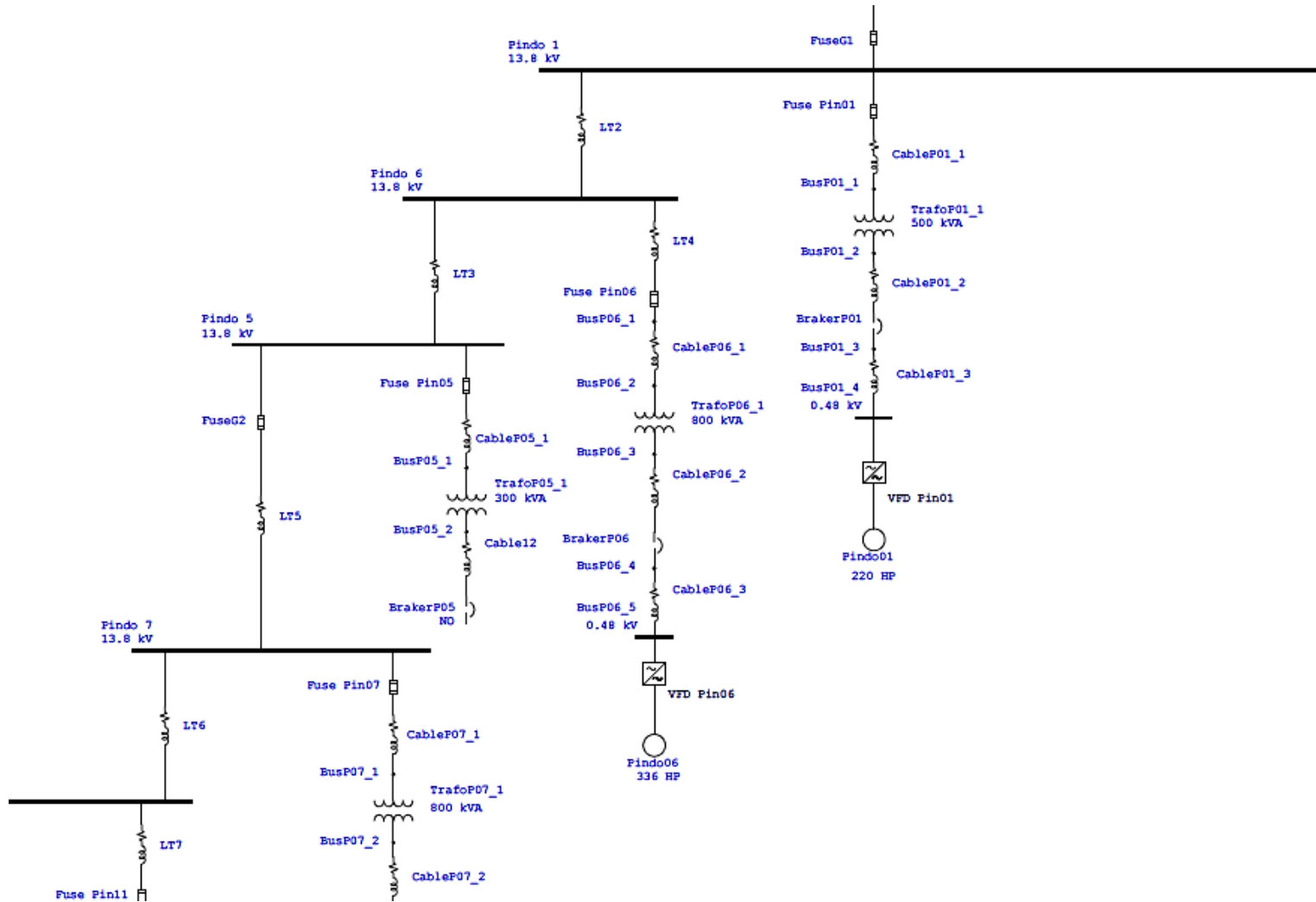
	PINDO-1	PINDO-6	PINDO-7	PINDO-9	PINDO-11	PINDO-13	PINDO-14	PINDO-15	PINDO-16	PINDO-17	PIN-21 (D)		PIN-ESTE	TRANSF. CRUDO
Hz	58,5	47,5	48,5	51,5	57	51,5	69	59,4	47	61,7	57,5		57,5	56
Amp	278	235	136	228	507	317	626	415	211	250	0		434	120
Val. Máx	313	250	168	260	536	317	727	430	219	273	245		450	240
	PINDO-19	PINDO-20	Mo electr P12											
Hz	57	49,2		35										
Amp	133	254		70										
Val. Máx	144	265		90										

