

UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS.

Carlos Rafael Rodríguez.

Facultad de Ingeniería.



TRABAJO DE DIPLOMA

Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Mecánico

Título: Análisis del sistema energético del Hospital Provincial "Gustavo Aldereguía Lima" de Cienfuegos para implementar un sistema de gestión energética basado en la NC ISO 50001

Autor: Dayán Raúl García Reyes

Tutor (es): MSc. Reinier Jiménez Borges

Consultantes: Dr. C José Pedro Monteagudo Yanes

MSc. Husseyn Despaigne Wilson

MSc. Milagros Montesinos Pérez

Curso 2016-2017

Pensamiento

La mayoría de las ideas fundamentales de la ciencia son esencialmente sencillas y, por regla general pueden ser expresadas en un lenguaje comprensible para todos.

Albert Einstein (1879-1955)

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a mis padres, que fueron mi motivo de inspiración y siempre supieron encontrar una forma de ayudar en los momentos más difíciles, y hoy gracias a ellos he podido superar las dificultades a lo largo de estos años. Por ello le dedico mi mayor logro.

Agradecimiento

A mis padres porque siempre cuando los necesite estuvieron para ayudarme, a mis tíos que a lo largo de los años se preocuparon por mi formación, en general a todos mis familiares y amigos.

A los profesores que tanto aportaron a mi formación profesional, a los que dedicaron tiempo y dedicación, a los que sirvieron como ejemplo.

A mi tutor por dedicar el mayor tiempo, sacrificio y apoyo para que la realización de este trabajo fuese la mejor.

A mis compañeros de estudio por ayudarme y brindar apoyo en los momentos en que los necesite.

Resumen

La presente investigación se realiza en el hospital provincial Gustavo Aldereguia Lima de Cienfuegos, donde el objetivo general de la misma es dar cumplimiento a los requisitos de la planificación energética necesarios para implementar un sistema de gestión de la energía según la Norma NC-ISO 50001:2011. Para dar cumplimiento a esto se realiza un censo de cargas en la empresa, obteniendo los pisos, las áreas, locales y equipos más consumidores de energía, se analiza la tarifa eléctrica contratada, se verifica si la demanda contratada es la correcta para la institución, se compara la correlación existente entre la energía consumida (kWh) y los índices hospitalarios, días camas y días pacientes. A partir de esta comparación se propone una línea de base energética e indicador de desempeño como punto de partida para el estudio. También queda establecido los objetivos energéticos y los planes de acción para disminuir el consumo de energía eléctrica en la institución, mediante una propuesta de sustitución de las luminarias fluorescentes por la tecnología de lámparas LED, presentando un ahorro anual de 176 695,7 \$/año y un período de recuperación de la inversión de 0,68 año.

Palabras Claves:

- Gestión
- Energía
- Planificación

Summary

The present investigation is carried out in the provincial hospital Gustavo Aldereguia Lima of Cienfuegos, where the general objective of the same one is to give execution to the requirements of the necessary energy planning to implement a system of administration of the energy according to the Norma NC-ISO 50001:2011. to give execution to this he/she is carried out a census of loads in the company, obtaining the floors, the areas, local and teams more energy consumers, the hired electric rate is analyzed, it is verified if the hired demand is the correct one for the institution, the existent correlation is compared among the energy consumed by the company (kWh) and the hospital indexes, days beds and patient days. Starting from this comparison he/she settles down the line of base energetics and acting indicator. It is also established the energy objectives and the action plans to diminish the electric power consumption in the institution, by means of a proposal of substitution of the fluorescent stars for the technology of lamps LED, presenting an annual saving of 176 695,7 \$/ year and a period of recovery of the 0,68 year-old investment.

Key words:

- Administration
- Energy
- Planning

Índice

Introducción.....	1
Capítulo I: Actualidad energética. Norma Internacional ISO 50 001 e implementación en instalaciones de salud.....	5
1.1 Introducción al capítulo.....	5
1.2 Actualidad energética.....	5
1.3 Situación energética mundial.....	5
1.3.1 Situación energética en Cuba.....	7
1.4 Surgimiento y Caracterización de la Norma ISO 50 001: 2011.....	8
1.5 Antecedentes en Cuba para la implementación de la norma internacional ISO 50 001:2011.....	11
1.6 Resoluciones energéticas en Cuba.....	12
1.7 Sistemas de Gestión Energética.....	13
1.7.1 Mejores prácticas de gestión de la energía para el cumplimiento de la norma ISO 50 001:2011.....	13
1.8 Importancia de la gestión energética y el ahorro de energía en los edificios públicos.....	15
1.8.1 Ahorros potenciales.....	15
1.9 Sistemas de gestión energética en los hospitales cubanos.....	16
1.9.1 Retos en la Gestión Energética de los Hospitales.....	16
1.9.2 Necesidades del sector hospitalario.....	17
1.10 Experiencias de la implementación de Sistemas de Gestión como herramienta para el cumplimiento de los requisitos de la norma ISO 50 001:2011 en las instituciones de salud.....	17
1.11 Definiciones y datos básicos de la actividad hospitalización.....	19
1.12 Requisito para el uso de la norma cubana ISO 50 001:2011.....	21
1.13 Establecimiento de indicadores de desempeño energético.....	24
1.14 Conclusiones parciales.....	24
Capítulo II: Planificación energética. Materiales y métodos para su ejecución.....	27
II.1 Introducción al capítulo.....	27
II.2 Planificación energética.....	27
II.3 Requisitos legales y otros requisitos.....	29
II.4 Revisión energética.....	30
II.4.1. Levantamiento de cargas.....	32
II.4.2. Análisis del uso y consumo de la energía.....	32
II.4.3. Oportunidades de ahorro energético.....	33
II.5 Equipos de mediciones utilizados comúnmente en la revisión energética.....	33

II.6 Línea de base energética.	34
II.7 Indicadores de desempeño energético.	35
II.8 Indicadores de la actividad de hospitalización.....	35
II.9 Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía.	36
II.10 Herramientas del Sistema de Gestión Total Eficiente de Energía (SGTEE).	37
II.11 Conclusiones parciales.	50
Capítulo III. Caso de Estudio Hospital Provincial “Gustavo Aldereguía Lima” de Cienfuegos.....	53
III.1 Introducción al capítulo.	53
III.2 Descripción del caso de estudio.....	53
III.3 Caracterización energética preliminar.	54
III.4 Revisión energética.....	56
III.4.1 Análisis del consumo de los principales portadores energéticos de la entidad.	57
III.4.2 Censo de cargas.	58
III.4.3 Análisis del consumo de energía eléctrica.....	58
III.5 Análisis de la potencia instalada en cada piso del hospital.	59
III.6 Análisis del consumo de energía eléctrica y demanda contratada.	60
III.6.1 Consumo de Energía en función de la actividad de hospitalización.	67
III.6.2 Línea base energética.....	69
III.7 Indicador de Desempeño Energético (IDEn).....	71
III.8 Oportunidades de ahorro.	74
III.8.1 Propuestas de sustitución de equipos.	76
III.9 Conclusiones parciales.	79
Conclusiones generales.	81
Recomendaciones.	82
Bibliografía.	83
Anexos	

Introducción

Desde hace unas décadas la comunidad científica continúa la búsqueda de alternativas de energía limpia para reemplazar nuestros métodos actuales de producción energética ya que en ocasiones muchos de estos métodos no son utilizados de manera positiva. La reducción global de gases de efecto invernadero depende de la adopción de tecnologías de conservación de energía a niveles industriales y también de la generación de energía limpia. Algunas tecnologías ayudan directamente a la conservación de energía, mientras que otras ayudan al medio ambiente, reduciendo la cantidad de desechos producidos por la actividad humana. Las fuentes de energía tales como la energía solar, eólica e hidroeléctrica crean menos problemas para el ambiente que las fuentes tradicionales, tales como carbón y petróleo. Eso incluye el uso de gasolina sin plomo y vehículos de combustible alternativo, incluidos los vehículos híbridos e híbridos eléctricos. La tecnología avanzada de motores eléctricos eficientes y rentables para promocionar su aplicación, pueden reducir la cantidad de dióxido de carbono y dióxido de azufre que en otros casos sería introducido a la atmósfera si se usa electricidad generada por combustibles fósiles.

En la etapa de transición energética mundial se necesitó de enfoques múltiples en paralelo, el desempeño energético y la mejora de la eficiencia energética de manera continua, por lo que el país en los inicios de la revolución energética implementó los Sistemas de Gestión Energética buscando establecer una política energética y los objetivos energéticos que dieran solución a la problemática planteada.

La norma ISO 50 001 se desarrolla a petición de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial que había reconocido la necesidad de la industria de un estándar internacional como respuesta eficaz al cambio climático y la proliferación de los estándares nacionales de la gestión de la energía. La presentación oficial de la Norma ISO 50 001 se realizó el 17 de junio de 2011 en el Centro Internacional de Conferencias de Ginebra (CICG), y en ese mismo año Cuba la adopta como norma, se llevó a cabo por la Oficina Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización. (Organización Internacional de Normalización, 2011)

Esta norma especifica los requerimientos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión energética, cuyo propósito es el de permitir a una organización para alinearse con un enfoque sistemático, y de esta manera lograr el mejoramiento continuo del desempeño de energía, incluyendo eficiencia energética, seguridad energética, utilización de energía y consumo. Este estándar apunta a permitir a las organizaciones reducir continuamente su utilización de energía, y de esta manera, sus costos relacionados con energía, y la emisión de gases de efecto invernadero. Esta normativa es de aplicación en todo tipo de empresas y organizaciones, grandes o pequeñas tanto del ámbito público o privado, bien se dediquen a la provisión de servicios o a la elaboración de productos y equipos.

En la década del 90, muchas de las organizaciones del país se han privatizado, mediante procesos de descentralización y pocos recursos de financiación, por lo que conllevó a un uso insuficiente de los niveles de gestión energética. Este cambio, genera la necesidad de contar con información calificada que presente un perfil actualizado de los diversos estándares de consumos energético. El sector de los servicios es uno de los que ha venido trabajando, dentro del cual se encuentran las organizaciones de salud. Para ello se desarrolló una metodología de diagnóstico con el objetivo de poder predecir distorsiones en el comportamiento energético y analizar la estructura de consumo eléctrico en las entidades hospitalarias.

El propósito principal en el trabajo es analizar el comportamiento energético del Hospital Provincial "Gustavo Aldereguía Lima" de Cienfuegos. Para ello se debe hacer un análisis previo de los indicadores energéticos y mediante herramientas propuestas por la norma cubana ISO 50 001:2011 caracterizar la situación de la energía y mejorar los indicadores de eficiencia energética. Basándonos en una metodología (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar, teniendo en cuenta que los hospitales son establecimientos sanitarios donde se atiende a los enfermos para proporcionar un diagnóstico y tratamiento que necesiten. La estructura de un hospital está especialmente diseñada para cumplir las funciones de prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Por lo tanto, son de gran significado y de alta importancia para la sociedad. Debido a las prestaciones de servicios que brindan y la avanzada tecnología que tienen los convierte en una de las entidades en la que más se invierte anualmente. De aquí que una gestión consistente

de la energía ayuda a los organismos de salud a descubrir y a aprovechar su potencial de eficiencia energética. Se pueden beneficiar de ahorros en costos, y realizar una contribución significativa a la protección del medio ambiente.

Problema científico

En el hospital provincial Gustavo Aldereguia Lima de Cienfuegos no existe y se necesita un sistema de gestión energética integral donde se monitoree y evalúe el consumo de los portadores energéticos. Además, requiere de índices patrones de consumo energéticos en dependencia de la actividad asistencial para evaluar la eficiencia con que se prestan estos servicios.

Hipótesis

Un sistema de gestión energética integral basado en la NC ISO 50 001 permitirá monitorear y evaluar el consumo de los portadores energéticos en la unidad y conducirá a establecer los índices patrones de consumo energéticos en dependencia de la actividad asistencial para evaluar la eficiencia con que se prestan estos servicios, también accederá a que se defina la estrategia a seguir para el consumo eficiente de los portadores energéticos.

Objetivo general

Analizar el sistema energético del hospital provincial Gustavo Aldereguia Lima de Cienfuegos.

Objetivos específicos.

1. Realizar una búsqueda bibliográfica acerca de la NC ISO 50 001 y de su implementación en instituciones de salud.
2. Establecer los métodos y herramientas necesarias para la planificación energética basado en la NC-ISO 50 001 en el hospital.
3. Aplicar diferentes herramientas de gestión para caracterizar el comportamiento energético en la institución.
4. Proponer medidas para la mejora del desempeño energético.

Capitulo I.

Capítulo I: Actualidad energética. Norma Internacional ISO 50 001 e implementación en instalaciones de salud.

I.1 Introducción al capítulo.

En el siguiente capítulo se analizarán los fundamentos teóricos que serán el punto de partida para formular las bases de la investigación, se parte de conceptos básicos basados en Sistemas de Gestión energética implementados en organizaciones y empresas. Se argumentará una panorámica general sobre el surgimiento y caracterización de la norma ISO 50 001, antecedentes para la implementación de la norma internacional en Cuba mediante un sistema de gestión energética, las resoluciones energéticas implementadas, así como experiencias de la implementación de la norma en instituciones de la salud y los requisitos para su uso en el Hospital Provincial "Gustavo Aldereguía Lima" de Cienfuegos.

I.2 Actualidad energética.

En los últimos años, en casi todos los países del mundo, el tema de la crisis energética es uno de los más controvertidos, ya que debido al crecimiento poblacional mundial las demandas de consumo energético han aumentado con gran velocidad y los recursos naturales cada vez más se vuelven escasos, surgen los riesgos de desabastecimiento eléctrico. Por otra parte, tratando de darle una solución al problema se vienen implementando políticas de uso racional de la energía eléctrica. En este debate participan tanto ecologistas y las organizaciones no gubernamentales como grandes multinacionales, gobiernos de países productores de petróleo y organismos de investigación y regulación energética. El uso racional de la energía eléctrica es el uso consciente para utilizar lo estrictamente necesario, esto lleva a maximizar el aprovechamiento de los recursos naturales (Varela, 2016).

I.3 Situación energética mundial.

Las consideraciones básicas, de una política sobre la seguridad de los suministros, y las implicaciones medioambientales relacionadas con el calentamiento climático y con la sostenibilidad acabarán por sacar al consumo energético mundial de los combustibles fósiles. El concepto de pico del petróleo nos muestra que hemos empleado aproximadamente la mitad de los recursos de petróleo disponibles, y predice un descenso de la producción.

Un gobierno que lidere la retirada de los combustibles fósiles debería crear presión económica mediante el comercio de derechos de emisiones de dióxido de carbono a la atmosfera. Algunos países están desarrollando acciones a partir del Protocolo de Kioto, y hay propuestas de ir más lejos en esta dirección. Por ejemplo, la Comisión Europea ha propuesto que la política energética de la Unión Europea deberá establecer unos objetivos para elevar los niveles de uso de las energías renovables que en la actualidad se encuentran a menos del 7% alcanzando un nivel superior alrededor del 20% para el 2020.

El consumo de energía sigue ampliamente al producto nacional bruto disponible, aunque existe una diferencia significativa entre los niveles de consumo de los Estados Unidos con 11,4 kWh por persona y los de Japón y Alemania con 6 kWh por persona. En países en desarrollo como la India el uso de energía por persona es cercano a los 0,7 kWh, Bangladesh tiene el consumo más bajo con 0,2 kWh por persona.