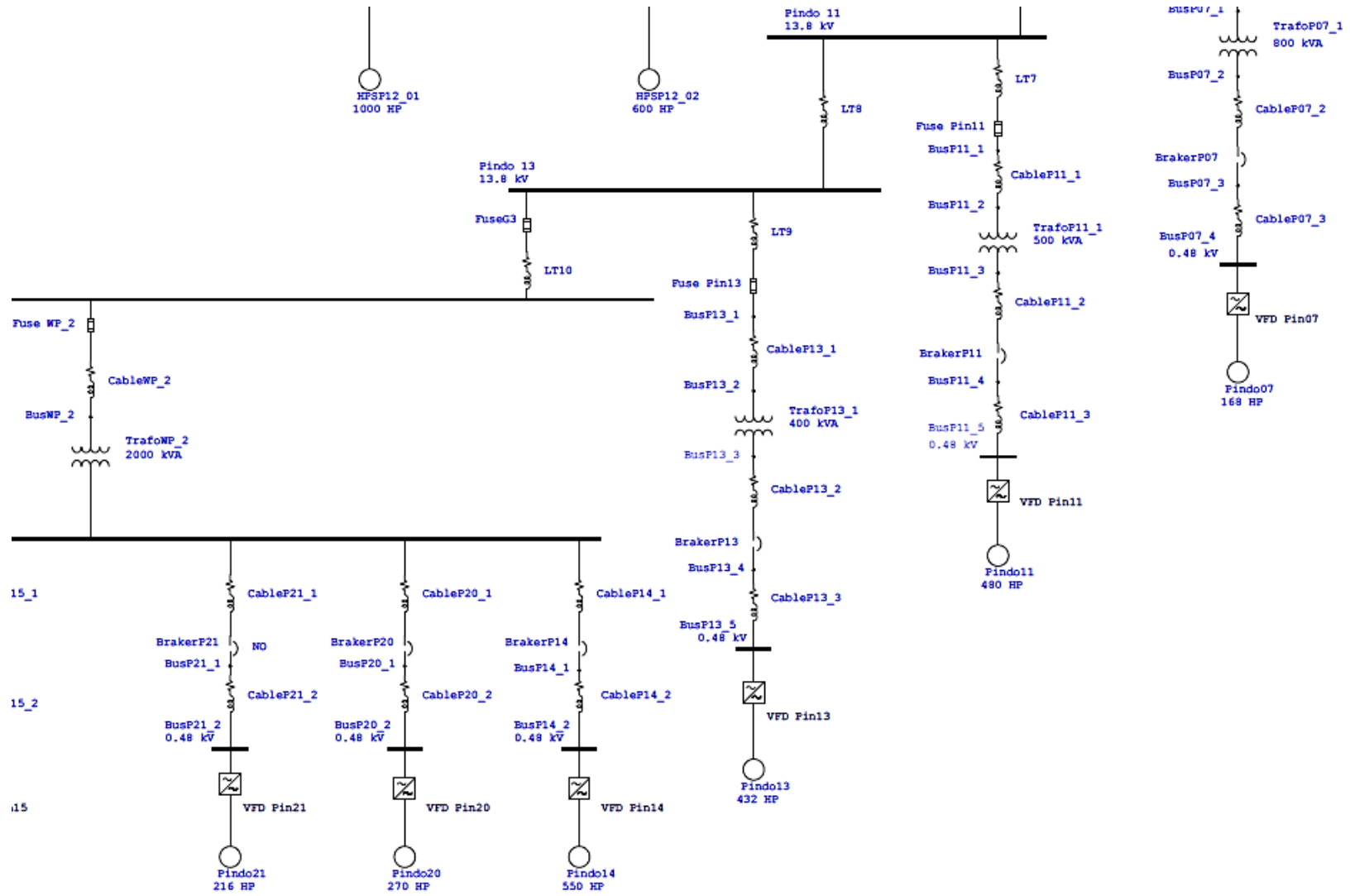
CONSUMOS: BOOSTER - INYECTORES - AUX. WAUK. - CAMPAMENTO

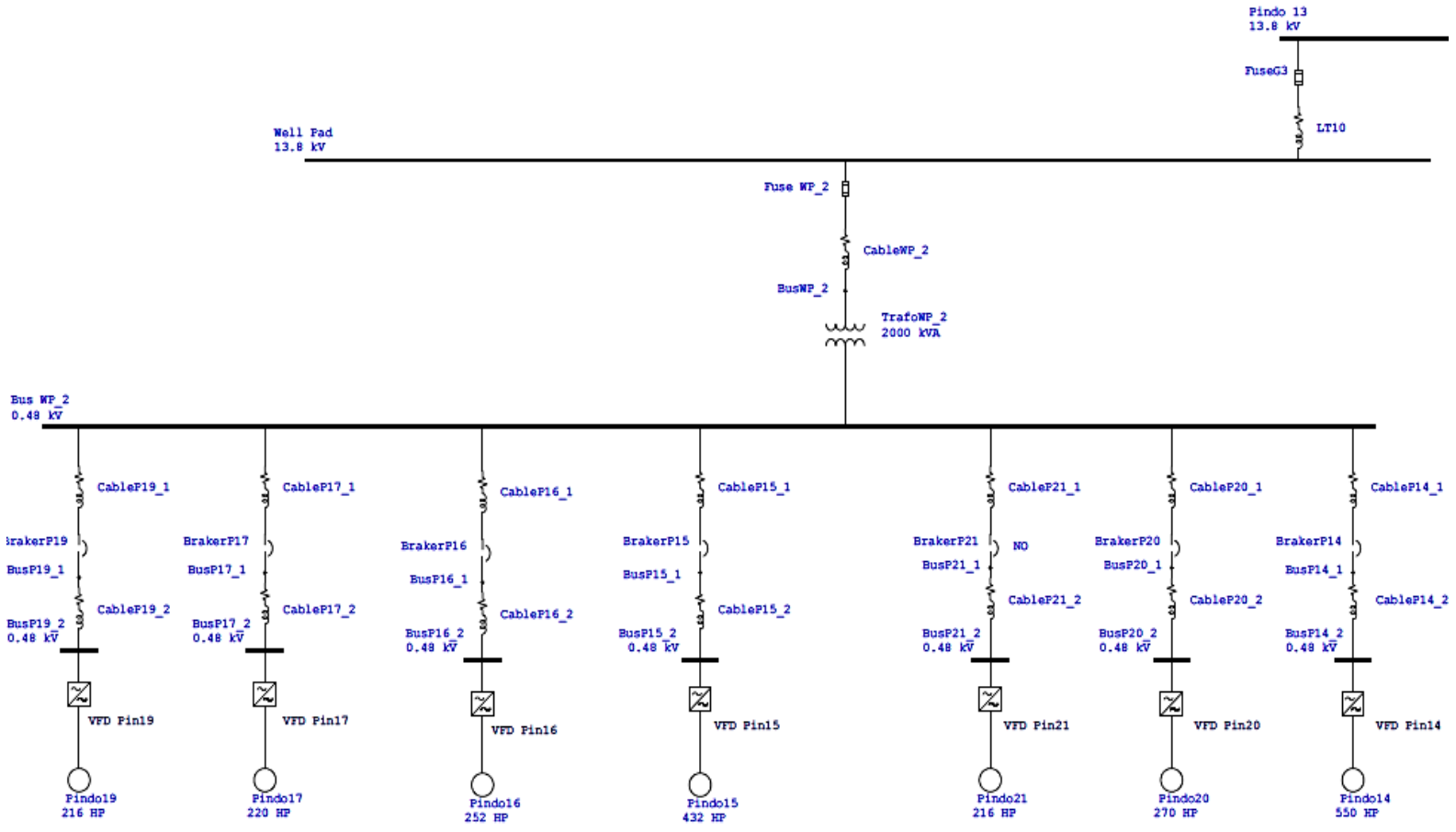
	REINYECCION AGUA										Aux. Wauk.	CAMP.	
	PINDO-12	PINDO-2	HORIZ (1)	HORIZ (2)	BOOST-PIND 1	BOOST-PIND 1	HPS-1	HPS-2	BOOST-PIND 12	BOOST-PIND 12			
Hz	54		0	50				53		53		60	60
Amp	618		0					31		45		160	60
	697		580	580				38				150	

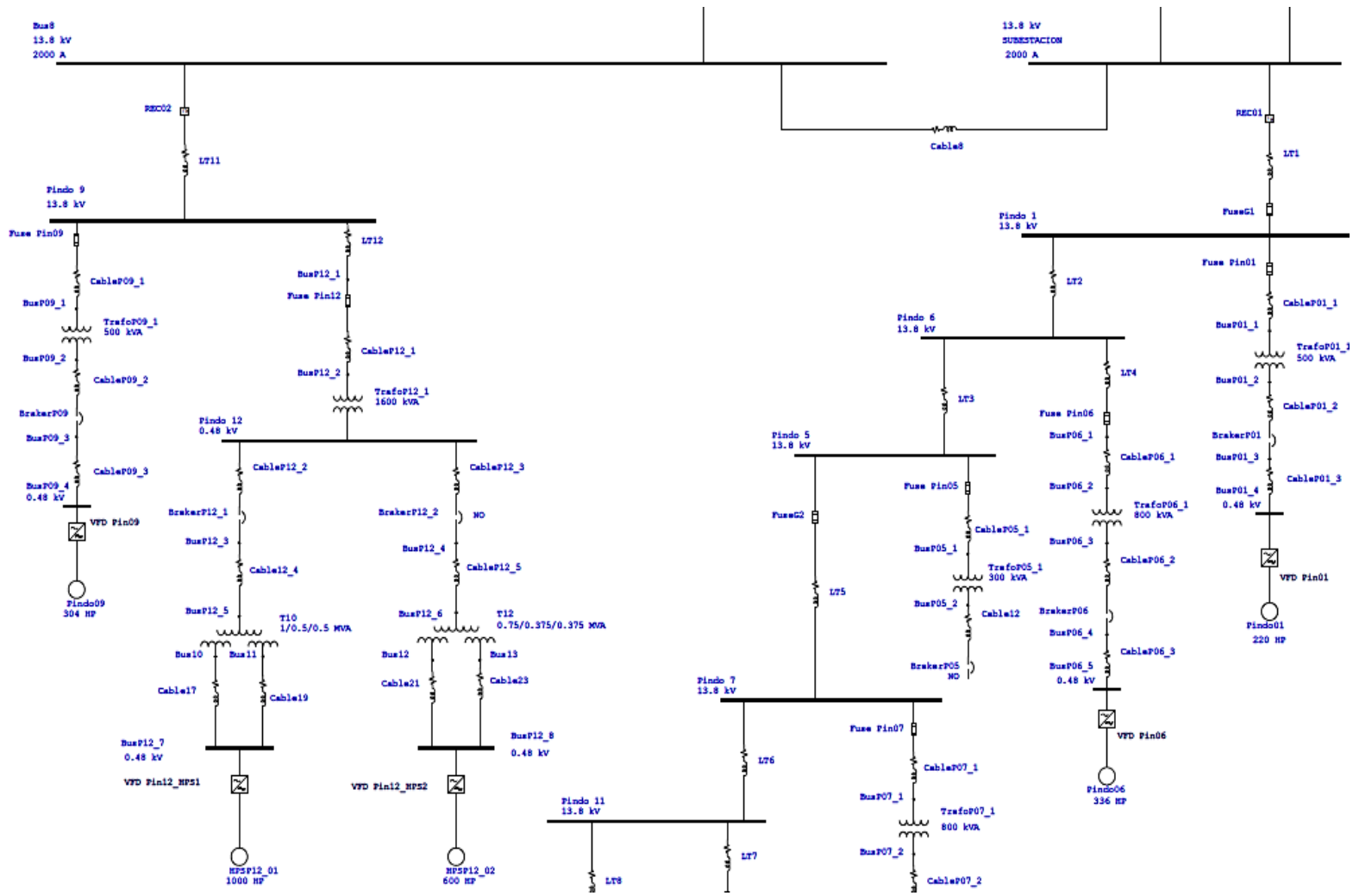
Anexo 3: Diagrama Unifilar Completo del Sistema de Suministro Eléctrico

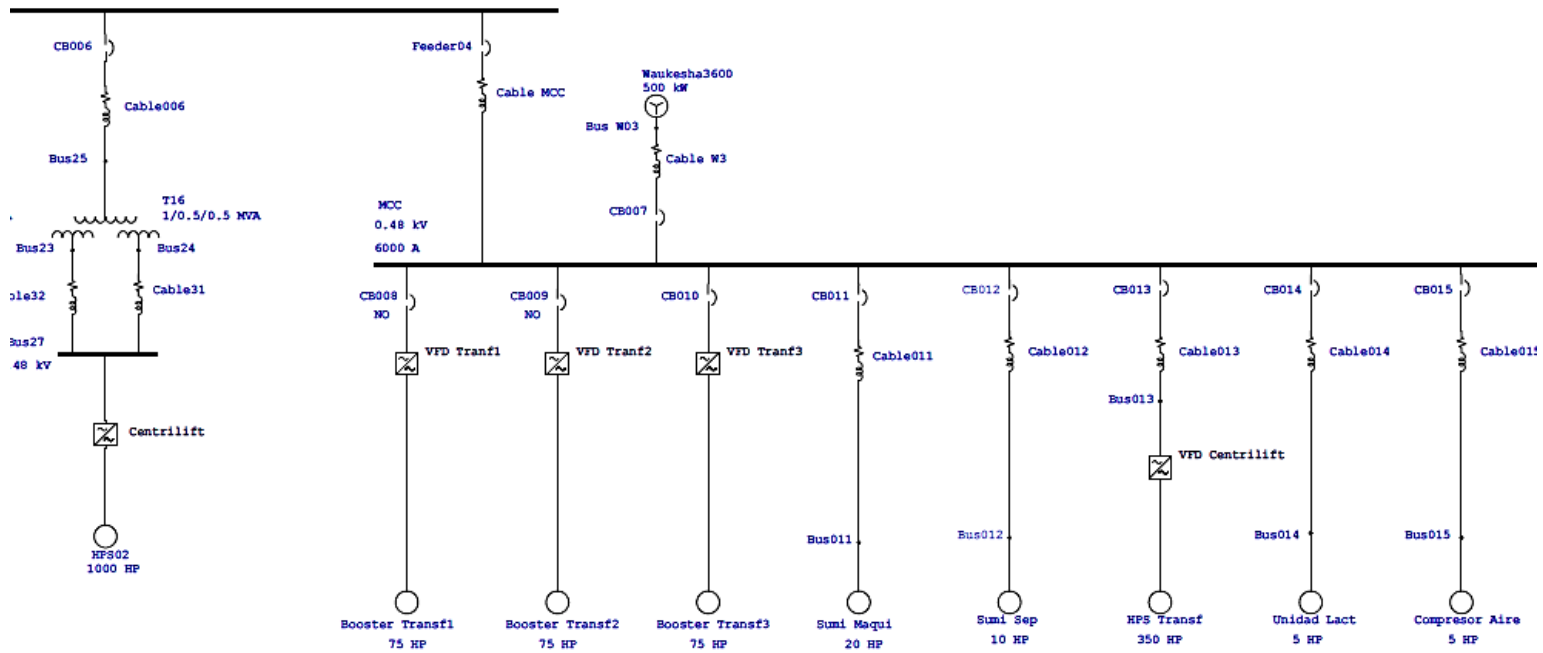


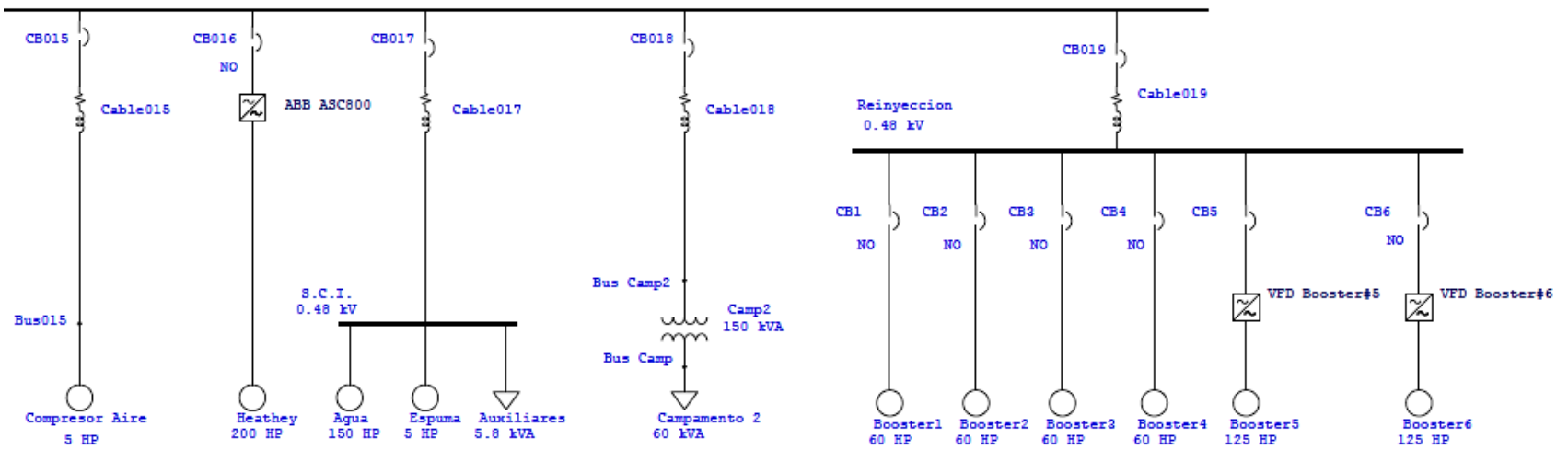




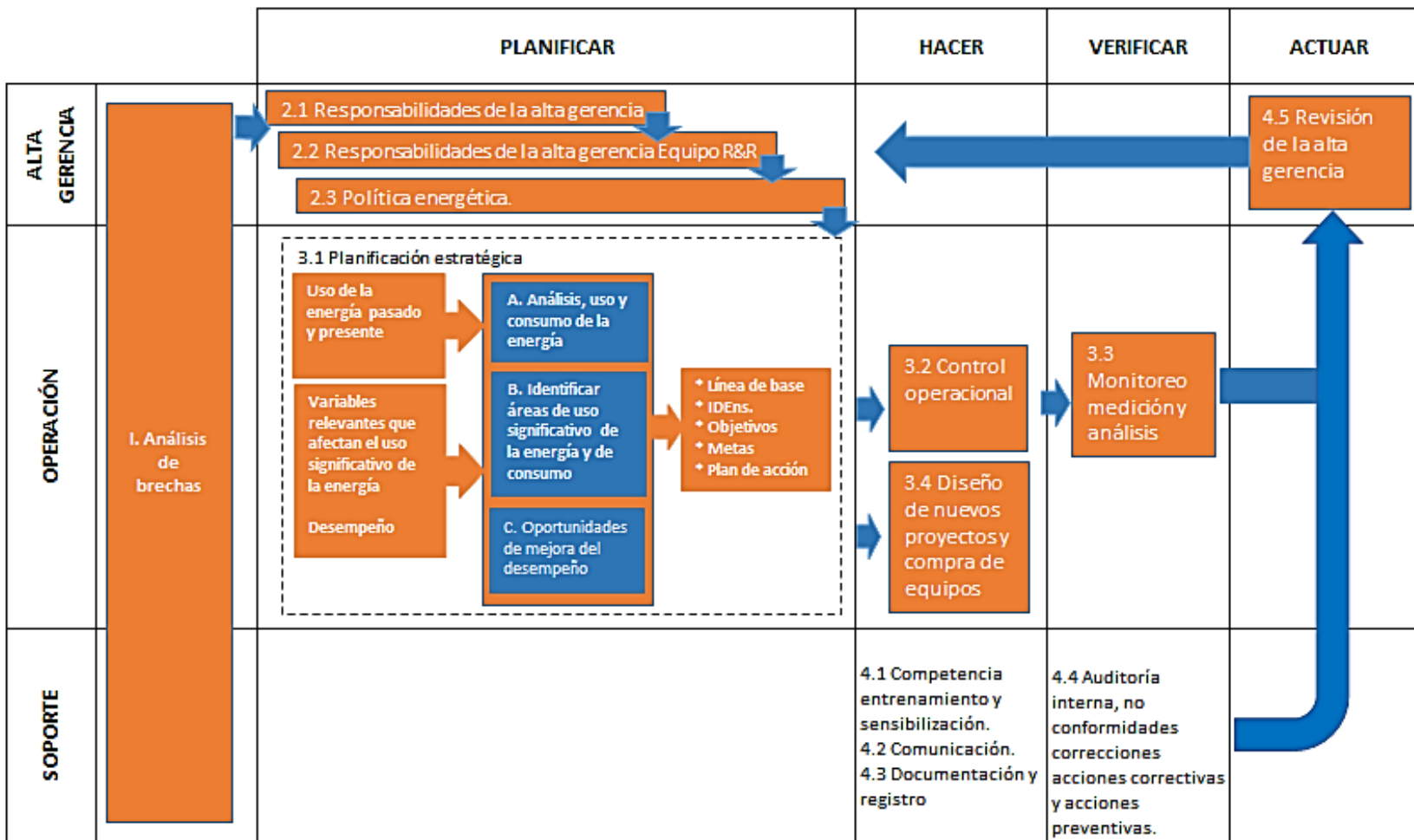








Anexo 4: Implementación del sistema de gestión de energía basada en ISO 50001



Anexo 5: Técnicas e instrumentos

TÉCNICA	INSTRUMENTO
MEDICIÓN	ANALIZADOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA. AMPERÍMETRO DE GANCHO. FLUJÓMETRO PARA GAS. CINTA/TABLA DE AFORO HOJA DE CÁLCULO EXCEL
ANÁLISIS DE REGISTROS ESTADÍSTICOS	CUADROS Y GRÁFICAS, MICROSOFT EXCEL
CÁLCULOS Y MODELACIÓN MATEMÁTICA	ECUACIONES MEDIANTE EL MICROSOFT EXCEL
SIMULACIÓN	SOFTWARE ETAP