Estados Unidos consume el 25% de la energía mundial (con una participación de la productividad del 22% y con un 5% de la población mundial). El crecimiento más significativo del consumo energético está ocurriendo en China, que ha estado creciendo al 5,5% anual durante los últimos 25 años, con una población de 1.300 millones de personas presenta un consumo en la actualidad alrededor de 1,6 kWh por persona.

De acuerdo con la Administración de Información de Energía (EIA por sus siglas en inglés), el consumo global de energía en el 2015 se ha incrementado en un 34% y se espera según los estudios por países que el incremento más grande para los posteriores años se dé en los países de economías emergentes como China e India. Se estima que los Estados Unidos y otros países del mundo van a incrementar su consumo de combustibles fósiles. Esto ha llevado a los Estados Unidos a cambiar el rumbo para desarrollar y utilizar fuentes alternativas de energía que sean más limpias y seguras, así como la producción más eficiente de las fuentes existentes. De esta manera se busca incrementar la seguridad energética y su economía nacional, disminuir la dependencia en los combustibles fósiles y mejorar el medio ambiente.

I.3.1 Situación energética en Cuba.

Cuba está caracterizada por diferentes factores entre los que se encuentra la baja utilización de las Fuentes Renovables de Energía (FRE) tal como se aprecia en la Figura I.1 (Situación de la Energía en Cuba, 2015).

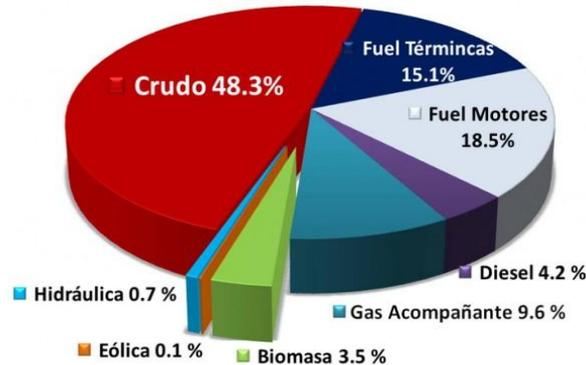


Figura I.1 Matriz Energética Nacional Fuente: Situación de la Energía en Cuba.

Como se aprecia en la figura I.1 la presencia de combustibles fósiles representa cerca de un 95.7%, destacando que el mayor consumo es el crudo para un 48.3%. Por otra parte, se utiliza solo el 4.3% de las FRE, de este la biomasa es la más destacada con un 3.5%. (González, 2016)

Especialistas y funcionarios del ministerio de Energía y Minas confirmaron la necesidad del país de transformar su matriz energética en lo cual resulta muy conveniente la participación de la inversión extranjera. En el 2015 se planteó, que la participación de la biomasa tiene prioridad para el país en el cambio de la matriz energética. Con el objetivo de incrementar la venta de electricidad al Sistema Electro energético Nacional, se ha estudiado y proyectado la instalación de 755 MW a través de 19 bioeléctricas en centrales azucareros, con mayores parámetros de presión y temperatura para operar por más de 200 días al año con biomasa cañera y biomasa forestal, fundamentalmente marabú, disponible en áreas cercanas a estas instalaciones. Se prevé que las 19 bioeléctricas produzcan más de 1 900 GWh/año, y dejen de emitir a la atmósfera aproximadamente 1 700 000 toneladas de CO₂.

Con respecto al recurso eólico, a partir de su disponibilidad en el país, la Unión Eléctrica ha estudiado y previsto la instalación de 633 MW en 13 parques eólicos, con factores de capacidad superiores al 30 %, con lo que se producirán más de 1 000

GWh/año y se evitará la emisión de más de unas 900 000 toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera.

Relacionado con las fuentes de energía fotovoltaicas el país cuenta con una planta productora de paneles solares fotovoltaicos de 150 y 240 W ubicada en Pinar del Río, con una capacidad de producción anual de 14 MW.

Si bien en la actualidad la utilización de estas fuentes es reducida, pues con ella solo se produce el 4,3 % de la electricidad del país, el gobierno impulsa estrategias de inversiones para incrementar su uso, con lo que se propone para el año 2 030, que el 24 % de la generación energética provenga de fuentes renovables (Figura I.2) (Situación de la Energía en Cuba para el 2030, 2016).

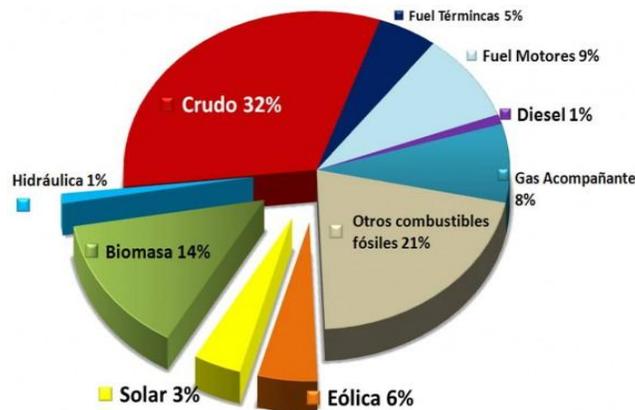


Figura I.2 Matriz Energética Nacional para el año 2030 Fuente: Situación de la Energía en Cuba.

I.4 Surgimiento y Caracterización de la Norma ISO 50 001: 2011.

La norma ISO 50 001, es una normativa estándar internacional desarrollada por ISO (Organización Internacional para la Estandarización u Organización Internacional de Normalización), donde se establecen los requisitos para el establecimiento de un sistema de gestión de energía. Esta normativa es de aplicación en todo tipo de empresas y organizaciones, grandes o pequeñas tanto del ámbito público o privado, sin importar su ubicación geográfica y bien se dediquen a la provisión de servicios o a la elaboración de productos y equipos. (Organización Internacional de Normalización, 2011)

Este estándar especifica los requerimientos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de administración de energía, cuyo propósito es el de permitir a una organización a alinearse con un enfoque sistemático, y de esta manera lograr el

mejoramiento continuo del desempeño de energía, incluyendo eficiencia energética, seguridad energética, utilización de energía y consumo. Este estándar apunta a permitir a las organizaciones la reducción continua de la utilización de energía, y de esta manera, sus costos relacionados con energía, y la emisión de gases de efecto invernadero.

Esta Norma se desarrolla a petición de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI) que había reconocido la necesidad de la industria de un estándar internacional como respuesta eficaz al cambio climático y la proliferación de los estándares nacionales de la Gestión de la energía.

Fue preparada por el comité de proyecto ISO/PC 242, en el que participaron expertos en normativas locales de 44 países miembros del Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) y de la Asociación Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) con la colaboración de organizaciones tales como ONUUDI y el Consejo Mundial de la Energía (WEC).

Esta norma también se ha inspirado en normativas de diversos países tales como China, Dinamarca, Irlanda, Japón, Corea del Sur, Holanda, Suecia, Tailandia, Estados Unidos y la Unión Europea. La presentación oficial de la Norma ISO 50 001 se realizó el 17 de junio de 2011 en el Centro Internacional de Conferencias de Ginebra (CICG). El sistema ha sido modelado a partir del estándar ISO 9 001, de sistemas de gestión de calidad, y del estándar ISO 14 001, de sistemas de gestión ambiental.

Uno de los atributos más prominentes de la norma ISO 50 001 es el requisito de “mejorar el sistema de gestión de energía, y el desempeño energético resultante” (cláusula 4.2.1.c). Los otros dos estándares aquí mencionados (ISO 9 001 e ISO 14 001), ambos requieren de mejoras a la efectividad del sistema de gestión, pero no a la calidad del producto/servicio (ISO 9001) o al desempeño ambiental (ISO 14 001).

De esta manera, la Norma ISO 50 001, ha realizado un salto importante al requerir de la organización una demostración de su compromiso con la mejora de su índice de desempeño energético. Cada organización elige las metas que desea establecer, y posteriormente diseña un plan de acción para alcanzar estas metas. Con este objetivo estructurado, una organización tiene más posibilidades de observar beneficios financieros significativos.

El estándar ISO 50 001 se basa en el ciclo de mejora continua, contando con una metodología basada en (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar), incorporando un sistema de gestión energética a las prácticas habituales de la entidad.

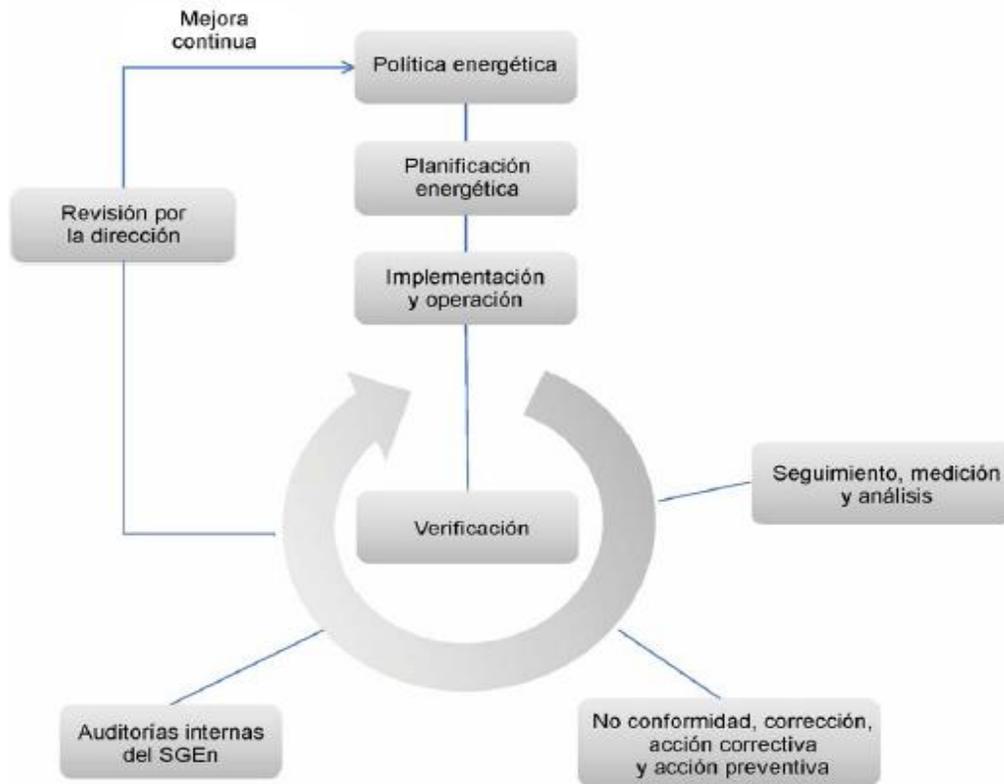


Fig.I.3 Modelo de Sistema de Gestión de la Energía Fuente: Organización Internacional de Normalización, 2011.

Esta metodología se basa fundamentalmente en:

Planificar: Establecer un plan energético en la organización de acuerdo a una planificación que establezca acciones concretas y objetivos para mejorar la gestión de la energía y la política energética de la entidad.

Hacer: Implementar las acciones previstas en la planificación establecida por la dirección.

Verificar: Monitorizar los resultados estableciendo los indicadores adecuados que determinen el grado de cumplimiento de los objetivos y de la planificación establecida, de forma que podamos valorar y divulgar correctamente los resultados.

Actuar: Revisión de los resultados para tomar las acciones de corrección y mejora que se estimen oportunas.

I.5 Antecedentes en Cuba para la implementación de la norma internacional ISO 50 001:2011.

A partir del año 1990 con el periodo de transición energética y con la desintegración del campo socialista, caen las importaciones de petróleo, derivados y la generación de electricidad. Se incrementa la extracción de crudo nacional y gas acompañante y surge la dependencia de producción de energía eléctrica mediante combustibles fósiles. El país se vio obligado a generar con muy baja eficiencia y quemar en las centrales termoeléctricas el crudo con alto contenido de azufre, sin previo acondicionamiento. Por otra parte, se ve la necesidad de la modernización y adaptación de las centrales para mejorar su eficiencia y optimizar la quema del crudo nacional.

A partir del año 2000 existió un reordenamiento de las concepciones de la política energética nacional, se llevó a cabo un programa de profundas transformaciones que tuvieron su punto culminante en el año 2005 con la Revolución Energética que estableció un conjunto de estrategias encaminadas a transformar los esquemas de generación de electricidad y consumo de portadores energéticos tanto en el sector estatal como en el residencial.

Las principales directivas de la Revolución Energética fueron orientadas a:

- El incremento en la extracción del crudo nacional, con un proceso de asimilación paulatina del mismo en las plantas eléctricas, para permitir la autosuficiencia energética.
- La creación de la empresa mixta ENERGAS, para la utilización en la generación eléctrica del gas natural, el cual se quemaba a la atmósfera sin utilización alguna.
- La implementación del Programa de Ahorro de Electricidad (PAEC) para reducir las tasas de crecimiento de consumo y la demanda máxima.
- Medidas de ahorro en los sectores residencial y estatal que permitan el uso racional de la energía.
- La rehabilitación de las redes eléctricas.
- La incorporación de Grupos electrógenos para la generación distribuida.
- El desarrollo del uso de la energía renovable, fomentando el empleo de la energía eólica y fotovoltaica.

La sustitución en el uso de combustibles fósiles, la planificación de una política de ahorro energético y la diversificación de las fuentes de energía podrían lograr una reducción del 13% del costo de la electricidad, la sustitución de 1,75 millones de toneladas de combustible que actualmente se importan, y se dejarían de emitir más de 6 millones de toneladas de dióxido de carbono al año.

En definitiva, en Cuba no podemos seguir apostando por los combustibles fósiles y otros convencionales: se precisa de una profunda revolución energética mediante una transición energética.

I.6 Resoluciones energéticas en Cuba.

En Cuba se encuentran en vigencia una serie de resoluciones dictadas en su gran mayoría por el Ministerio de Industria Básica. Siendo las siguientes las que han presentado un carácter de mejoramiento en la eficiencia energética:

Resolución 328/07 del Ministerio de la Industria Básica.

Esta Resolución estableció la existencia de un Plan Anual de Consumo de los Portadores Energéticos para todos los Organismos de la Administración Central del Estado y los Consejos de Administración Provinciales, aprobado por el Ministerio de Economía y Planificación en base a los Índices de Consumo Técnicamente fundamentados y los niveles de actividad previstos. Adicionalmente, dispuso la creación de las Direcciones de Supervisión y Control de los Portadores Energéticos, así como estableció sus obligaciones y facultades legales.

Resolución 136 del Ministerio de la Industria Básica. Reglamento Técnico de Eficiencia Energética.

El Reglamento Técnico tuvo como objetivo establecer y controlar los requisitos técnicos de eficiencia energética, seguridad eléctrica y tropicalización a los equipos de Uso Final de la Energía Eléctrica importados, fabricados o ensamblados en el país por personas jurídicas nacionales o extranjeras, para fomentar el Uso Racional y Eficiente de la Energía Eléctrica, protegiendo al consumidor mediante la utilización de equipos de alta eficiencia energética y calidad. Este reglamento estableció el proceso de Aceptación Técnica, Autorización Técnica, Inspección y Control, Violaciones, Penalidades y Etiquetado de Eficiencia energética.

Norma Cubana NC 220 Edificaciones. Requisitos de diseño para la eficiencia energética.

Se estableció en Cuba con carácter obligatorio mediante la Resolución 316 del 2008 del Ministerio de la Construcción para todas las nuevas edificaciones una norma que garantiza la eficiencia en el diseño de las mismas. Esta Norma abarca los siguientes tópicos:

Parte 1. Envoltente del edificio.