Anexo 6: Información histórica de consumo de diésel y generación de energía eléctrica de grupos electrógenos Caterpillar

AÑO	MES	Consumo de Diésel - Generación Eléctrica			
		G.E. Caterpillar 3512		G.E. Caterpillar 3516	
		galones	kWh	galones	kWh
2014	Enero	35928	562390	0	0
	Febrero	13361	209370	0	0
	Marzo	3486	51250	796	5840
	Abril	17502	279240	2877	38880
	Mayo	18786	295770	28618	388590
	Junio	14814	236470	32642	438120
	Julio	33701	551930	13456	181150
	Agosto	37020	602940	7549	99070
	Septiembre	28468	457910	21496	282480
	Octubre	32361	520210	21125	275850
	Noviembre	13363	214630	53233	720840
	Diciembre	14727	234280	61058	821000
2015	Enero	8911	143550	63316	854860
	Febrero	11622	189810	51293	697640
	Marzo	28068	461530	26175	349320
	Abril	10427	167430	59771	817270
	Mayo	17521	283300	59565	812740
	Junio	19715	316720	33940	459710
	Julio	37099	552950	13343	176710
	Agosto	0	0	31695	424600
	Septiembre	0	0	13607	183410
	Octubre	0	0	28584	386580
	Noviembre	0	0	21615	287330
	Diciembre	36143	547900	23428	310680

Anexo 7: Información histórica de consumo de gas natural y generación de energía eléctrica de grupos electrógenos Waukesha

AÑO	MES	Consumo de Gas - Generación Eléctrica							
		G.E. Waukesha 7100 (#01)		G.E. Waukesha 7100 (#02)		G.E. Waukesha 5904		G.E. Waukesha 3600	
		pies cúbicos	kWh	pies cúbicos	kWh	pies cúbicos	kWh	pies cúbicos	kWh
2014	Enero	6562770	569900			6669873	574640	2390371	211750
	Febrero	5188169	440100	5006627,05	425230	5177648	439540	0	0
	Marzo	5328356	460540	5294925	458080	6798474	586650	0	0
	Abril	3664924	296320	5136649	440320	6648020,99	573570	103371	9820
	Mayo	5236265	433020	5387516	445400	7041245	2174400	0	0
	Junio	5268955	426270	5774890,04	467960	7114965	576040	203137	16220
	Julio	6826175	519840	6847950	521440	7886545	600620	143624	11020
	Agosto	6503876	481230	6743121	499640	8167777	604020	385711	29400
	Septiembre	6297795	433670	6336808	435210	8239412	565390	505726	34040
	Octubre	5992882	428380	6024846	429830	8360224	595560	627101	44040
	Noviembre	6090989	481610	5946762	468690	2426560	158610	2341209	197190
	Diciembre	6859414	511360	6248902	466730	0	0	3444472	257120
2015	Enero	7083460	509310	7055639	507700	0	0	3549475	254970
	Febrero	5911640	450600	6028265	458810	0	0	3337311	254040
	Marzo	5413735	415570	5902667	450800	2505826,04	177450	1944223	153800
	Abril	1860204	138650	6230195	474190	7519896	572510	1922171	147830
	Mayo	3504052	277840	5299881	410550	5201444,97	395370	2864296	222910
	Junio	2110364	159270	4484747	337970	7608339	574000	2354090	178220
	Julio	833206	63710	5959499	450480	7992185	606010	2324569	177190
	Agosto	4563790,003	357020	2650107	203010	7370485	574440	2233504	174430
	Septiembre	4022786	320790	2525409	199930	7379996	586670	2380125	189010
	Octubre	3913961	321400	3917182	320650	5591977	439690	1196501	96400
	Noviembre	5185913	396650	4923877	379990	7277223	562210	834696	66540
	Diciembre	5701386	409970	5746638	415450	7978779	574620	201054	14270

Anexo8: Información histórica de consumo global de energía eléctrica y producción total de petróleo.

AÑO	MES	Consumo global de energía eléctrica (kWh)	Producción total de petróleo (BBL)
2014	ene-14	2829111	561933
	feb-14	2602981	517392
	mar-14	2798446	558407
	abr-14	2680380	537759
	may-14	2480780	500412
	jun-14	2435486	485098
	jul-14	2532975	502925
	ago-14	2524571	484582
	sep-14	2457584	474241
	oct-14	2544492	491914
	nov-14	2468339	466770
	dic-14	2512609	468943
2015	ene-15	2494603	467533
	feb-15	2316551	434202
	mar-15	2612742	481888
	abr-15	2516919	472357
	may-15	2609797	478666
	jun-15	2506233	455667
	jul-15	2592386	471917
	ago-15	2572344	470342
	sep-15	2490194	457451
	oct-15	2258739	426013
	nov-15	2448192	481981
	dic-15	2498149	486928

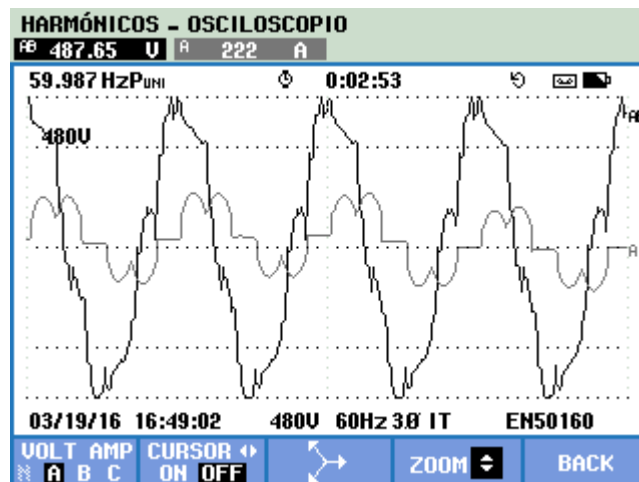
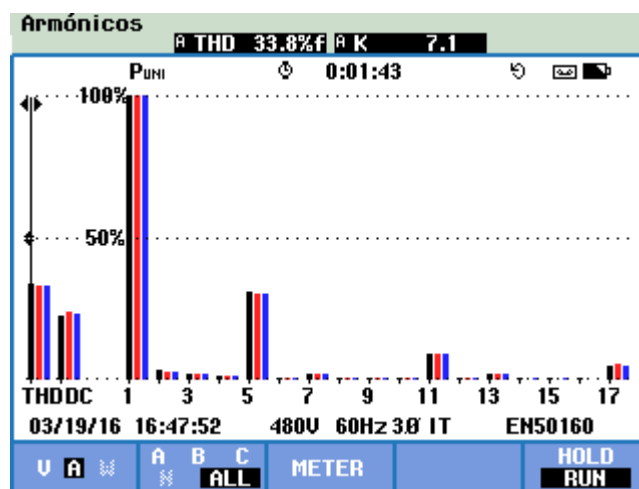
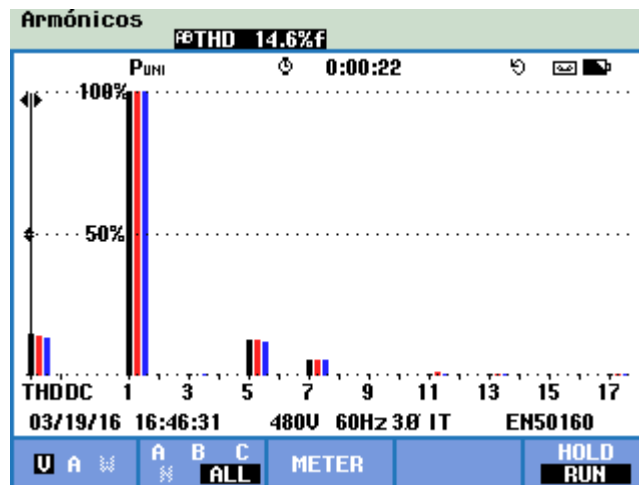
Anexo 9: Parámetros nominales y operativos de los variadores de velocidad

VARIADOR	Frec Hz	Ia (A)	Ib (A)	Ic (A)	Vout	# Pulsos	kVA - Nominal	Corriente nominal (A)
VSD PIN-01	58,5	254	276	284	462	6	390	469
VSD PIN-06	47,5	221	235	249	396	12 a 6	748	945
VSD PIN-07	47,2	134	149	134	399	12 a 6	518	624
VSD PIN-09	51,5	265	259	226	459	12 a 6	390	469
VSD PIN-11	58	538	482	515	449	12 a 6	518	624
VSD PIN-13	54	357	325	339	416	6	390	469
VSD PIN-14	69	694	611	646	471	12 a 6	748	900
VSD PIN-15	60	454	408	427	476	12 a 6	518	624
VSD PIN-16	47	195	208	218	373	12 a 6	748	900
VSD PIN-17	61,4	271	239	253	475	12 a 6	519	624
VSD PIN-19	52,5	136	125	147	454	12 a 6	390	469
VSD PIN-20	49,2	251	269	246	390	12 a 6	519	624
VSD PIN-21	54	196	211	196	421	12 a 6	519	624
VSD HPS TRANSFERENCIA	52	156	162	150	399	6	260	313
VSD HPS REINYECCION PIN-12	51,5	759	775	736	423	12	1000	1203

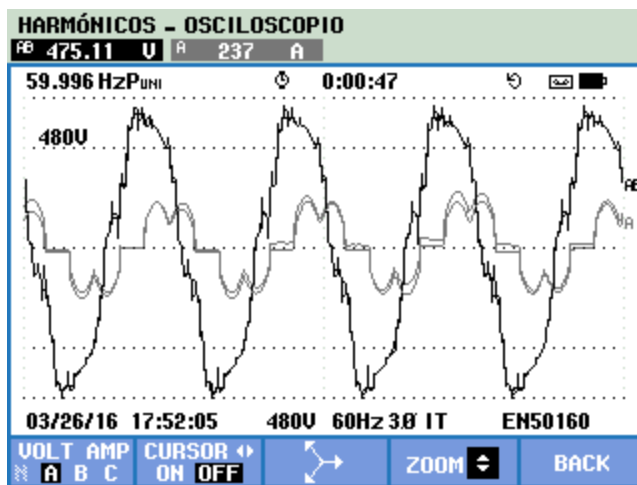
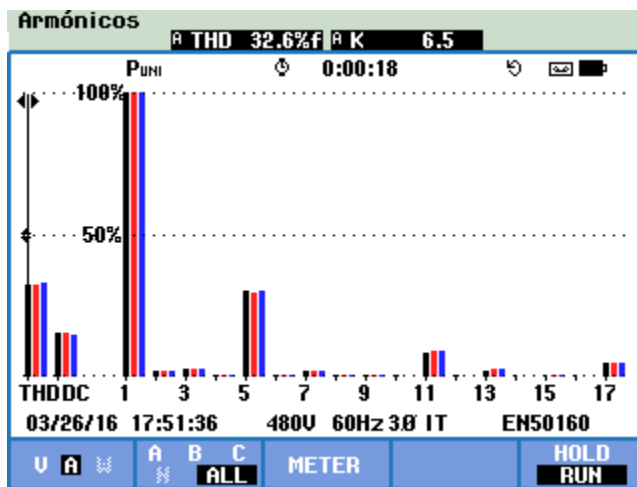
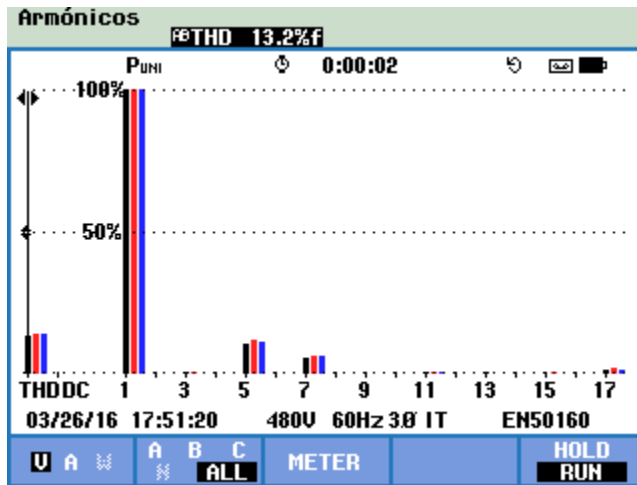
VARIADOR	Voltaje de Entrada (V)			Corriente de Entrada (A)		
	VAB	VAC	VBC	IA	IB	IC
VSD PIN-01	464	462	461	228	227	225
VSD PIN-06	471	474	472	109	110	113
VSD PIN-07	469	470	473	102	100	102
VSD PIN-09	472	472	475	237	234	233
VSD PIN-11	463	465	462	443	449	449
VSD PIN-13	475	477	474	291	296	294
VSD PIN-14	469	474	469	276	297	295
VSD PIN-15	470	475	469	379	379	382
VSD PIN-16	468	471	466	105	106	114
VSD PIN-17	470	474	470	241	245	249
VSD PIN-19	471	475	473	118	125	117
VSD PIN-20	468	472	466	263	269	252
VSD PIN-21	470	473	470	171	191	189
VSD HPS TRANSFERENCIA	479	480	478	111	113	113
VSD HPS REINYECCION PIN-12	473	472	474	697	689	684

Anexo 10: Análisis espectral de tensión y de corriente en los PCC

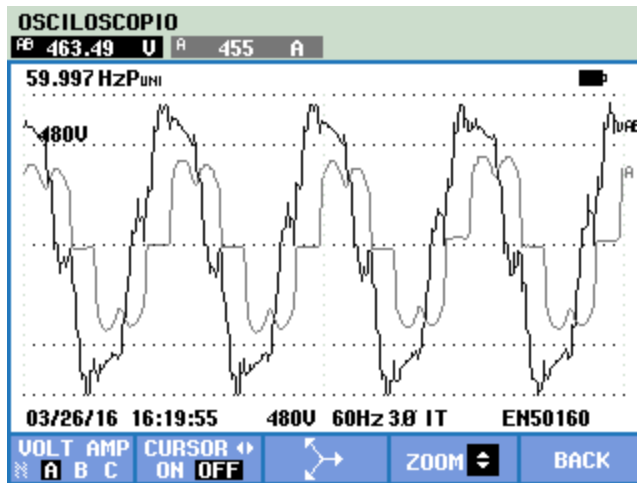
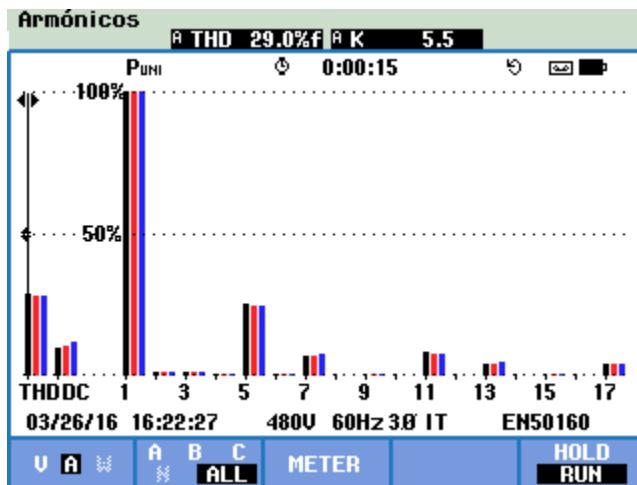
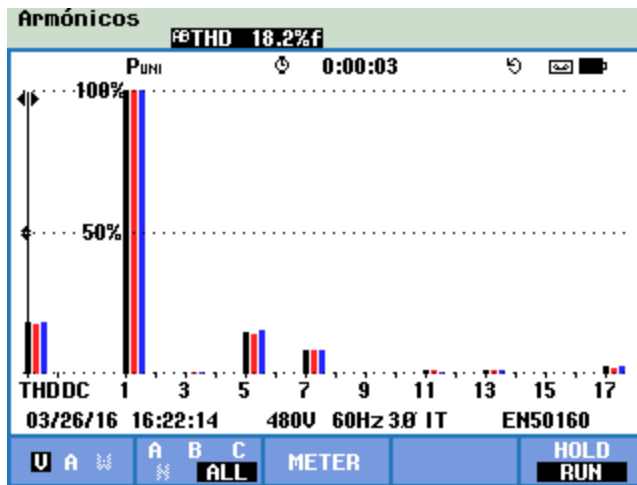
Bus P01_4