Parte 2. Potencia eléctrica y alumbrado.

Parte 3. Ventilación y Aire acondicionado. Sistemas y Equipamiento.

Parte 4. Suministro de agua caliente.

Parte 5. Administración de energía.

I.7 Sistemas de Gestión Energética.

Un sistema de gestión energética está formado por un conjunto de herramientas que permiten el control de las variables que influyen en el confort y la calidad ambiental de las instalaciones, asegurando al mismo tiempo el mínimo costo. La implantación de un sistema de gestión energética reduce el consumo de energía, con retornos de la inversión relativamente cortos. El control de la gestión energética como cualquier otro sistema de gestión, se hace a través de indicadores los cuales se constituyen en una importante base de comparación y monitoreo para controlar y reducir las pérdidas energéticas en los procesos productivos, evaluar técnica y económicamente los potenciales de reducción de pérdidas de energía (Velásquez et.al, 2010).

La norma UNE-EN ISO 50 001:2011 establece los requisitos que debe poseer un Sistema de Gestión Energética, con el fin de realizar mejoras continuas en una organización en su rendimiento y eficiencia energética, así como a reducir su impacto en el cambio climático. Ello contribuye a un uso de la energía más eficiente y más sostenible, otorgando confianza en el sistema de gestión de la energía.

I.7.1 Mejores prácticas de gestión de la energía para el cumplimiento de la norma ISO 50 001:2011.

La norma ISO 50 001 se basa en los principios siguientes para una gestión eficiente y efectiva de la energía. Para obtener un máximo rendimiento de nuestra inversión, así como la optimización de la energía, la gestión de la energía debe ser:

- Iniciada desde la gerencia general de la empresa u organización.
- Dirigida por una persona identificada como responsable.
- Comunicada a todos niveles de gestión.
- Descrita en políticas energéticas detalladas.
- Soportada por un sistema de medición.
- Establecida en un proceso de mejora continua.

En la figura. I.4 se muestra un diagrama de un proceso de mejora continua en la gestión energética.



Figura. I.4 Proceso de mejora continua en la gestión energética. Fuente: Norma Cubana NC - ISO 50 001.

Algunos factores clave adicionales para una implementación exitosa de la ISO 50 001 incluyen:

- Establecer objetivos claros.
- Tener visibilidad energética en todas las etapas del plan energético; antes, durante y después.
- Asegurar la consistencia de la información en los diferentes niveles de la organización.
- Revisar decisiones pasadas de manera regular (ciclo recurrente); practicando la eficiencia energética activa y pasiva.
- Buscar el soporte de un consultor con experiencia para ganar eficiencia y consistencia.

I.8 Importancia de la gestión energética y el ahorro de energía en los edificios públicos.

En los edificios destinados a la actividad terciaria, la energía es básicamente utilizada para iluminación, datos, acondicionamiento térmico, transporte de personas, bombeo de agua y funcionamiento del equipamiento instalado en las diferentes áreas. La implementación de la eficiencia energética en los edificios es una parte importante del conjunto de medidas necesarias para alcanzar los objetivos marcados por reglamentaciones o leyes que permitan reducir energía en el funcionamiento de los sistemas y con resultados esperados en el servicio de sus ocupantes.

Usos de la energía

El uso de energía en un edificio está determinado fundamentalmente por:

- Sus características constructivas y ubicación.
- El clima del lugar.
- El perfil de uso.
- Los servicios energéticos que se presten.
- Comportamiento de los ocupantes.
- Equipamiento tecnológico.
- La gestión del edificio.

Muchas veces se subestima la influencia de la gestión en el consumo de energía y se absolutiza el papel del diseño del edificio y de las tecnologías eficientes. Es frecuente encontrar edificios bien diseñados operando deficientemente producto de una pobre gestión energética. O en otros casos, edificios que han sido mal diseñados, pero en los que mediante buenas prácticas de gestión se logra mejorar sustancialmente su comportamiento energético. Aún en los edificios en los que se ha implementado todo un conjunto de proyectos técnicos de mejora de su eficiencia, se requiere de una gestión energética que garantice el aprovechamiento máximo y sostenido de las inversiones realizadas (Borroto, 2008).

I.8.1 Ahorros potenciales

Los programas de ahorro de energía orientados al sector público ofrecen un gran potencial de generar ahorros económicos y beneficios ambientales derivados del uso eficiente de la energía, pero, por otra parte, las acciones de ahorro de energía en el

sector público constituyen un importante soporte para los programas nacionales de eficiencia energética. La experiencia internacional indica que, en muchos casos, mediante una buena gestión energética e inversiones con atractivos indicadores de rentabilidad, se puede reducir la factura energética en un edificio entre el 15 y un 25 %.

I.9 Sistemas de gestión energética en los hospitales cubanos.

La energía consumida en las instalaciones hospitalarias es comprada a un suministrador externo (diésel, fuel oíl y gas natural entre otros) en forma de electricidad. La energía comprada se transforma mediante diversos sistemas de conversión en los flujos internos más importantes de energía, que son: calor, frío, electricidad y aire comprimido. Este flujo de energía se usa entre otras cosas para las siguientes aplicaciones:

Calor: Se utiliza en forma de vapor, agua caliente y otras dependencias, en cocinas, humidificación, calefacción, lavanderías y esterilización. También para transportar calor a largas distancias.

Electricidad: Se usan para una gran variedad de propósitos, incluyendo iluminación, enfriamiento, compresores de aire, circulación de bombas, ventiladores de calefacción y aire acondicionado, equipos médicos y de oficina.

Aire comprimido: Se utiliza para aplicaciones médicas o técnicas.

Frío: Principalmente toma la forma de agua helada y se usa para una gran mayoría de sistemas de control, enfriando y secando el aire de ventilación. En muchos casos el frío se genera centralizado por medio de enfriadores de compresión. En combinación con máquinas de enfriamiento por absorción, cogeneración o una combinación de ambas (Varela, 2016).

I.9.1 Retos en la Gestión Energética de los Hospitales

Para un hospital no es solo un desafío incorporar los últimos avances en medicina, otros temas como la rentabilidad y la aplicación de planes de ahorro de energía van adquiriendo cada vez más importancia para la gestión hospitalaria de forma que se logre:

- Garantizar el confort y bienestar tanto a pacientes y visitantes como al personal sanitario.
- Garantizar la total seguridad tanto de personas como de propiedades.

- Asegurar un suministro estable de energía (eléctrica y térmica).
- Gestionar, analizar y controlar todo tipo de consumos.
- Gestionar la excelencia en la operación y mantenimiento de las instalaciones, así como en sus costos asociados.

I.9.2 Necesidades del sector hospitalario.

Las necesidades en el sector hospitalario se caracterizan como fundamentales para el desarrollo y la mejora continua del funcionamiento de la estructura de un hospital, de manera general estas necesidades están encaminadas a:

- Satisfacer las crecientes necesidades de pacientes y personal sanitario en términos de seguridad. Un hospital necesita garantizar la disponibilidad de energía y confort no sólo por requerimientos legales sino por la integridad de sus pacientes.
- Estricta regulación: todos los hospitales están sujetos a una numerosa regulación por lo que es extremadamente importante asesorar a los clientes del alcance de las mismas.
- Proporcionar la relación óptima entre las necesidades de explotación de la infraestructura y la optimización de costos: instalación, gastos de energía, de explotación y de mantenimiento. El uso de herramientas que permiten el control de los gastos de energía bien en el ámbito de potencia instalada o del control de subsistemas como la climatización garantiza la optimización de todos los costos de explotación.
- Identificar el compromiso óptimo entre las inversiones iniciales y la flexibilidad de la instalación.

I.10 Experiencias de la implementación de Sistemas de Gestión como herramienta para el cumplimiento de los requisitos de la norma ISO 50 001:2011 en las instituciones de salud.

En el mundo actual se hace cada día más imprescindible atenuar los efectos de la crisis energética internacional, es por ello que muchos centros de investigación e instituciones científicas llevan a cabo programas vinculados al ahorro y uso racional de la energía, llevando su alcance hasta los servicios públicos de salud, de ahí que podemos ejemplificar las siguientes experiencias:

- Las grandes acciones de cambio conllevan presupuestos e inversiones importantes que requieren aprobación de la alta dirección y esto ralentiza su ejecución.
- En ocasiones, el problema del “despilfarro” energético es una cuestión del diseño del edificio y de construcción, y las competencias de resolver estos problemas son de la constructora o promotora del edificio, con las cuales no siempre se puede llegar a un acuerdo.
- Otra dificultad es obtener datos de consumo de sectores donde no existen mediciones parciales de contadores.
- Como experiencia útil para otros hospitales resaltar que quien mejor conoce las instalaciones y cómo optimizar los consumos es el personal propio de mantenimiento que trabaja en el hospital día a día. Debemos escuchar sus propuestas.
- Es importante también realizar una revisión energética inicial exhaustiva de cada hospital y mediciones concretas con analizadores de redes para obtener datos reales de consumo y detectar áreas de mejora.
- Para asegurar un mejor uso de los recursos energéticos a nivel global se requieren políticas que abarquen un amplio espectro de opciones. Hay un creciente reconocimiento de que mejorar la eficiencia energética es a menudo la manera más económica, probada y fácilmente disponible para alcanzar éste objetivo.
- Establecer y mantener políticas apropiadas requiere contar con datos de buena calidad, disponibles en el momento oportuno, que sean comparables, y con un grado de detalle tal que reflejen las distintas características de la actividad económica y recursos disponibles en cada país, lo cual está más allá de lo que suele incluirse en los balances energéticos.

En el proceso de producción de vapor también se encuentran referencias como las del trabajo de (Madrigal et. al. 2012), quienes presentan las principales herramientas para la implementación de dicha norma en procesos de producción y uso del vapor, a través de un caso de estudio en la Lavandería Unicornio. A partir de la caracterización energética definieron la línea de base energética y línea meta a utilizar en la

implementación de la norma ISO 50 001. (Rodríguez, 2015). En el hospital público "General de Macas" se desarrolló una evaluación detallada de la calidad del suministro de energía y sistema eléctrico, determinando los usos finales de energía eléctrica y su composición en la curva de carga de consumo de energía eléctrica, para determinar las áreas con menor uso eficiente de este recurso , finalmente este estudio propuso la sustitución de lámparas fluorescentes T8 por lámparas LED de 18W, la colocación de un sistema automático de encendido para las luminarias y otro de apagado para los monitores y computadoras (Espinosa, 2016). En el Hospital Provincial Universitario "Camilo Cienfuegos Gorrearán" (HCCG) de Sancti Spíritus se hizo un estudio del sistema eléctrico ,realizando una descripción del subsistema de alimentación (Banco de transformadores) del mismo, se analizó también los grupos electrógenos de la entidad, el sistema de distribución de cargas y los principales equipos consumidores por áreas , se construyeron los índices de consumo para los portadores energéticos utilizados en la entidad, además se realizó una búsqueda documentada de las principales actividades hospitalarias, tales como el total de camas ,total de días pacientes, días pacientes/camas y el por ciento de ocupación (cama ocupada). El portador energético de mayor incidencia fue la electricidad siendo los equipos de climatización los mayores consumidores de energía eléctricas seguidos por los de bombeo y rayos X respectivamente (Abalo, 2016). El trabajo realizado en el Hospital Militar Comandante "Manuel Piti Fajardo" tuvo como objetivo la implementación de la norma ISO 50 001, se realizó una planificación energética basada en lo dictado por esta norma, haciendo un análisis de los indicadores energéticos, la utilización de los días-grados para el cálculo de temperaturas bases bajo las condiciones meteorologías de la ciudad de Santa Clara. (Varela, 2016).

I.11 Definiciones y datos básicos de la actividad hospitalización.

El número de camas es otro recurso de gran valor en la administración hospitalaria. Las camas disponibles incluyen las que se encuentran ocupadas más aquellas desocupadas en condiciones de ser ocupadas. El número de camas disponibles varía en proporción al número de camas inhabilitadas por desinfección, reparación, o cierre temporal por falta de recursos. En muchos hospitales públicos donde la atención es

mayor que la capacidad del hospital y en ciertos casos de emergencias temporales, el número de camas disponibles puede ser mayor a las dotadas originalmente al hospital. Los principales indicadores del uso de las camas hospitalarias, que puede ser aplicada al total del hospital o a sus departamentos o servicios por separado, incluyen:

- **Índice de ocupación:** Se obtiene al dividir el total de camas ocupadas en un período determinado por el total de camas disponibles en ese mismo período. Al comparar el promedio diario de camas disponibles y ocupadas vs. el número de camas dotadas, es posible visualizar cuantitativamente, el grado de uso de las camas para un período determinado, con respecto a la dotación del establecimiento. Un índice de ocupación de 85% suele indicar una óptima utilización de recursos o que ha habido una demanda normal. Índices por encima del 90% presuponen la existencia de una demanda excesiva o una lenta sustitución de la cama, es decir, un alto índice de sustitución.
- **Egresos por cama hospitalaria o rotación de camas:** Mide el número de pacientes que, en promedio, hacen uso de una cama dotada al hospital, o de una cama hospitalaria disponible, para un período establecido. En esencia es la relación entre el total de egresos y las camas disponibles para un período dado.
- **Índice de sustitución:** Representa el número de días que, en promedio, una cama hospitalaria disponible permanece desocupada entre el egreso de un paciente (por alta médica o fallecimiento) que usó la cama y el ingreso de otro que la vuelva a utilizar.
- **Promedio de hospitalización por egreso:** Señala el número de días que, en promedio y para un período determinado, permanecieron los pacientes hospitalizados en el establecimiento (porcentaje de días al año). Los controles diarios de la evolución natural del paciente permiten evaluar la salud en el momento adecuado. Ciertos servicios con complejidad mayor, como cardiología, neurocirugía y oncología tienen estancias promedio mayores que otras como dermatología y obstetricia.
- **Cama de hospital:** Es aquella que se encuentra instalada y dispuesta las 24 horas del día para uso regular de pacientes hospitalizados.

- **Camas disponibles o camas en trabajo:** Son las camas habilitadas en las salas del establecimiento, en condiciones de uso inmediato, para la atención de los pacientes hospitalizados, independiente de que estén ocupadas o no. No se cuentan las camas que están fuera de servicio por falta de algún implemento, por insuficiencia de personal, por desinfección, etc. Tampoco se considera cama disponible la cuna del recién nacido normal.
- **Cama ocupada o día paciente:** Es la permanencia de un paciente hospitalizado ocupando una cama de hospital, durante el período comprendido entre las 0 horas y las 24 horas de un mismo día.

I.12 Requisito para el uso de la norma cubana ISO 50 001:2011

La organización tiene que identificar, implementar y tener acceso a los requisitos legales aplicables y otros requisitos a los cuales la organización suscriba relacionados con su uso y su consumo de la energía, y la eficiencia energética.

Para alcanzar un máximo retorno de la inversión en los proyectos de gestión y eficiencia energética, los conceptos de esta norma deben ser parte de la cultura organizacional. La planificación energética requiere soportarse de los altos ejecutivos hasta los grupos operacionales. El Sistema de Gestión de Energía (SGEn) y los planes energéticos más efectivos por lo general son el resultado de una fuerte colaboración entre los recursos internos de una organización y una compañía experta en la gestión de la energía. A continuación, se muestran los pasos fundamentales para su uso:

Buenas prácticas en materia de gestión de la energía.