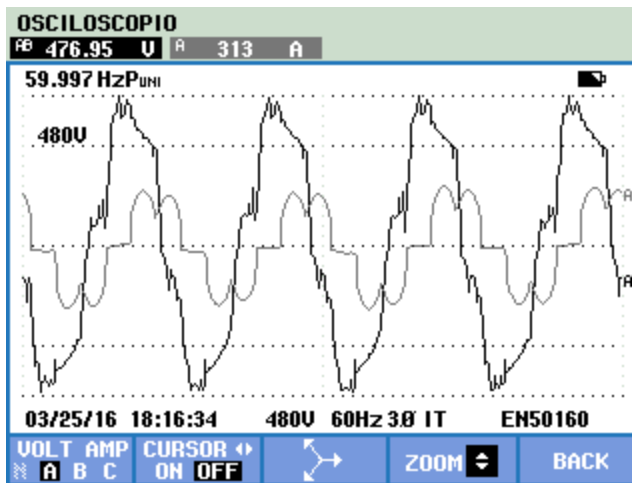
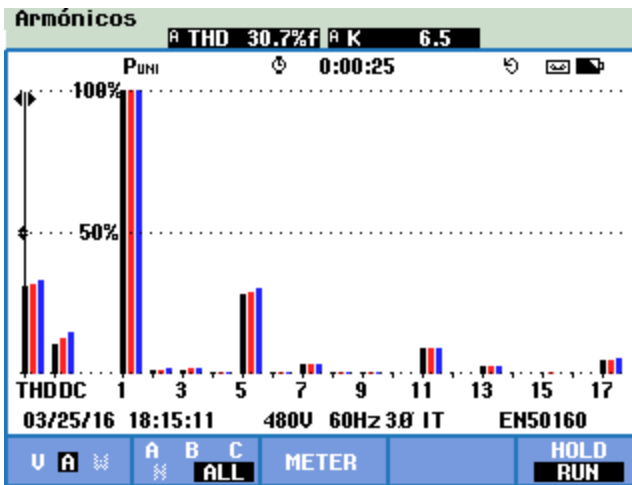
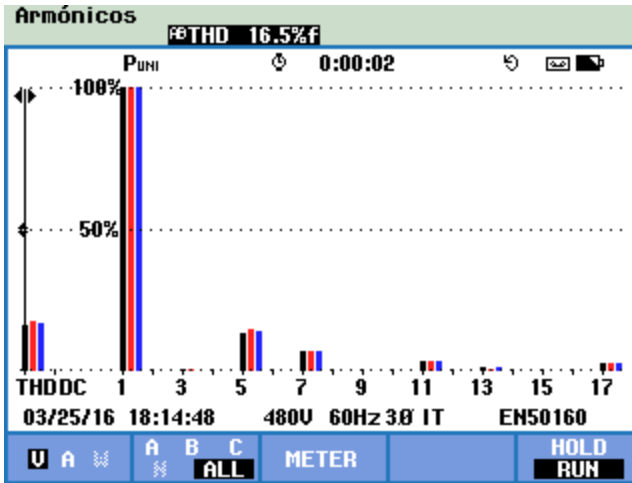
Bus P09_4



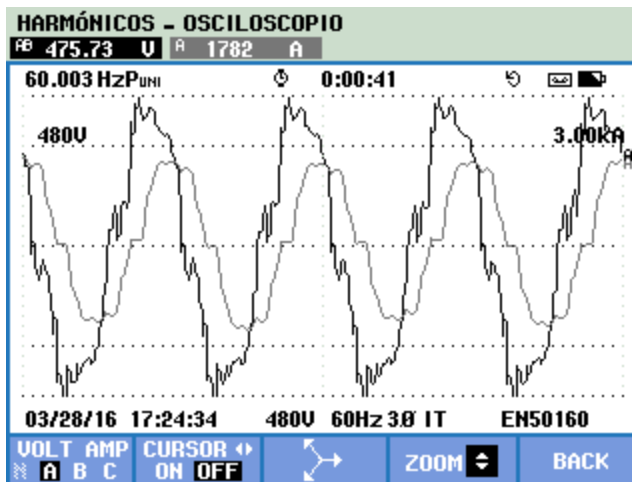
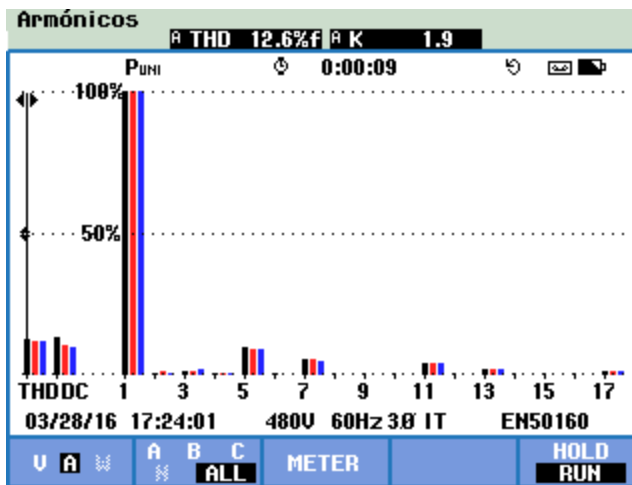
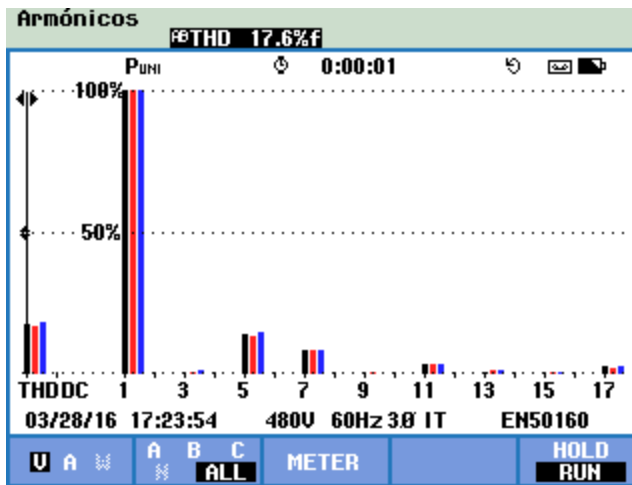
Bus P11_5



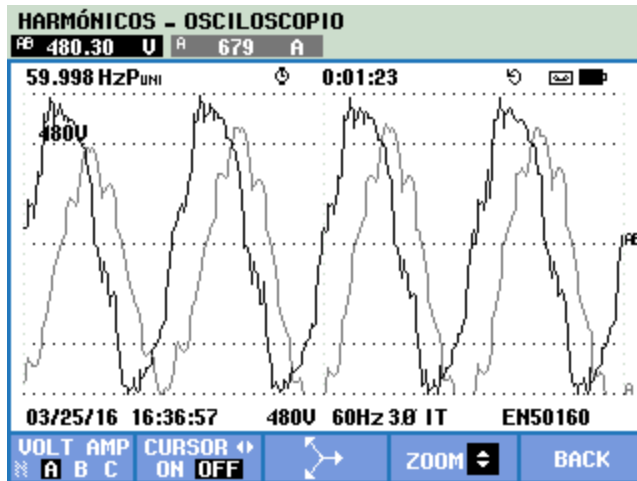
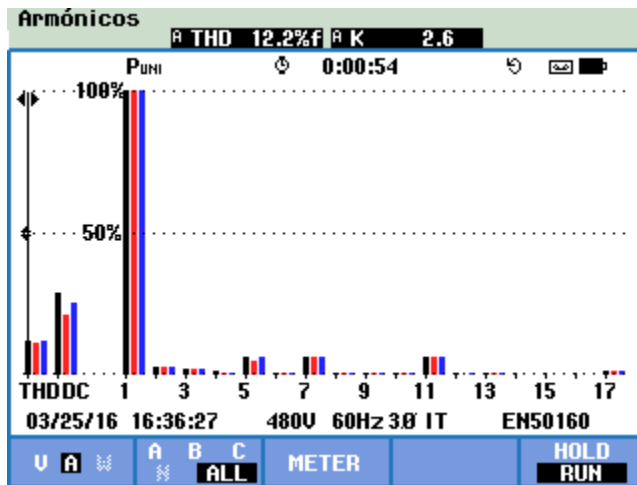
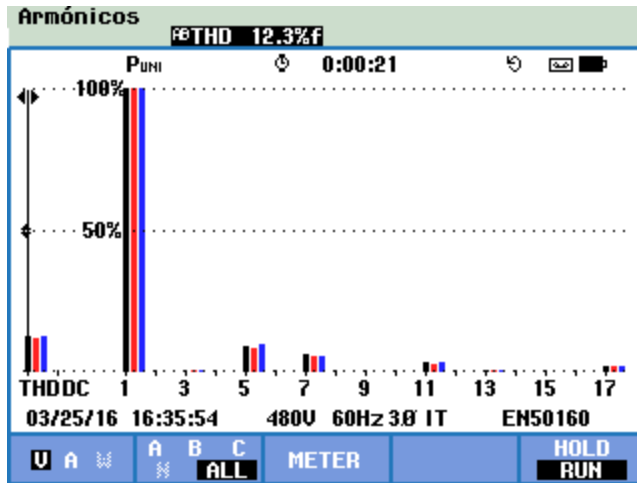
Bus P13_5



Bus WP_2



Bus P12_7



Anexo 11: Reporte de simulación de pérdidas eléctricas totales antes de incorporar los filtros

CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd	
	ID	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	% Drop in Vmag
Cable017		0.006	0.000	-0.006	0.000	0.0	0.0	99.5	99.4	0.04
Cable019		0.065	0.029	-0.065	-0.029	0.1	0.1	99.5	99.3	0.22
Cable MCC		-0.378	-0.173	0.378	0.173	0.7	0.7	99.5	99.7	0.22
LT1		-1.836	-0.851	1.837	0.851	1.3	0.4	100.1	100.2	0.07
LT2		1.681	0.779	-1.680	-0.778	1.1	0.3	100.1	100.1	0.06
LT3		-1.616	-0.751	1.619	0.752	2.6	0.8	99.9	100.1	0.15
LT5		1.616	0.751	-1.614	-0.751	2.6	0.8	99.9	99.8	0.15
LT6		1.561	0.727	-1.558	-0.726	2.4	0.7	99.8	99.6	0.15
LT8		1.243	0.580	-1.241	-0.580	1.8	0.6	99.6	99.5	0.14
LT10		1.054	0.493	-1.053	-0.493	1.7	0.5	99.5	99.3	0.15
T10		0.464	0.197	-0.231	-0.097	1.7	4.0	100.6	100.0	0.63
T10				-0.231	-0.097			100.6	100.0	0.63
						74.1	202.9			

Anexo 12: Reporte de simulación de pérdidas eléctricas totales después de incorporar los filtros

CKT / Branch	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd	
	ID	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	% Drop in Vmag
Cable MCC		-0.378	-0.173	0.379	0.173	0.7	0.7	99.7	99.9	0.22
LT1		-1.625	0.725	1.626	-0.724	1.0	0.3	100.3	100.4	0.05
LT2		1.465	-0.661	-1.464	0.662	0.8	0.3	100.3	100.3	0.04
LT3		-1.401	0.688	1.403	-0.688	2.0	0.6	100.2	100.3	0.10
LT5		1.401	-0.688	-1.399	0.689	2.0	0.6	100.2	100.1	0.10
LT6		1.346	-0.712	-1.344	0.713	1.9	0.6	100.1	100.0	0.09
LT8		1.177	-0.518	-1.175	0.519	1.6	0.5	100.0	99.9	0.10
LT10		0.982	-0.435	-0.980	0.436	1.4	0.4	99.9	99.8	0.10
T10		0.228	0.096	-0.114	-0.047	0.4	0.9	102.2	101.9	0.30
T10				-0.114	-0.047			102.2	101.9	0.30
						53.6	137.7			

Anexo 13. Distribución Chi Cuadrado χ^2

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado, v = Grados de Libertad

v/p	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7055	2,0722	1,6424	1,3233	1,0742	0,8735	0,7083	0,5707	0,4549
2	13,8150	11,9827	10,5965	9,2104	7,3778	5,9915	4,6052	3,7942	3,2189	2,7726	2,4079	2,0996	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,3202	12,8381	11,3449	9,3484	7,8147	6,2514	5,3170	4,6416	4,1083	3,6649	3,2831	2,9462	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,4238	14,8602	13,2767	11,1433	9,4877	7,7794	6,7449	5,9886	5,3853	4,8784	4,4377	4,0446	3,6871	3,3567
5	20,5147	18,3854	16,7496	15,0863	12,8325	11,0705	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5731	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5475	16,8119	14,4494	12,5916	10,6446	9,4461	8,5581	7,8408	7,2311	6,6948	6,2108	5,7652	5,3481
7	24,3213	22,0402	20,2777	18,4753	16,0128	14,0671	12,0170	10,7479	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,2832	6,8000	6,3458
8	26,1239	23,7742	21,9549	20,0902	17,5345	15,5073	13,3616	12,0271	11,0301	10,2189	9,5245	8,9094	8,3505	7,8325	7,3441
9	27,8767	25,4625	23,5893	21,6660	19,0228	16,9190	14,6837	13,2880	12,2421	11,3887	10,6564	10,0060	9,4136	8,8632	8,3428
10	29,5879	27,1119	25,1881	23,2093	20,4832	18,3070	15,9872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,3418
11	31,2635	28,7291	26,7569	24,7250	21,9200	19,6752	17,2750	15,7671	14,6314	13,7007	12,8987	12,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,9092	30,3182	28,2997	26,2170	23,3367	21,0261	18,5493	16,9893	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5274	31,8830	29,8193	27,6882	24,7356	22,3620	19,8119	18,2020	16,9848	15,9839	15,1187	14,3451	13,6356	12,9717	12,3398
14	36,1239	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2221	15,4209	14,6853	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8015	30,5780	27,4884	24,9958	22,3071	20,6030	19,3107	18,2451	17,3217	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	39,2518	36,4555	34,2671	31,9999	28,8453	26,2962	23,5418	21,7931	20,4651	19,3689	18,4179	17,5646	16,7795	16,0425	15,3385
17	40,7911	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6146	20,4887	19,5110	18,6330	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,3119	39,4220	37,1564	34,8052	31,5264	28,8693	25,9894	24,1555	22,7595	21,6049	20,6014	19,6993	18,8679	18,0860	17,3379
19	43,8194	40,8847	38,5821	36,1908	32,8523	30,1435	27,2036	25,3289	23,9004	22,7178	21,6891	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3358	39,9969	37,5663	34,1696	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	23,8277	22,7745	21,8265	20,9514	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9322	35,4789	32,6706	29,6151	27,6620	26,1711	24,9348	23,8578	22,8876	21,9915	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2894	36,7807	33,9245	30,8133	28,8224	27,3015	26,0393	24,9390	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7276	46,6231	44,1814	41,6383	38,0756	35,1725	32,0069	29,9792	28,4288	27,1413	26,0184	25,0055	24,0689	23,1852	22,3369
24	51,1790	48,0336	45,5584	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5533	28,2412	27,0960	26,0625	25,1064	24,2037	23,3367
25	52,6187	49,4351	46,9280	44,3140	40,6465	37,6525	34,3816	32,2825	30,6752	29,3388	28,1719	27,1183	26,1430	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2898	45,6416	41,9231	38,8851	35,5632	33,4295	31,7946	30,4346	29,2463	28,1730	27,1789	26,2395	25,3365
27	55,4751	52,2152	49,6450	46,9628	43,1945	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,5284	30,3193	29,2266	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5939	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9159	35,7150	34,0266	32,6205	31,3909	30,2791	29,2486	28,2740	27,3362
29	58,3006	54,9662	52,3355	49,5878	45,7223	42,5569	39,0875	36,8538	35,1394	33,7109	32,4612	31,3308	30,2825	29,2908	28,3361

Anexo 14. Hoja de Trabajo para Documentar los Criterios y Metodología para determinar los Usos Significativos de Energía.

Métodos utilizados para determinar los usos significativos de energía:

- Listado maestro de equipos por fuente de energía
- Diagrama Energético-Productivo
- Balance energético
- Estratificación
- Clasificación de mayor a menor (Ranking)
- Principio de Pareto
- Mapeo de energía
- Otros: _____
- Describa el criterio o los criterios tomados en consideración en la metodología utilizada para seleccionar los usos de energía que fueron determinados como significativos para la organización:

- Preparado por:** _____ **Fecha:** _____
- Nota: El criterio utilizado para seleccionar los usos de energía como significativos dependerá del método aplicado. Para un balance energético, el criterio podría ser un porcentaje del consumo total de energía para cada fuente (por ejemplo, los usos de energía que representan más del 20% del consumo total de gas natural). Para el método de clasificación de mayor a menor (ranking), el criterio podría ser seleccionar los tres usos de energía con mayor consumo, o las tres mejores oportunidades de mejora del desempeño energético basadas en el costo o en el retorno de la inversión. Para el método de Pareto. El criterio de selección podría estar basado en el 20% de los usos de energía que consumen el 80% del total que consume la organización. Criterios similares se pueden establecer para otros métodos de selección.

Anexo 15: Autorización para la elaboración de la propuesta



D.M. de Quito, 05 de julio de 2016

Señores

Universidad Técnica de Cotopaxi

Latacunga

Atención: Lic. MSc. Nelson Chiguano

De nuestras consideraciones:

Por medio de la presente autorizamos al Ing. Fabián Cevallos a utilizar datos energéticos pertenecientes al Consorcio Petrosud Petroriva de los años 2014 y 2015, para la elaboración de su tesis cuyo tema es: "DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DEL PORTADOR ENERGÉTICO ELECTRICIDAD EN EL BLOQUE DE EXTRACCIÓN DE PETROLEO 65, OPERADO POR EL CONSORCIO PETROSUD PETRORIVA, DURANTE EL AÑO 2015. PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MEJORA PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN BASE A LA NORMA ISO 50001".

El Ing. Fabián Cevallos podrá hacer uso de esta autorización únicamente para los fines detallados en el párrafo anterior.

Sin otro particular suscribo.


Iván Peñaherrera
Gerente de Operaciones

CONSORCIO
PETROSUD - PETRORIVA


Marcia Cardenas
Gerente de Recursos Humanos

CONSORCIO PETROSUD PETRORIVA

Anexo 16: Validación de la propuesta e instrumento



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

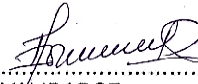
INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

TÍTULO DE LA PROPUESTA: DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DEL PORTADOR ENERGÉTICO ELECTRICIDAD EN EL BLOQUE DE EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO 65, OPERADO POR EL CONSORCIO PETROSUD PETRORIVA, DURANTE EL AÑO 2015. PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MEJORA PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN BASE A LA NORMA ISO 50001.