La organización debe:

- Establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía de acuerdo con los requisitos de esta Norma ISO 50 001.
- Definir y documentar el alcance y los límites de su SGEn.
- Determinar cómo cumplir los requisitos de esta norma para lograr una mejora continua de su desempeño energético y de su SGEn.

Pasos de la dirección para el cumplimiento:

La alta dirección debe designar un representante de la dirección con las habilidades y competencia adecuadas.

Establecimiento de la política energética:

La norma delinea el proceso de crear una política energética efectiva lo cual implica el establecimiento del marco para realizar la planificación energética, realizar la revisión del desempeño energético (análisis del consumo de energía, identificación de áreas de consumo significativo e identificación de oportunidades de mejorar el desempeño energético) y definir los resultados esperados (indicadores de desempeño energético – IDEn-, metas y objetivos).

Requerimientos legales y otras regulaciones:

La organización debe identificar, implementar y tener acceso a los requisitos legales aplicables y otros requisitos a los cuales la organización suscriba relacionados con su uso y su consumo de la energía, y la eficiencia energética.

Revisión energética:

La organización debe desarrollar, registrar y mantener una revisión energética. Deben documentarse la metodología y el criterio que se utilizan para desarrollar la revisión energética. Para desarrollar la revisión energética, la organización debe:

- Analizar el uso y el consumo de la energía basándose en mediciones y otro tipo de datos.
- Basarse en el uso y el consumo de la energía, identificar las áreas de uso significativo de la energía.
- Identificar, priorizar y registrar oportunidades para mejorar el desempeño energético.

Establecimiento de la línea de base energética:

La organización debe establecer una línea(s) de base energética por medio de 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. Los cambios en el desempeño energético deben medirse en relación a la línea de base energética.

Establecimiento de indicadores de desempeño energético (IDEn):

La organización debe identificar los IDEn apropiados para realizar el seguimiento y la medición del desempeño energético. La metodología para determinar y actualizar los IDEn debe documentarse y revisarse regularmente.

Planes de acción para la gestión de la energía:

La organización debe establecer, implementar y mantener planes de acción para alcanzar sus objetivos y metas.

Los planes de acción deben incluir:

- La designación de responsabilidades.
- Los medios y el cronograma previsto para lograr las metas individuales.
- Un enunciado del método mediante el cual la mejora del desempeño energético será verificada.
- Un enunciado del método para verificar los resultados.
- Los planes de acción deben documentarse y actualizarse a intervalos definidos.

Implementación:

La organización debe utilizar los planes de acción y los otros elementos resultantes del proceso de planificación para la implementación y las operaciones.

Documentación:

La organización debe establecer, implementar y mantener información, en papel, formato electrónico o cualquier otro medio, para describir los elementos centrales del SGE_n y su interacción.

Seguimiento, medición y análisis:

La organización debe asegurar que a las características claves de sus operaciones que determinan el desempeño energético se les da seguimiento, miden y analizan a intervalos planificados. Las características clave deben incluir como mínimo:

- Usos significativos de la energía y otros elementos resultantes de la revisión energética.
- Las variables relevantes relacionadas al uso significativo de la energía.
- Los IDE_n.
- La eficacia de los planes de acción para alcanzar los objetivos y las metas.
- La evaluación del consumo energético real contra el esperado.

Evaluación de requisitos legales y otros requisitos:

La organización debe evaluar, a intervalos planificados, el cumplimiento de los requisitos legales y otros requisitos a los que haya suscrito relacionados con su uso y consumo de la energía.

Revisión por la dirección.

La alta dirección debe revisar, a intervalos planificados, el SGEN de la organización para asegurarse de su conveniencia, suficiencia y eficacia continuas.

I.13 Establecimiento de indicadores de desempeño energético.

La organización debe identificar los Indicador de Desempeño Energético apropiados para realizar el seguimiento y la medición del desempeño energético. La metodología para determinar y actualizar los IDEn debe documentarse y revisarse regularmente.

El representante de la dirección y el equipo de expertos en energía (internos y subcontratados) pueden asistir en el establecimiento de los indicadores de desempeño energético. Para establecer los IDEn's es necesario documentar los conceptos y metodologías que se apliquen para identificar, capturar y realizar los ahorros en energía; es importante que se indiquen los cálculos específicos, incluyendo estimaciones, prospectivas y volúmenes.

Los IDEn's se utilizan para ayudar a normalizar los costos de la energía y utilizar la información para identificar oportunidades para mejorar o compartir buenas prácticas. Una organización puede tener múltiples IDEn's dependiendo de su operación. Un ejemplo de un IDEn es el consumo de energía por metro cuadrado, la energía por unidad de ingreso, energía por unidad de producción o energía por empleado.

I.14 Conclusiones parciales.

1. Se caracterizó la Norma Internacional ISO 50 001:2011 para la gestión de energía, su funcionamiento, importancia y beneficios esperados. Por otra parte, según la situación energética en Cuba, el país está envuelto en la reducción de combustible fósil como vía de producción de energía eléctrica, con lo que se propone para en el año de 2030 un incremento del 24% de la generación de energía mediante fuentes renovables.
2. Se plantearon los principales requisitos para el uso de la norma cubana ISO 50 001:2 011, donde a partir de la revisión y el establecimiento de la Línea base de la energía, el Indicador de desempeño energético y planes de acción, se puede obtener resultados y oportunidades de mejoras en la eficiencia energética y la política de energía de la organización.

3. En la institución hospitalaria los indicadores hospitalarios que se manejan son Días camas, Días pacientes, Ingresos, índice ocupacional, índice rotación y el porcentaje de ocupación, etc.

Capitulo II.

Capítulo II: Planificación energética. Materiales y métodos para su ejecución.

II.1 Introducción al capítulo.

En este capítulo se exponen de manera general las herramientas y procedimientos que se utilizarán para llevar a cabo la etapa de planificación energética. Se presentan cada una de las acciones empleadas para alcanzar los objetivos de la investigación, incluyendo una explicación específica de cada actividad hospitalaria así como una caracterización general de cada una de las herramientas del Sistema de Gestión Total Eficiente de Energía (SGTEE).

II.2 Planificación energética.

La norma NC ISO 50 001, al igual que las otras normas de esta organización se apoyan en la filosofía de mejorar continua del sistema de gestión de energía, y el desempeño energético resultante basados en el ciclo de mejora continua Planificar – Hacer – Verificar – Actuar (PHVA).

En el contexto de la gestión de la energía, el enfoque PHVA puede explicarse de la manera siguiente:

- **Planificar:** llevar a cabo la revisión energética y establecer la línea de base, los indicadores de desempeño energético (IDEn), los objetivos, las metas y los planes de acción necesarios para lograr los resultados que mejorarán el desempeño energético de acuerdo con la política energética de la organización;
- **Hacer:** implementar los planes de acción de gestión de la energía;
- **Verificar:** realizar el seguimiento y la medición de los procesos y de las características clave de las operaciones que determinan el desempeño energético en relación a las políticas y objetivos energéticos e informar sobre los resultados;
- **Actuar:** tomar acciones para mejorar en forma continua el desempeño energético y el SGE.

La correspondencia de los diferentes componentes de la norma NC ISO 50001:2011 con las etapas del ciclo PHVA así como los aspectos medulares de este proceso son los enmarcados en el cuadro de líneas discontinua dados en la Tabla I.1 y los cuales serán ampliados en el desarrollo del presente capítulo

Tabla I.1. Contenidos de la NC ISO 50001 en el ciclo Planificar-Hacer- Verificar-Actuar. (PHVA)

Componentes del ciclo PHVA	Contenidos de la NC ISO 50001.
Requisitos generales	<u>4.1 Requisitos generales</u> 4.2 Responsabilidad de la dirección 4.2.1 Alta dirección 4.2.2 Representante de la dirección 4.3 Política Energética
Planificar	<u>4.4 Planificación energética</u> 4.4.1 Generalidades 4.4.2 Requisitos legales y otros requisitos 4.4.3 Revisión energética 4.4.4 Línea base energética <u>4.4.5 Indicadores de desempeño energético</u> 4.4.6 Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción de gestión de la energía
Hacer	<u>4.5 Implementación y operación</u> 4.5.1 Generalidades 4.5.2 Competencia, formación y toma de consciencia 4.5.3 Comunicación 4.5.4 Documentación 4.5.5 Control operacional 4.5.6 Diseño 4.5.7 Adquisición de servicios de energía, productos, equipos y energía.
Verificar	<u>4.6 Verificación</u> 4.6.1 Seguimiento, medición y análisis 4.6.2 Evaluación de cumplimiento con los requisitos legales y otros requisitos 4.6.3 Auditoría interna del SGE 4.6.4 No-conformidades, corrección, acción correctiva y preventiva 4.6.5 Control de registros
Actuar	<u>4.7 Revisión por la dirección</u> 4.7.1 Generalidades 4.7.2 Información de entrada para la revisión por la dirección 4.7.3 Resultado de la revisión por la dirección

La organización debe llevar a cabo y documentar un proceso de planificación energética. La planificación energética debe ser coherente con la política energética y debe conducir a actividades que mejoren de forma continua el desempeño energético.

La planificación energética debe incluir una revisión de las actividades de la organización que puedan afectar al desempeño energético.

Se sugiere:

1. Establecer forma y contenidos a documentar en el proceso de planificación energética. Debe quedar recogido en un documento en copia dura o en un archivo en forma digital los componentes del proceso de planificación energética.
2. De ser un proceso productivo debe elaborarse el diagrama energético productivo, señalando en las condiciones actuales las entradas y salidas de las corrientes energéticas y las producciones en cada área del proceso.
3. En la documentación del proceso de planificación energética debe reflejarse:
 - La política energética
 - Costos de energía
 - Requisitos legales y otros
 - Diagrama energético productivo
 - Energía y producción por área productiva. Energía y producción final.
 - Análisis del uso de la energía y de variables productivas para el monitoreo y control.
 - Personal determinante en el uso de la energía.
 - Oportunidades de mejoras energéticas.

II.3 Requisitos legales y otros requisitos.

La organización debe identificar, implementar y tener acceso a los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización suscriba relacionados con su uso y consumo de la energía, y su eficiencia energética.

La organización debe determinar cómo se aplican estos requisitos a su uso y consumo de la energía, y a su eficiencia energética, y debe asegurar que estos requisitos legales y otros requisitos que la organización suscriba se tengan en cuenta al establecer, implementar y mantener el SGE_n. Los requisitos legales y otros requisitos deben revisarse a intervalos definidos.

Se sugiere que:

1. La organización debe identificar y tener acceso a los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización suscriba relacionados con el uso, consumo de la

energía y eficiencia energética. Ya sean legales o acordados por la organización y reflejados en su política energética.

2. La organización debe cumplir con los requisitos legales establecidos para cada portador energético que este en uso en sus instalaciones tales como:

- Tarifas vigentes para cada portador, observando las particularidades de las tarifas en función del tamaño y características de las instalaciones de la organización. (Para el caso cubano ver las tarifas eléctricas.)
- Normas de gestión técnica y de seguridad e higiene del trabajo del uso del portador energético. (Sistema eléctrico, sistema de almacenamiento y distribución y uso de combustibles líquidos y gaseosos, etc.)
- Cuando se procede al diseño o reposición de nuevas instalaciones o equipos, la organización debe observar las legislaciones establecidas para el cumplimiento del etiquetado eficiente que la política energética define, tanto para instalaciones de proceso como de transporte.
- Cuando las instalaciones han alcanzado el fin de su ciclo de vida y se decide la modernización en busca de incrementos de la eficiencia energética la organización debe realizar valoraciones de proyectos de cogeneración y trigeneración, o de utilización de corrientes energéticas de desechos industriales o empresariales.

II.4 Revisión energética.

La organización debe desarrollar, registrar y mantener una revisión energética. La metodología y el criterio utilizados para desarrollar la revisión energética deben estar documentados. Para desarrollar la revisión energética, la organización debe:

1. Analizar el uso y el consumo de la energía basándose en mediciones y otro tipo de datos, es decir:
 - Identificar las fuentes de energía actuales.
 - Evaluar el uso y consumo pasados y presentes de la energía;
2. Basándose en el análisis del uso y el consumo de la energía, identificar las áreas de uso significativo de la energía, es decir:

- Identificar las instalaciones, equipamiento, sistemas, procesos y personal que trabaja para, o en nombre de, la organización que afecten significativamente al uso y al consumo de la energía;
 - Identificar otras variables pertinentes que afectan a los usos significativos de la energía;
 - Determinar el desempeño energético actual de las instalaciones, equipamiento, sistemas y procesos relacionados con el uso significativo de la energía;
 - Estimar el uso y consumo futuros de energía;
3. Identificar, priorizar y registrar oportunidades para mejorar el desempeño energético.

La revisión energética debe ser actualizada a intervalos definidos, así como en respuesta a cambios mayores en las instalaciones, equipamiento, sistemas o procesos. Se sugiere que:

1. La organización puede considerar que un buen punto de partida para la revisión energética lo constituye una auditoría energética.
2. En el caso cubano desde inicios de la década del 2000 se realiza la caracterización energética de la organización haciendo uso de la “Prueba de la Necesidad” (Colectivo de autores, 2002). la cual puede ser usada para los trabajos de implementación de la norma.
3. Otro documento a utilizar que complementa el documento “Prueba de la Necesidad” los constituye el documento “Informe de la Prueba de la Necesidad” (Colectivo de autores, 2005)
4. En la revisión energética debe considerarse donde se produce un uso significativo de la energía como aquella área, sección del proceso o equipos donde existe un alto consumo energético y donde existen por tanto altos potenciales para mejorar el desempeño energético.
5. La forma más común de identificar los usos significativos de energía está dado por conocer quien tiene las mayores porciones del consumo energético. Para el caso cubano una forma muy usada cuando se aplica un SGE_n, es emplear la Regla de Pareto (80/20) (Colectivo de autores, 2006)

6. Es necesario precisar que la NC ISO 50 001 establece que es la Organización la que forma el criterio de que se considera uso significativo de energía para la misma.

II.4.1. Levantamiento de cargas

El levantamiento eléctrico de todos los equipos instalados en las áreas y departamento que pertenecen al sistema permite conocer el comportamiento de la carga conectada, su régimen de trabajo y las horas en que coinciden las diferentes cargas, con estos elementos se puede establecer límites de demandas y consumos en las diferentes horas del día. Además, esta actividad reviste gran importancia debido a que se revisa el estado de toda la instalación eléctrica, sistema de aterramiento y la potencia de cada equipo, sistema de descargas atmosféricas, estado de los cuadros eléctricos y elementos que lo integran. Para el análisis de los consumidores estos fueron clasificados como carga de alumbrado, clima y equipos médicos. En la carga de alumbrado se relaciona todas las luminarias de uso general. Los equipos de aire de ventana, clima centralizado, Split y consolas son agrupados en la carga de clima, así como todo el equipamiento de diagnóstico médico, luminarias de quirófanos entre otros destinados a estos fines fueron agrupados como carga de electro medicina. (Bermúdez, 2012).

II.4.2. Análisis del uso y consumo de la energía.

Todas estas consideraciones tienen influencia a la hora de seleccionar los criterios que permitan distinguir los usos significativos de la energía. Algunos criterios de evaluación de los consumos energéticos se muestran a continuación:

- Según el tamaño del uso o consumo energético dentro del proceso. Es decir, un consumo energético puede ser significativo siempre y cuando represente un determinado peso del total de consumo de energía de la evaluación.
- Según su desarrollo histórico. Es decir, un consumo energético podrá ser más o menos significativo si se ha disparado en el tiempo, si se mantiene o si por el contrario disminuye.
- Según su potencial de mejora. Si lo presenta, puede ser catalogado como significativo por un tiempo hasta que el mismo ya no pueda mejorarse más. Este criterio de evaluación puede ser muy útil para el establecimiento de los objetivos y metas fijados.

- Según el porcentaje de emisiones contaminantes que representa en el total de la instalación.

La identificación de los puntos significativos en la gestión energética puede realizarse mediante la definición de una matriz energética y consumos de la energía, en la que se definirán dichos consumos, los factores energéticos asociados a esos consumos, el método de medida, el consumo actual y el potencial de ahorro significativo. Todos estos datos permiten decidir si el uso o consumo es significativo. En procesos complejos, puede definirse una matriz energética y consumos de la energía para cada una de las unidades operativas, en lugar de una sola matriz general. Esta matriz facilita el análisis energético global al desglosarlo en unidades menores y posibilita la organización independiente de los equipos implicados en la gestión energética.

II.4.3. Oportunidades de ahorro energético.

Posteriormente, a través de la revisión de los consumos se pueden identificar oportunidades de mejora del desempeño energético, independientemente de que se implementen o no. Las oportunidades de mejora deben registrarse de manera adecuada dentro del SGE. La identificación de las oportunidades de ahorro de energía puede realizarse con información obtenida desde diferentes fuentes:

- Auditorías energéticas: realizadas de forma interna o como un estudio por parte de una consultora externa.
- Observaciones del personal de la organización.
- Operaciones de mantenimiento preventivo.

II.5 Equipos de mediciones utilizados comúnmente en la revisión energética.

Analizador de redes eléctricas.

Miden directamente o calculan los diferentes parámetros eléctricos de una red: tensión, intensidad, potencia y energía activas y reactivas, factor de potencia, etc. Permite realizar análisis de calidad de la energía.

Tabla II.2 Características Eléctricas del Analizador de redes eléctricas empleado en la empresa Marca EXTECH, Modelo PQ3450.

Función	Gama	Resolución	Precisión
Tensión AC	10.0 V a 600.0 V	0.1 V	$\pm(0.5\% + 0.5 \text{ V})$
Corriente AC	0.2 a 6000 A	0.001 a 1A	$\pm (0.5\% + 5 \text{ chafres})$

Factor de Potencia	0.00 a 1.00	0.01	± 0.04
Ø de fase	-180 ^o a 180 ^o	0.1 ^o	± 1 ^o
Frecuencia	45 a 65 Hz	0.1Hz	0.1 Hz

Luxómetro:

De acuerdo a los niveles de luminosidad podemos hacer mediciones de calidad de luz y de los niveles mínimo de iluminación requeridos en ciertas áreas evitando que la vista de las personas se sobre-esfuerce con el objetivo de perjudicar la salud del cuerpo humano.

Debido a que el luxómetro es de fácil manipulación, el mismo puede ser operado por un técnico especializado en iluminación como cualquier usuario que conocimiento de equipos digitales

Cámara termográfica:

La cámara termográfica es el equipo que registra la emisión natural de radiación infrarroja procedente de un objeto y genera una imagen térmica. La cámara termográfica se sitúa delante del objeto a inspeccionar para recibir la energía infrarroja emitida. Esa energía es la suma de tres componentes:

- La energía infrarroja, proveniente del objeto.
- La energía reflejada por dicho objeto.
- La energía emitida por el ambiente.

Por ende, la energía detectada realmente no solo depende del coeficiente de emisividad de la superficie bajo medición, sino también depende del medio ambiente. De hecho, una fracción puede ser absorbida por la atmósfera entre el objeto y la cámara, o agregada por la reflexión de la superficie de la energía irradiada desde los objetos a su alrededor. La cámara termográfica es de relevante importancia debido a la enorme cantidad de energía consumida en los procesos mecánicos, térmicos y eléctricos; y al alto costo subsecuente de la energía desperdiciada.

II.6 Línea de base energética.

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. Los

cambios en el desempeño energético deben medirse en relación a la línea de base energética.

Deben realizarse ajustes en la(s) línea(s) de base cuando se den una o más de las siguientes situaciones:

- Los IDEns ya no reflejan el uso y el consumo de energía de la organización;
- Se hayan realizado cambios importantes en los procesos, patrones de operación, o sistemas de energía.
- Sí lo establece un método predeterminado.

II.7 Indicadores de desempeño energético.

La monitorización del desempeño energético debe realizarse en base a unos indicadores previamente definidos, que deberán ser apropiados a las actividades de la entidad. La metodología para determinar y actualizar los IDEn's debe documentarse y revisarse regularmente. Además, estos indicadores permiten la comparación con otras organizaciones de características similares. Los IDEn's se deben revisar y comparar con la línea base de forma apropiada.

II.8 Indicadores de la actividad de hospitalización.

Índice de ocupación: se obtiene al dividir el total de camas ocupadas en un período determinado por el total de camas disponibles en ese mismo período, resultado que es multiplicado por 100.

Índice de sustitución: representa el número de días que, en promedio, una cama hospitalaria disponible permanece desocupada entre el egreso de un paciente (por alta médica o fallecimiento) que usó la cama y el ingreso de otro que la vuelva a utilizar.

Índice de Rotación: mide el número de pacientes que pasan por una cama en un período determinado de tiempo.

Promedio de hospitalización por egreso: señala el número de días que, en promedio y para un período determinado, permanecieron los pacientes hospitalizados en el establecimiento (porcentaje de días al año).

Egresos por cama hospitalaria o rotación de camas: mide el número de pacientes que, en promedio, hacen uso de una cama dotada al hospital, o de una cama hospitalaria disponible, para un período establecido.

Camas disponibles o camas en trabajo: son las camas habilitadas en las salas del establecimiento, en condiciones de uso inmediato, para la atención de los pacientes hospitalizados, independiente de que estén ocupadas o no.

Cama ocupada o día paciente: Es la permanencia de un paciente hospitalizado ocupando una cama de hospital, durante el período comprendido entre las 0 horas y las 24 horas de un mismo día.

Los indicadores hospitalarios es la forma cuantitativa de poder conocer el funcionamiento del hospital y su correcta interpretación nos sirve para la adecuada toma de decisiones.

Son importantes pues:

- Nos indica y alerta sobre el adecuado funcionamiento de un servicio o departamento y del hospital.
- Ayuda a proyectar la estrategia hospitalaria en la atención a la población
- Su interpretación epidemiológica es primordial.
- De suma importancia para la planificación económica y el adecuado control de los recursos hospitalarios.
- Su interpretación es esencial para el control interno de los servicios y del hospital.

II.9 Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía.

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. Deben establecerse plazos para el logro de los objetivos y metas.

Los objetivos y metas deben ser coherentes con la política energética. Las metas deben ser coherentes con los objetivos. Cuando una organización establece y revisa sus objetivos y metas, la organización debe tener en cuenta los requisitos legales y otros requisitos, los usos significativos de la energía y las oportunidades de mejora del desempeño energético, tal y como se identifican en la revisión energética. También debe considerar sus condiciones financieras, operacionales y comerciales así como las opciones tecnológicas y las opiniones de las partes interesadas.

La organización debe establecer, implementar y mantener planes de acción para alcanzar sus objetivos y metas.

Los planes de acción deben incluir:

- La designación de responsabilidades;
- Los medios y los plazos previstos para lograr las metas individuales.
- Una declaración del método mediante el cual debe verificarse la mejora del desempeño energético.
- Una declaración del método para verificar los resultados.

Los planes de acción deben documentarse y actualizarse a intervalos definidos.

II.10 Herramientas del Sistema de Gestión Total Eficiente de Energía (SGTEE).

Las Herramientas del Sistema de Gestión Total Eficiente de Energía (SGTEE) son de gran importancia ya que les brinda la información necesaria para llegar a la raíz de un determinado problema. A continuación, se muestra cada una de estas herramientas los pasos que debes seguir para la construcción de cada una de ellas, así como la utilidad que presentan.

1. Diagrama de Pareto:

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 porcentaje. Los porcentajes agregados de cada barra se conectan por una línea para mostrar la suma incremental de cada categoría respecto al total.

A continuación, figura II.1 se representan el consumo promedio de los portadores energéticos del 2014 para una empresa en particular, en el gráfico se emplea la tonelada de combustible convencional (TCC) como medida estándar.

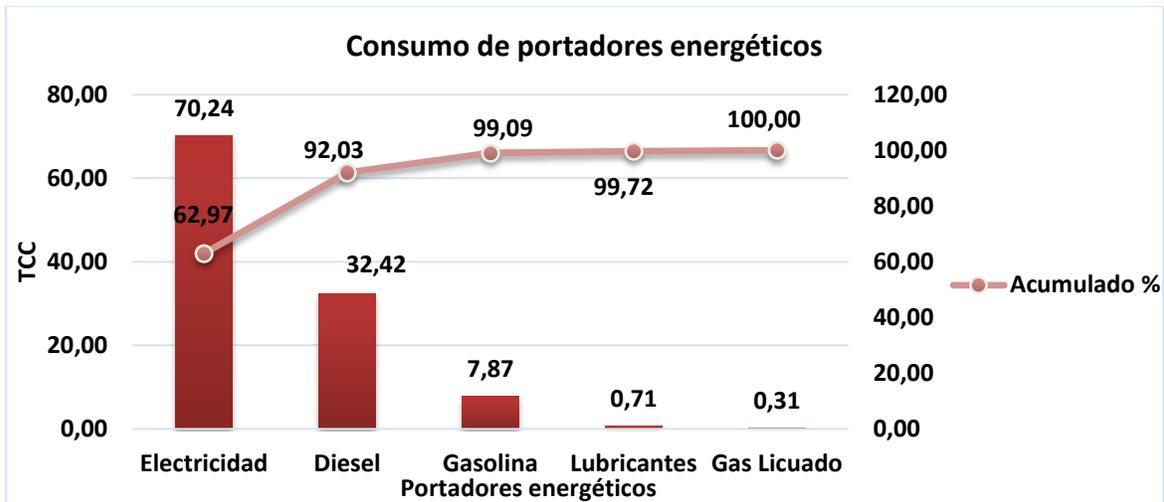


Figura. II.1. Consumo de los portadores energético en el año 2014 para la empresa.

Fuente:(Valdivia, 2016).

Este diagrama 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. Esta herramienta tiene como utilidad identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno como puede ser: los mayores consumidores de energía, las mayores pérdidas energéticas o los mayores costos energéticos de la fábrica; determinar la efectividad de una mejora comparando los paretos anteriores y posteriores a la mejora

Utilidad del Diagrama de Pareto.

- Identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno como puede ser: los mayores consumidores de energía de la fábrica, las mayores pérdidas energéticas o los mayores costos energéticos.
- Predecir la efectividad de una mejora al conocer la influencia de la disminución de un efecto al reducir la barra de la causa principal que lo produce.
- Determinar la efectividad de una mejora comparando los diagramas de Pareto anterior y posterior a la mejora.

Un diagrama de Pareto informa sobre los siguientes aspectos:

1. ¿Cuál es la causa o elemento de mayor importancia de los registrados y cuál es su influencia cuantitativa

2. ¿Cuál es el 20% de los elementos que producen el 80% del efecto reflejado en la categoría? Por ejemplo: ¿Cuál es el 20% de los portadores energéticos que producen el 80% del consumo de energía equivalente de la empresa?
3. ¿Cómo influye cuantitativamente la reducción de una causa o elemento en el efecto o categoría general analizado?

Estratificación:

Cuando se investiga la causa de un efecto, una vez identificada la causa general aplicando el diagrama de Pareto, es necesario encontrar la causa particular del efecto, aplicando sucesivamente Pareto a estratos más profundos de la causa general. La estratificación es el método de agrupar datos asociados por puntos o características comunes pasando de lo general a lo particular. Pueden ser estratificados los gráficos de control, los diagramas de Pareto, los diagramas de dispersión, los histogramas y otras herramientas de descripción de efectos. A continuación, se da un ejemplo de la estratificación realizada por cada una de las áreas de una empresa, en el gráfico se muestra el consumo de los locales del primer piso de la empresa (Figura II.2)

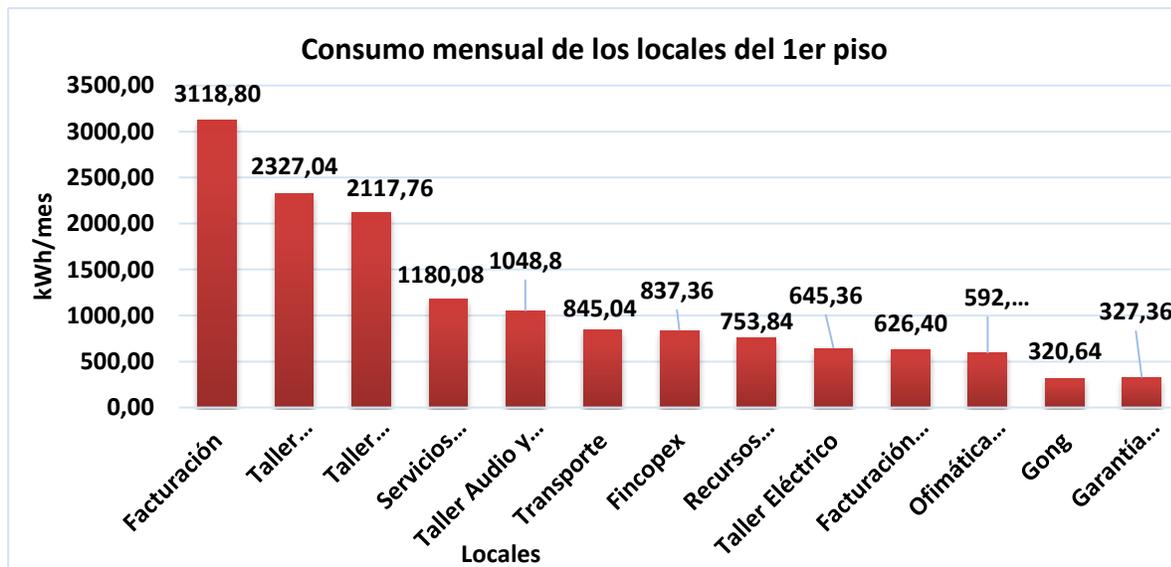


Fig.II.2. Estratificación realizada por cada una de las áreas de la empresa Fuente:(Valdivia, 2016).

Utilidad de la Estratificación.

- Discriminar las causas que están provocando el efecto estudiado.
- Conocer el árbol de causas de un problema o efecto.

- Determinar la influencia cuantitativa de las causas particulares sobre las generales y sobre el efecto estudiado.

El método de estratificación nos da la medida para el control y reducción de los consumos y costos energéticos como se puede ver en los siguientes apartados:

- Identificar el número mínimo de equipos que provocan la mayor parte de los consumos totales equivalentes de energía de la empresa (“Puestos Claves”).
- Identificar el número mínimo de las causas de pérdidas que provocan la mayor parte de los sobreconsumos de energía de la empresa.
- Identificar el número mínimo de áreas o equipos que provocan los mayores costos de energía de la empresa.
- Identificar factores o variables de control que pueden influir sobre los consumos, pérdidas y costos energéticos.
- Identificar causas de comportamientos no esperados de las variaciones de los consumos energéticos.