3 = MUY SATISFACTORIO 2 = SATISFACTORIO 1 = POCO SATISFACTORIO

ASPECTOS	3	2	1	OBSERVACIONES
1. EL TEMA: <ul style="list-style-type: none"> Identificación de la propuesta. Originalidad. Impacto. 	X			
2. OBJETIVO: <ul style="list-style-type: none"> Determinación clara y concisa. Factibilidad. Utilidad. 	X			
3. JUSTIFICACIÓN: <ul style="list-style-type: none"> Contribuye a mejorar la organización. Contribuye un aporte para la institución o empresa. 		X		
4. FUNDAMENTACIÓN TEORICA: <ul style="list-style-type: none"> Se fundamenta en teorías científicas contemporáneas. Los conceptos son de fácil comprensión. Utiliza terminología básica y específica. 		X		
5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA: <ul style="list-style-type: none"> Presenta un orden lógico. Tiene coherencia entre si los componentes de la propuesta. Se ajusta a la realidad del contexto social. Es sugestivo e interesante. Es de fácil manejo. 		X		
TOTAL				

VALIDADO POR:	Nombre: <i>Mt. Diana García Rúa</i>		
Área de Trabajo:	Título Profesional:	Cargo u Ocupación:	Año de Experiencia:
<i>CIVIL</i>	<i>Ph.D. en Ciencias Exactas</i>	<i>Docente</i>	<i>32</i>
Observaciones:			
Fecha:	Tel.:	Dirección del Trabajo:	C.I.:
<i>7/07/2016</i>	<i>0984340220</i>	<i>Latacunga</i>	<i>1707070659</i>

f. 
VALIDADOR



RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS		
P = PERTINENTE		NP = NO PERTINENTE
ITEMS	A	OBSERVACIONES
1	P	
2	P	
3	P	
4	P	
5	P	
6	P	
7	P	
8	P	
9	P	

Iliana González Palau 
VALIDADOR

cc. 1757070659.....



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

CALIDAD TÉCNICA Y REPRESENTATIVIDAD
(DEBE CONSTAR TODOS LOS ITEMS DE LA ENCUESTA)

CALIDAD TÉCNICA Y REPRESENTATIVIDAD				
O= OPTIMA		B= BUENA	R= REGULAR	D= DEFICIENTE
ITEMS	B	OBSERVACIONES		
1	O			
2	B			
3	O			
4	O			
5	O			
6	B			
7	B			
8	B			
9	O			

Iliana González Palau *[Signature]*
VALIDADOR

cc. 1757070659



LENGUAJE

A= ADECUADO		LENGUAJE	I= INADECUADO
ITEMS	C	OBSERVACIONES	
1	A		
2	A		
3	A		
4	A		
5	A		
6	A		
7	A		
8	A		
9	A		

Iliana González Palco 
VALIDADOR

cc. 1757070659...



INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

TÍTULO DE LA PROPUESTA: DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DEL PORTADOR ENERGÉTICO ELECTRICIDAD EN EL BLOQUE DE EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO 65, OPERADO POR EL CONSORCIO PETROSUD PETRORIVA, DURANTE EL AÑO 2015. PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MEJORA PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN BASE A LA NORMA ISO 50001.

3 = MUY SATISFACTORIO 2 = SATISFACTORIO 1 = POCO SATISFACTORIO

ASPECTOS	3	2	1	OBSERVACIONES
1. EL TEMA: <ul style="list-style-type: none"> Identificación de la propuesta. Originalidad. Impacto. 		X		
2. OBJETIVO: <ul style="list-style-type: none"> Determinación clara y concisa. Factibilidad. Utilidad. 		X		
3. JUSTIFICACIÓN: <ul style="list-style-type: none"> Contribuye a mejorar la organización. Contribuye un aporte para la institución o empresa. 		X		
4. FUNDAMENTACIÓN TEORICA: <ul style="list-style-type: none"> Se fundamenta en teorías científicas contemporáneas. Los conceptos son de fácil comprensión. Utiliza terminología básica y específica. 		X		
5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA: <ul style="list-style-type: none"> Presenta un orden lógico. Tiene coherencia entre si los componentes de la propuesta. Se ajusta a la realidad del contexto social. Es sugestivo e interesante. Es de fácil manejo. 		X		
TOTAL				

VALIDADO POR:	Nombre: <u>Gustavo Robinson Salcedo</u>		
Área de Trabajo:	Título Profesional:	Cargo u Ocupación:	Año de Experiencia:
<u>UTC</u>	<u>Ingeniero Mecánico</u>	<u>Docente</u>	<u>13</u>
Observaciones:			
Fecha:	Tel.:	Dirección del Trabajo:	C.I.:
<u>06/07/2016</u>	<u>0987658959</u>	<u>UTC</u>	<u>1759001357</u>

f.
VALIDADOR



RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS		
P = PERTINENTE		NP = NO PERTINENTE
ÍTEMS	A	OBSERVACIONES
1	P	
2	P	
3	P	
4	P	
5	P	
6	P	
7	P	
8	P	
9	P	

f. 
VALIDADOR

CC. 1759001352



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

CALIDAD TÉCNICA Y REPRESENTATIVIDAD
(DEBE CONSTAR TODOS LOS ITEMS DE LA ENCUESTA)

CALIDAD TÉCNICA Y REPRESENTATIVIDAD				
O= OPTIMA		B= BUENA	R= REGULAR	D= DEFICIENTE
ITEMS	B	OBSERVACIONES		
1	<input type="radio"/>			
2	<input type="radio"/>			
3	<input type="radio"/>			
4	<input type="radio"/>			
5	<input type="radio"/>			
6	<input type="radio"/>			
7	<input type="radio"/>			
8	<input type="radio"/>			
9	<input type="radio"/>			

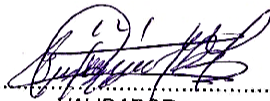
f. 
VALIDADOR

CC. 1787001357.....



LENGUAJE

A= ADECUADO		LENGUAJE	I= INADECUADO
ITEMS	C	OBSERVACIONES	
1	A		
2	A		
3	A		
4	A		
5	A		
6	A		
7	A		
8	A		
9	A		

f. 
VALIDADOR

CC.175.7001357.....



INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

TÍTULO DE LA PROPUESTA: DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DEL PORTADOR ENERGÉTICO ELECTRICIDAD EN EL BLOQUE DE EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO 65, OPERADO POR EL CONSORCIO PETROSUD PETRORIVA, DURANTE EL AÑO 2015. PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MEJORA PARA LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN BASE A LA NORMA ISO 50001.

3 = MUY SATISFACTORIO	2 = SATISFACTORIO	1 = POCO SATISFACTORIO
-----------------------	-------------------	------------------------

ASPECTOS	3	2	1	OBSERVACIONES
1. EL TEMA: <ul style="list-style-type: none"> Identificación de la propuesta. Originalidad. Impacto. 	X			
2. OBJETIVO: <ul style="list-style-type: none"> Determinación clara y concisa. Factibilidad. Utilidad. 	X			
3. JUSTIFICACIÓN: <ul style="list-style-type: none"> Contribuye a mejorar la organización. Contribuye un aporte para la institución o empresa. 		X		
4. FUNDAMENTACIÓN TEORICA: <ul style="list-style-type: none"> Se fundamenta en teorías científicas contemporáneas. Los conceptos son de fácil comprensión. Utiliza terminología básica y específica. 		X		
5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA: <ul style="list-style-type: none"> Presenta un orden lógico. Tiene coherencia entre sí los componentes de la propuesta. Se ajusta a la realidad del contexto social. Es sugestivo e interesante. Es de fácil manejo. 		X		
TOTAL				

VALIDADO POR:	Nombre: <u>PHD. ENRIQUE TORRES TAMAYO</u>		
Área de Trabajo:	Título Profesional:	Cargo u Ocupación:	Año de Experiencia:
<u>Electromecánica</u>	<u>Doctor en Ciencias</u>	<u>Profesor</u>	<u>23</u>
Observaciones:			
Fecha:	Tel.:	Dirección del Trabajo:	C.I.:
<u>8/07/2016</u>	<u>0987800156</u>	<u>Latacunga</u>	<u>0987800156</u>

f. 
VALIDADOR



RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS		
P = PERTINENTE		NP = NO PERTINENTE
ÍTEMS	A	OBSERVACIONES
1	P	
2	P	
3	P	
4	P	
5	P	
6	P	
7	P	
8	P	
9	P	

VALIDADOR

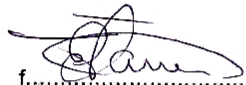
cc. 1757121940



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

CALIDAD TÉCNICA Y REPRESENTATIVIDAD
(DEBE CONSTAR TODOS LOS ITEMS DE LA ENCUESTA)

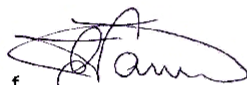
CALIDAD TÉCNICA Y REPRESENTATIVIDAD				
O= OPTIMA		B= BUENA	R= REGULAR	D= DEFICIENTE
ITEMS	B	OBSERVACIONES		
1	O			
2	B			
3	O			
4	O			
5	O			
6	O			
7	O			
8	O			
9	O			


f.....
VALIDADOR
cc. 1757121940.....



LENGUAJE

A= ADECUADO		LENGUAJE	I= INADECUADO
ITEMS	C	OBSERVACIONES	
1	A		
2	A		
3	A		
4	A		
5	A		
6	A		
7	A		
8	A		
9	A		

f. 
VALIDADOR

cc. 1757121940