2. Diagrama Energético-productivo:

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 y características para los niveles de producción típicos de la empresa. Esta herramienta presenta como beneficio, la relación entre las diferentes etapas del proceso productivo y las etapas mayores consumidoras por tipo de energético, facilita las posibilidades de cambio en la programación del proceso o introducción de modificaciones básicas para reducir los consumos energéticos, proporciona el establecimiento de indicadores de control por áreas, procesos y equipos mayores consumidores y permite determinar la producción equivalente de la empresa.

A continuación, se presenta un ejemplo donde se muestra el gráfico de Energía vs. Producción para una empresa productora de una sustancia líquida cuya unidad de medida es hectolitro (Hl). Esta figura muestra la línea base de la organización como se muestra en la figura II.3.(Gestión y Economía Energética, 2006).

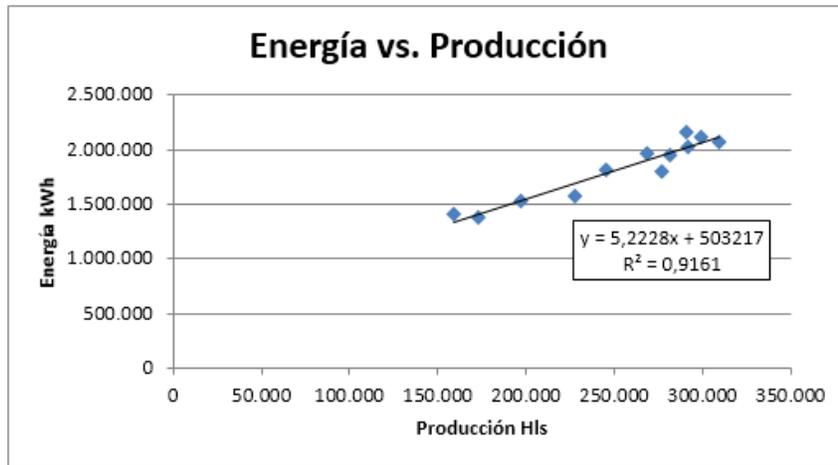


Figura II.3. Línea base de la organización con su ecuación de energía y su coeficiente de determinación $R^2 \geq 0,75$. Fuente: (Gestión y Economía Energética, 2006).

Utilidad de los Diagramas E vs. P.

- Mostrar si los componentes de un indicador de consumo de energía están correlacionados entre sí, y, por tanto, si el indicador es válido o no.
- Establecer nuevos indicadores de consumos o costos energéticos.
- Determinar la influencia de factores productivos de la empresa sobre los consumos energéticos y establecer variables de control.
- Identificar el modelo de variación promedio de los consumos respecto a la producción.
- Determinar cuantitativamente el valor de la energía no asociada a la producción.

Se debe calcular analíticamente la pendiente y el intercepto de la recta, expresado en la Ec II.1 la cual se presenta a continuación:

$$E = m.P + E_0 \tag{Ec II.1}$$

Dónde: E - consumo de energía en el período seleccionado

P - producción asociada en el período seleccionado

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

E_0 – intercepto de la línea en el eje y, que representa la energía no asociada directamente al nivel de producción

$m.P$ – es la energía utilizada en el proceso productivo.

La energía no asociada directamente al nivel de producción en una empresa puede corresponder a:

- Iluminación de plantas, electricidad para oficinas, ventilación.
- Áreas climatizadas, tanto de calefacción como de aire acondicionado.
- Energía usada en servicios de mantenimiento.
- Trabajo en vacío de equipos eléctricos o térmicos.
- Energía perdida en salideros de vapor, aire comprimido, deficiente aislamiento térmico, etc.
- Pérdidas eléctricas por potencia reactiva.
- Pérdidas por radiación y convección en calderas y equipos térmicos.
- Precalentamiento de equipos y sistemas de tuberías.

El porcentaje de energía no asociada directamente al nivel de producción (E_{na}) se determina como: $E_{na} = (E_o/E_m) \cdot 100, \%$

Dónde: E_m – es el valor del consumo medio de energía determinado como el valor de la línea central del gráfico de control de consumo del portador energético correspondiente.

El valor del porcentaje de energía no asociada directamente al nivel de producción debe ser tan pequeño como sea posible. Este valor varía con el tipo de producción y de proceso tecnológico utilizado para una producción dada. Constituye un parámetro a monitorear y controlar.

La literatura y la experiencia acumulada en los trabajos realizados por el CEEMA indican que se pueden considerar adecuados, a los efectos de estos análisis energéticos, valores del coeficiente de correlación $R^2 \geq 0,75$. Valores de dicho coeficiente inferiores al valor señalado indican una débil correlación entre los parámetros representados en el diagrama de dispersión, y por tanto, que el índice de consumo formado por el cociente entre ellos no refleja adecuadamente la eficiencia energética en la entidad, área ó equipo mayor consumidor en cuestión. Las causas más frecuentes de la baja correlación entre energía y producción son las siguientes:

- Existen errores en la medición o captación de los datos primarios o en su procesamiento.

- Pobre disciplina tecnológica. El consumo de energía en la empresa no es controlado adecuadamente y las prácticas de operación y mantenimiento están pobremente definidas. No hay estabilidad en los procesos productivos o de servicios.
- Los períodos en que se han medido la producción (P) y el consumo (E) no son iguales.
- El término producción (P) no ha sido adecuadamente establecido:
 - Existe producción en proceso que ha consumido energía y esta no ha sido considerada. Por ejemplo, en una fábrica de cemento la producción de Clinker.
 - La estructura de producción incluye productos con diferentes requerimientos energéticos. Por ejemplo, habitaciones diferentes en un hotel, o distintos productos en una fábrica de helados, o almacenamiento de productos diferentes y a distintas temperaturas en un frigorífico.
 - Existen factores que influyen sensiblemente sobre el consumo de energía y que no han sido considerados. Por ejemplo, la temperatura ambiente en instalaciones con un peso determinante en el consumo de sistemas de refrigeración o climatización.
 - En el proceso productivo o de servicios se incluyen actividades que consumen energía y no se reflejan en la producción o servicios incluidos en el índice. Por ejemplo, el uso de salones de conferencias en un hotel y que no se reflejan en las habitaciones ocupadas ni en la cantidad de huéspedes alojados.

3. Diagrama índice de consumo-producción (IC VS. P):

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:

$$E = m.P + E_0$$

$$IC = E/P = m + E_0/P \quad \text{Ec II.2}$$

$$IC = m + E_0/P \quad \text{Ec II.2.1}$$

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

A continuación, en la fig.II.4 se presentan un gráfico real de IC vs. P, en los que se observa la influencia del nivel de producción sobre el índice de consumo.

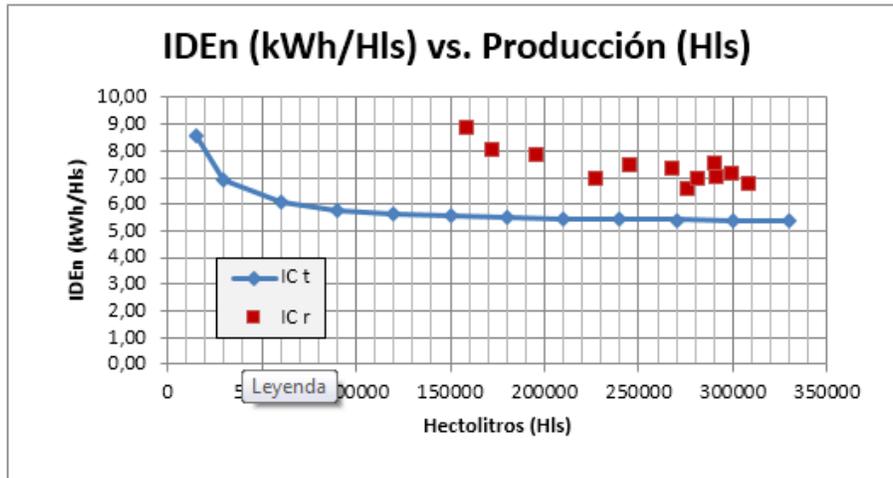


Figura II.4. Herramienta que muestra el Indicador de Desempeño Energético (IDEn) (kWh/Hls) vs. Producción en hectolitros (Hls). Fuente: *Energy Audit Manual*, 2007.

Utilidad del Diagrama IC vs. P

- Establecer metas de índices de consumos en función de una producción planificada por las condiciones de mercado.
- Evaluar el comportamiento de la eficiencia energética de la empresa en un período dado.
- Determinar el punto crítico de producción de la empresa o de productividad de un equipo y planificar estos indicadores en las zonas de alta eficiencia energética.
- Determinar factores que influyen en las variaciones del índice de consumo a nivel de empresa, área o equipo

El gráfico anterior muestra como el índice de consumo aumenta al disminuir el nivel de la producción realizada. En la medida que la producción se reduce debe disminuir el consumo total de energía, pero el gasto energético por unidad de producto aumenta.

Uso del diagrama IC vs. P para la reducción y control de los consumos energéticos.

- Caracterizar el nivel de eficiencia con que un trabajo en el período evaluado al compararlos pares reales (E/P, P) sobre el diagrama con la curva de referencia.
- Comprobar y determinar los índices de consumo por portador energético de la empresa a planificar para un nivel de producción previsto.
- Determinar las metas de índices de consumo para los diferentes niveles de producción.
- Determinar el punto crítico de producción para la programación de la producción en la empresa, áreas o equipos. Conocer la zona de producción de alta y baja eficiencia energética.
- Identificar factores que influyen en el incremento o disminución del índice de consumo de la empresa, área o equipo.
- Evaluar el nivel de eficiencia energética de la producción por portador energético a nivel de empresa, área o equipo.

Uso del diagrama IC vs. P para la identificación de factores que influyen en los índices de consumo.

- Realizar la curva teórica IC vs. P y dibujar los pares (E/P, P) sobre el diagrama.
- Identificar puntos con igual producción P, pero diferentes valores de IC.
- Seleccionar indicadores de producción de la empresa que puedan influir sobre el índice de consumo. Ej.: productividad, rendimiento horario, interrupciones, rechazos, tipo de producciones, etc.
- Evaluar, para los puntos que están por encima de la curva de referencia y los que están por debajo, la influencia de los indicadores de producción.
- Obtener conclusiones acerca de la influencia de los indicadores de producción en el índice de consumo y verificar que éstas sean válidas para el resto de los puntos del diagrama.

4. Gráfico de consumo de energía y producción en el tiempo:

Consiste en un gráfico que muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo. Muestran períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo energético con respecto a la

variación de la producción y permiten identificar causas o factores que producen variaciones significativas de los consumos. A continuación, se da un ejemplo del consumo individual de tres establecimientos que cuentan con similares características físicas (similar superficie construida) pero pertenecen a tres sectores distintos. Uno es netamente privado (Clínica Las Condes: 65 230 m²), otro netamente público (Hospital San Borja Arriarán: 75 000 m²) y otro que estaría en la interfaz público-privado (Hospital Clínico Universidad de Chile: 65 000 m²) como se muestra en la Figura II.5.

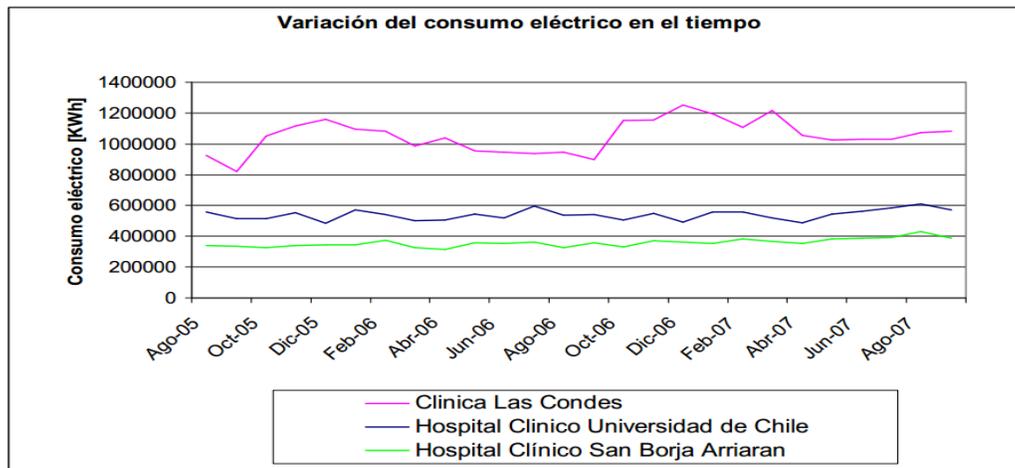


Figura II.5. Variación del consumo eléctrico en el tiempo de la Clínica Las Condes, el Hospital Clínico Universidad de Chile y el Hospital Clínico San Borja Arriaran. Fuente:(Sepúlveda, 2008).

Se aprecia que el consumo eléctrico en promedio no ha aumentado en los últimos años, experimentando sus correspondientes alzas de acuerdo a las estaciones climáticas. Se vislumbra claramente que el establecimiento privado posee mayores consumos que los otros dos, y esto se puede ver reflejado en que su fuerte es la atención de primera calidad sin estimar en gastos dado el tipo de clientes que cubren.

Utilidad de los gráficos E-P vs. T.

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

Variaciones anormales en el gráfico E-P vs. T

Generalmente debe ocurrir que un incremento de la producción produce un incremento del consumo de energía asociado al proceso y viceversa.

Comportamientos anómalos son:

- Incrementa la producción y decrece el consumo de energía.
- Decrece la producción y se incrementa el consumo de energía.
- La razón de variación de la producción y el consumo, ambos creciendo o decreciendo, son significativos en el período analizado.

5. Gráficos de Tendencias o Sumas Acumulativas (CUSUM):

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 período base hasta el momento de su actualización. Como utilidad, esta herramienta da a conocer la tendencia real de la empresa en cuanto a variación de los consumos energéticos, compara la eficiencia energética de períodos con diferentes niveles de producción, determina la magnitud del ahorro o gasto en exceso en un período actual respecto a un período base y evalúa la efectividad de medidas de ahorro de energía. A continuación, se da un ejemplo de la tendencia de una empresa durante el año 2016. Por otra parte, a partir del mes de febrero se puede observar la presencia de una reducción de la energía en función claro está de la influencia de las temperaturas para ese período del año, como se muestra en la figura II.6

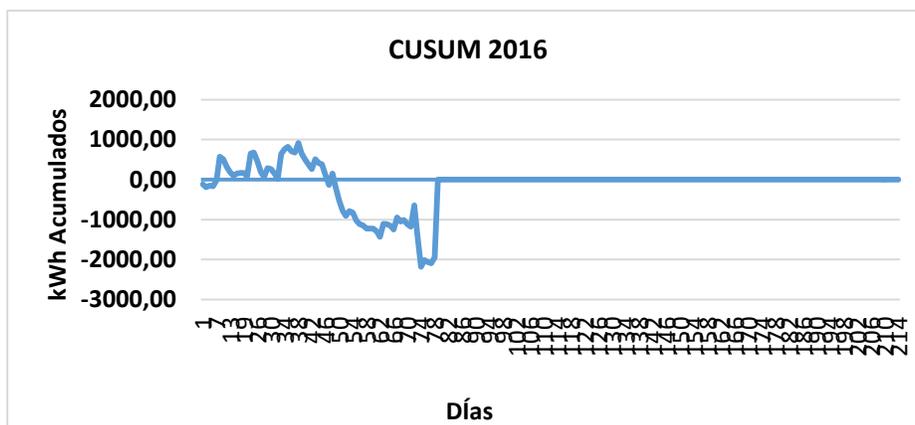


Figura II.6. CUSUM 2016 Fuente: (Valdivia, 2016)

Utilidad del Gráfico de Tendencia.

- Conocer la tendencia real de la empresa en cuanto a variación de los consumos energéticos.
- Comparar la eficiencia energética de períodos con diferentes niveles de producción.
- Determinar la magnitud del ahorro o gasto en exceso en un período actual respecto a un período base.

Uso del gráfico de tendencia para reducir y controlar los consumos energéticos:

Monitorear los consumos energéticos con respecto al año o el semestre anterior a nivel de empresa, área o equipos altos consumidores.

- Evaluar la tendencia de la empresa en eficiencia energética.
- Determinar la efectividad de medidas de ahorro a nivel de empresa, área o equipo.
- Cuantificar las mejoras o disminuciones de la eficiencia energética a nivel de empresa, área o equipo.

6. Gráfico de dispersión:

Es un gráfico que muestra la relación entre dos 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. Muestra con claridad si los componentes de un indicador de control están correlacionados entre sí y por tanto si el indicador es válido o no. Permite establecer nuevos indicadores de control y permite determinar la influencia de factores productivos de la empresa sobre las variables en cuestión y establecer nuevas variables de control.

A continuación, se da un ejemplo de la distribución de la muestra de acuerdo al consumo de electricidad realizado con respecto a la superficie construida para diferentes hospitales (Figura II.7).

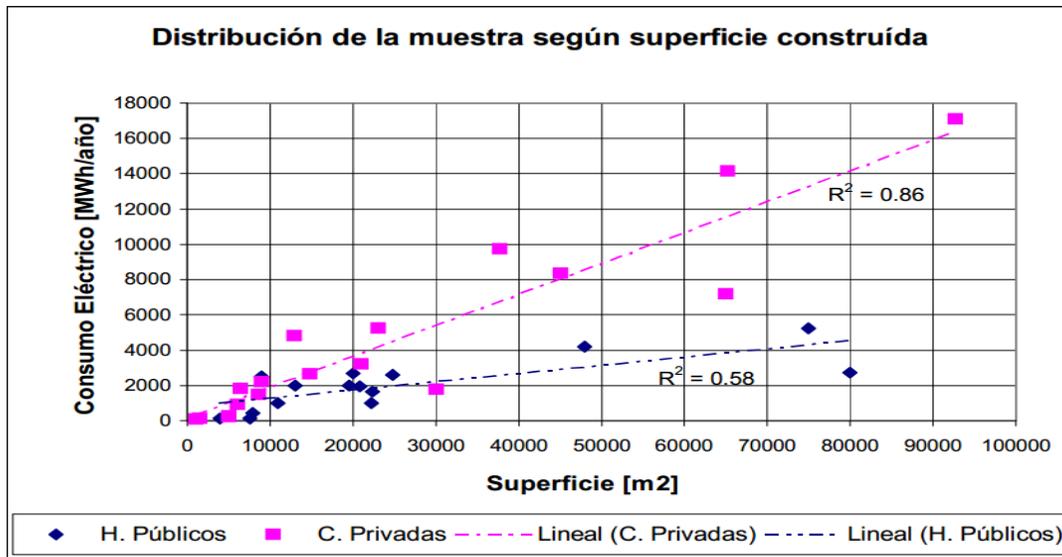


Figura II.7. Distribución de la muestra según superficie construida para consumo de hospitales públicos y privados. Fuente: (Vera, 2008).

Dentro de las clínicas existe una linealidad entre el consumo eléctrico y los metros cuadrados construidos. Esto quiere decir que el consumo energético es directamente proporcional al tamaño de las clínicas, o bien, que mientras más grandes sean los edificios la demanda por suministro es proporcionalmente mayor. Los hospitales de la muestra presentan en su mayoría consumos disímiles independientes de su tamaño.

7. Gráficos de control:

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. Esta es de gran utilidad ya que muestra si las variables evaluadas se encuentran bajo control o no, permite identificar los comportamientos que requieren explicación y las causas no aleatorias que influyen en el comportamiento de los consumos, además da a conocer la influencia de las acciones correctivas sobre los consumos. A continuación, se presenta un ejemplo de un gráfico de control para el consumo de energía eléctrica como se muestra en la figura II.8.

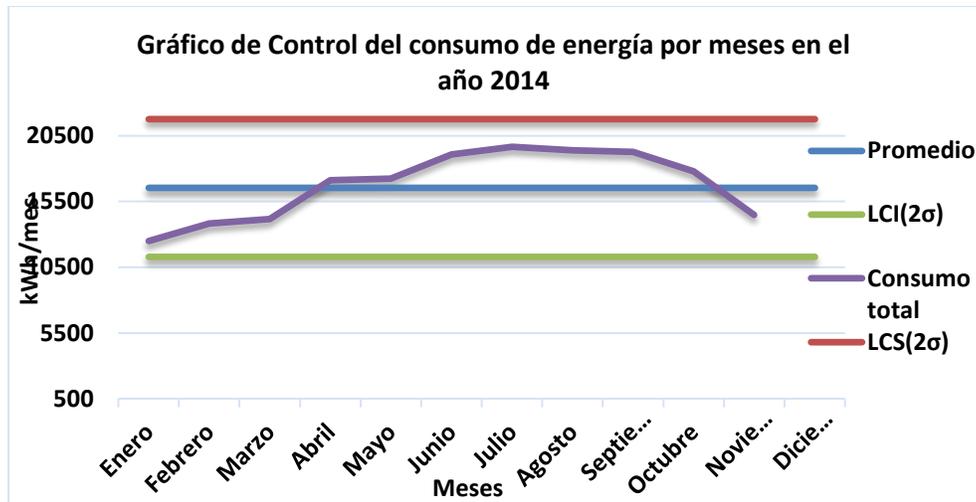


Figura II.8. Gráfico de control del consumo de energía eléctrica en el año 2014. Fuente: (Valdivia, 2016).

Utilidad de los gráficos de Control.

- Conocer si las variables evaluadas están bajo control o no
- Conocer los límites en que se puede considerar la variable bajo control.
- Identificar los comportamientos que requieren explicación e identificar las causas no aleatorias que influyen en el comportamiento de los consumos.
- Conocer la influencia de las acciones correctivas sobre los consumos o costos energéticos.

II.11 Conclusiones parciales.

1. Se caracterizó la etapa de planificación energética como una de las más importantes dentro del ciclo (P-H-V-A), incluyéndose dentro de ella requisitos tales como:

- Planificación energética.
- Requisitos legales y otros requisitos.
- Revisión energética.
- Línea base energética.
- Índices de desempeño energético.
- Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción de gestión de la energía.

2. Se describieron las herramientas del Sistema de Gestión Total Eficiente de Energía (SGTEE), a emplear para darle cumplimiento a estos requisitos, siendo estas:

- Diagrama de Pareto.
- Diagrama Energético-productivo.
- Diagrama índice de consumo-producción (IC VS. P).
- Gráfico de consumo de Energía y Producción en el Tiempo.
- Gráficos de Tendencias o Sumas Acumulativas (CUSUM).
- Gráfico de dispersión.
- Gráficos de control.

3. Para desarrollar una buena revisión energética se debe de analizar el uso y consumo de la energía donde se identifican los principales portadores energéticos y se evalúe el uso y consumo en el tiempo, pasado y presente del uso energético.

Capitulo III

Capítulo III. Caso de Estudio Hospital Provincial "Gustavo Aldereguía Lima" de Cienfuegos.

III.1 Introducción al capítulo.

En el capítulo se abordará sobre el estudio de la etapa de planificación energética, como caso a analizar se presenta una breve descripción del Hospital Provincial "Gustavo Aldereguía Lima" de Cienfuegos. Se realizará una revisión energética enfocando el estudio sobre los portadores energéticos fundamentales con el propósito de proponer oportunidades de mejoras a la gestión energética para este hospital.

III.2 Descripción del caso de estudio.

El hospital "Dr. Gustavo Aldereguía Lima" fue inaugurado en Cienfuegos el 23 de marzo de 1979 por el Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz. Fue su director el Dr. José Ignacio Goicochea Boffil y en la actualidad es dirigido por la Dra. Maritza Rodríguez Gavín. En sus palabras de inauguración, el comandante expresó: "este hospital será un símbolo de la salud, la vida y la felicidad de los cienfuegueros". Institución sanitaria que, desde su fundación, hace más de tres décadas, ha constituido uno de los logros sociales fundamentales de la vida de la localidad, tanto por el cometido de ofrecer servicios de salud cada vez mejores, como por ser escenario de eventos de salud de gran trascendencia científica. Se encuentra ubicado en la Avenida 5 de septiembre y Esquina Calle 51-A, Cienfuegos (Figura III.1), contando con una superficie del terreno de 90 000 m² y dimensiones de 50 000 m². Presentó en su etapa de culminación un costo de obra de \$15 000 000.00. El Hospital integra la asistencia médica, la educación continuada y la investigación científica, además funciona como Hospital Ginecobstetricia Materno Provincial. El organigrama del hospital lo podemos ver en el [anexo 1](#). Seguidamente se presentan la figura III.1 y III.2 que muestran la fachada del hospital y una vista aérea.



Fig.III1 a) Fachada del hospital provincial.

Fig.III.1 b) Vista aérea del hospital. Fuente

Google Maps

Además tiene como misión, enfrentar las enfermedades, sus riesgos y secuelas, y mejorar la calidad de vida de los cienfuegueros, con servicios y programas de calidad y calidez, concertados en red, en un ambiente solidario, seguro y confortable, a la vez que forma y desarrolla capital humano integro, gestiona un sistema de ciencia e innovación tecnológica y usa responsablemente los recursos para generar bienestar y satisfacción sostenible, además brindar atención especializada en Ginecología, Obstetricia y Neonatología y sus servicios se encuentran dirigidos fundamentalmente a esta especialidad, además de dar atención colateral a otras patologías relacionadas con otras especialidades. Como visión fundamental se encuentra «que este hospital sea un símbolo de la salud, la vida y la felicidad de los cienfuegueros». Presentando como política de calidad, que todas las áreas de asistencia médica, de apoyo y de educación continuada e investigación científica de este centro actúan de manera coordinada en función de alcanzar la completa satisfacción de las expectativas de nuestros pacientes, educandos y trabajadores, sustentada en los altos valores humanos y profesionales que nos distinguen mediante el mejoramiento continuo de la calidad.

III.3 Caracterización energética preliminar.

Es de gran importancia comenzar con una caracterización sobre los niveles de la gestión energética que están presentes en el hospital, tanto al inicio de la implementación de un sistema de gestión energética que buscará establecer el punto de partida, la línea base, la evaluación periódica en los avances que se logren y las insuficiencias que presente el proceso.

La caracterización de los niveles de la gestión energética en una institución se puede elaborar utilizando diversos métodos y herramientas, pero en general, se evalúa la situación en los seis aspectos más generales de la gestión energética:

1. Política Energética
2. Organización
3. Información y Comunicación
4. Monitoreo y Control
5. Divulgación y Capacitación
6. Inversiones

En la Figura.III.2 se muestra la matriz de gestión energética, para la confección se aplicaron varias entrevistas tanto a la alta dirección como al técnico energético del hospital para lograr una información lo más cierta posible sobre la gestión de la energía empleada. En este método se elaboró una matriz en la que están presentes los seis aspectos claves de la gestión energética presentados con anterioridad. El nivel 0 indica un desempeño nulo o muy bajo, mientras que el nivel 4 representa un satisfactorio desempeño en el aspecto en cuestión, este resultado, de dichas entrevistas fue procesado y se definió que la institución no presenta una integralidad de la gestión energética donde aspectos tales como inversiones y política energética se encuentran en planos diferentes, a su vez quedando caracterizada además la situación energética en la cual se encuentra el hospital.

	Política Energética	Organización	Información y Comunicación	Monitoreo y Control	Divulgación y Capacitación	Inversiones
4	Se cuenta con una política y un sistema de gestión energética aprobados por el Consejo de Dirección (CD) que revisa sistemáticamente los resultados.	El sistema de gestión energética está totalmente integrado a la estructura de gestión empresarial, existe una clara delegación de responsabilidades en el control del uso de la energía.	Existen canales formales e informales de comunicación utilizados regularmente por el gerente de energía y los equipos de trabajo a todos los niveles.	Se cuenta con un sistema integrado que establece metas, monitorea índices energéticos efectivos en equipos claves e identifica las desviaciones, cuantifica los costos en energéticos y los ahorros.	Divulgación efectiva del valor de la eficiencia energética y del comportamiento y resultados de la gestión energética dentro y fuera de la organización.	Estrategia en favor de las inversiones para ahorro de energía con evaluación detallada para argumentarlas.
3	Se cuenta con una política energética aprobada por el CD. No está implementado un sistema de gestión energética. El CD revisa sistemáticamente el tema energético.	Se tiene un responsable de energía y un comité de energía precedido por un miembro de la alta dirección.	El comité de energía se utiliza como canal principal. Conjuntamente con el contacto directo con los representantes de las áreas y equipos de consumo significativo de energía.	Monitoreo y establecimiento de metas en equipos claves, pero no se cuantifica y reportan los ahorros de manera efectiva.	Programas de entrenamiento del personal encargado de las áreas y equipos de consumo significativo de energía.	Se utilizan los mismos criterios de rentabilidad que para todas las otras inversiones.
2	La política energética no está aprobada por el CD y ha sido establecida por el energético o sus superiores. El CD revisa esporádicamente el tema energético.	Se tiene un responsable de energía, pero no tiene jerarquía administrativa.	Se realizan contactos no vinculantes con los responsables de las áreas y equipos de consumo significativo de energía a través del encargado de energía.	Monitoreo y establecimiento de metas basadas en las mediciones generales y en la facturación.	Acciones aisladas de divulgación y capacitación.	Se utiliza mayormente el criterio de la recuperación de la inversión a corto plazo.
1	Se cuenta con indicaciones generales sobre el uso de la energía y se evalúan indicadores generales de consumo energéticos vs producción.	No se cuenta con un responsable de energía con dedicación exclusiva al tema.	Se realizan contactos informales entre responsables de energía y algunos responsables de las áreas y equipos de consumo significativo de energía.	Reporte de costos energéticos basados en la facturación.	Contactos informales para promover la eficiencia energética.	Solo se implementan medidas de bajo costo.
0	No existe una política energética ni se evalúan indicadores de consumo energético vs producción.	No se cuenta con un responsable de energía.	No se realizan contactos con los responsables de las áreas y equipos de consumo significativo de energía.	No hay sistema alguno de monitoreo y control.	No se realiza ninguna promoción de la eficiencia energética.	No se tiene como premisa la inversión para incrementar la eficiencia energética.

Fig.III.2 Matriz de Gestión Energética de la empresa. Fuente: Elaboración propia.

III.4 Revisión energética.

- Balance de Energía

La institución satisface sus necesidades energéticas con el uso de seis portadores energéticos: electricidad, fuel oíl, diésel, gas licuado, gasolina B83 y gasolina B90. En la Figura III.3 se muestra un diagrama de bloque con el uso final de cada uno de estos portadores dentro del Hospital, utilizándose fundamentalmente la electricidad en la mayoría de los servicios que brinda esta entidad.

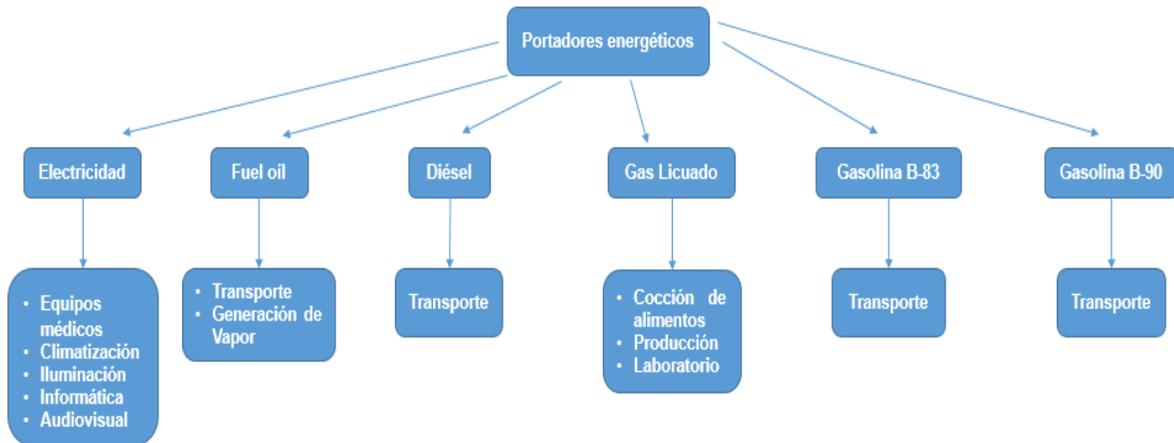


Fig.III.3 Diagrama de bloques del uso de los portadores energéticos del Hospital Provincial "Gustavo Aldereguía Lima" de Cienfuegos. Fuente: Elaboración Propia.

III.4.1 Análisis del consumo de los principales portadores energéticos de la entidad.

Al analizar el consumo de los portadores energéticos nos permite determinar cuál o cuáles de estos son los de mayor efecto en el consumo del hospital, comúnmente se representan en un diagrama de Pareto con el fin de determinar el nivel de utilización, las tablas de las Toneladas de Combustible Convencionales (TCC) de los portadores energéticos para los años 2015 y 2016 las podemos consultar en el [anexo 2](#). Las figuras III.4 y III.5 presentan el consumo de estos portadores energéticos en los últimos dos años representados en (TCC).

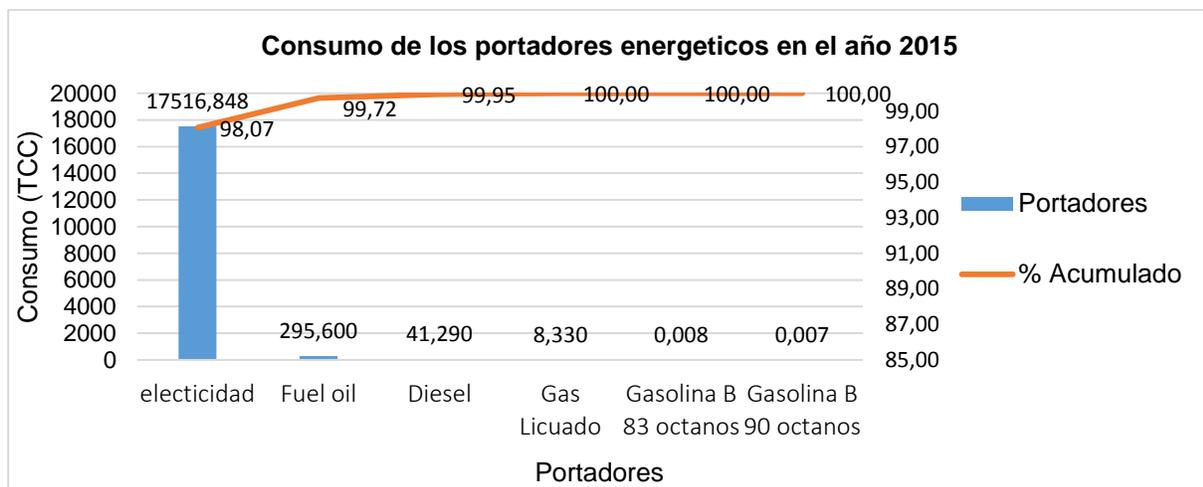


Fig. III.4 Consumo de los portadores energéticos en el año 2015. Fuente: Elaboración propia.

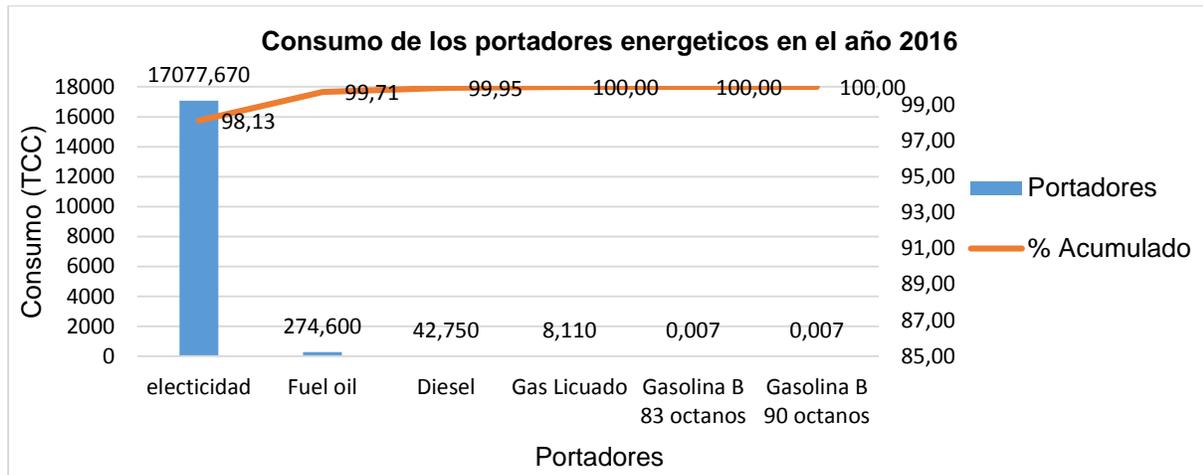


Fig. III.5 Consumo de los portadores energéticos en el año 2016. Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar la electricidad representa el 98 % en el consumo de todos los portadores presentes para los años analizados, es por ello que resulta imprescindible enmarcar el análisis para este portador en particular.

III.4.2 Censo de cargas.

El censo de carga consiste en un inventario realizado por tipo de portador energético, considerando todos los consumidores de energía por área, que están instalados y son usados en los diferentes procesos de trabajo del Hospital. Estos consumos se pueden determinar mediante la potencia nominal o datos de chapa del equipo, otra forma sería la potencia nominal multiplicado por el tiempo aproximado de funcionamiento o midiendo su consumo directamente con un instrumento de medición.

Para la realización del censo de carga, se hizo el levantamiento general de los equipos instalados por pisos. Con los datos de chapa y entrevista a los trabajadores se determinó las cantidades de equipos en uso; las horas estimadas de servicio y con ellos el consumo de energía. Se seleccionó de manera general los cinco pisos del Hospital para su análisis.

III.4.3 Análisis del consumo de energía eléctrica.

Para el análisis del consumo de energía eléctrica se tuvo en cuenta los datos disponibles del año 2015 y 2016. Dentro de las características fundamentales para la tarifa contratada se encuentran:

- La tarifa eléctrica contratada por la empresa es la M1-A. Tarifa de media tensión con actividad continua.

Esta tarifa es aplicada a todos los servicios de consumidores clasificados como de Media Tensión con actividad de 20 horas o más diarias, con un costo de \$ 7.00 mensual por cada kW de máxima demanda contratada en el horario comprendido entre las 5:00 y las 21:00 horas.

Por cada kWh consumido en el horario pico:

$(0.0481 \text{ \$/kWh} * K + 0.064 \text{ \$/kWh}) * \text{Consumo pico en kWh}$

Por cada kWh consumido en el horario del día:

$(0.0241 \text{ \$/kWh} * K + 0.064 \text{ \$/kWh}) * \text{Consumo día en kWh}$

Por cada kWh consumido en el horario de la madrugada:

$(0.0161 \text{ \$/kWh} * K + 0.064 \text{ \$/kWh}) * \text{Consumo madrugada en kWh}$

Para el cálculo de la facturación del cargo fijo mensual, se considerará:

- El valor de demanda máxima contratada en el horario comprendido entre las 05:00 y las 21:00 horas.
- Si la demanda máxima registrada en el horario establecido, es mayor que la demanda máxima contratada, se facturará la contratada al precio de la tarifa y el exceso al triple de su valor, \$ 21.00 por cada kW.
- Ministerio de Finanzas y Precios Sólo se permitirá contratar dos valores de demanda al año, por períodos no menores de tres meses a los consumidores cíclicos o por períodos de alta y baja en el caso de las instalaciones hoteleras.
- Se aplican el Factor de potencia y el Factor K

III.5 Análisis de la potencia instalada en cada piso del hospital.

En la Tabla III.1 se muestra la potencia instalada en cada piso, la cual se pudo determinar a través de los datos recopilados en el censo de cargas realizado.

Tabla III.1: Potencia total instalada en cada piso. Fuente: Elaboración propia.

Pisos	Potencia Instalada (kW)	%	% Acumulado
1er Piso	1 703,27	49,55	49,55
2do Piso	922,80	26,84	76,39
3er Piso	357,59	10,40	86,79
4to Piso	229,07	6,66	93,46
5to Piso	224,95	6,54	100,00

Total	3 437,68		
-------	----------	--	--

En la figura. III.6 se muestra el gráfico de Pareto de la potencia instalada en cada piso del hospital:

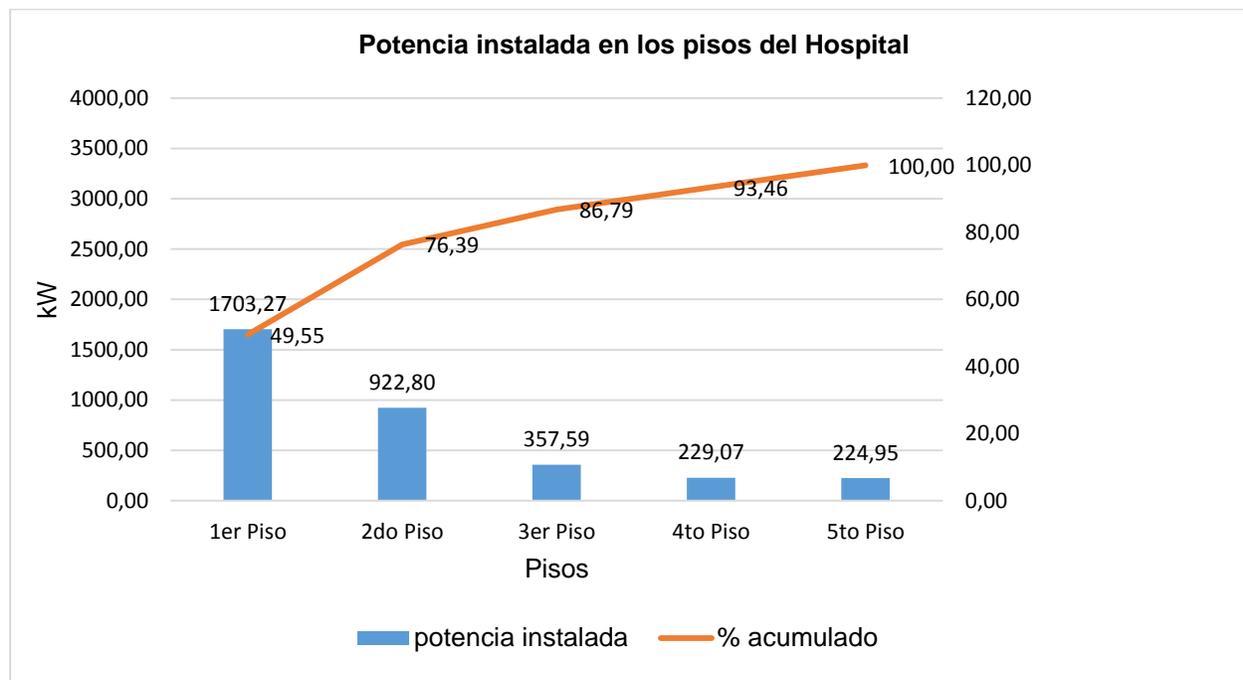


Fig.III.6 Potencia instalada en cada piso del hospital. Fuente: Elaboración Propia.

En la figura III.6 se puede apreciar que los tres primeros pisos del hospital presentan la mayor potencia instalada con más del 80% de la potencia total y el 1er piso es el área de mayor relevancia en potencia instalada con 1 703, 27 kW, prácticamente el doble de la potencia instalada en el segundo piso.

III.6 Análisis del consumo de energía eléctrica y demanda contratada.

Al analizar los comportamientos de la demanda contratada en relación con la demanda real para el hospital se parte de conocer cuál es la demanda contratada al suministrador externo para este caso la empresa eléctrica de Cienfuegos. En los dos últimos años la demanda contratada por la entidad varía, para el caso del 2015 esta fue de 1 486 kW y para el año 2016 de 1 490 kW respectivamente. Las tablas para el 2015 y 2016 de la demanda contratada vs demanda real la podemos consultar en el [anexo 4](#). Las figuras III.7 y III.8 presentan la demanda contratada vs demanda real para estos dos años

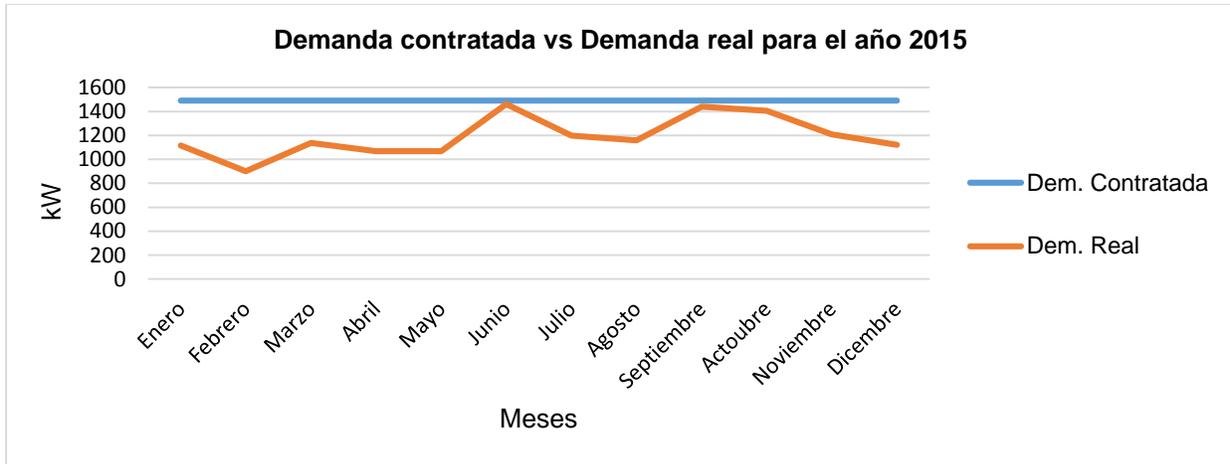


Fig.III.7 Gráfico de demanda contratada vs demanda real para el año 2015. Fuente: Elaboración Propia.

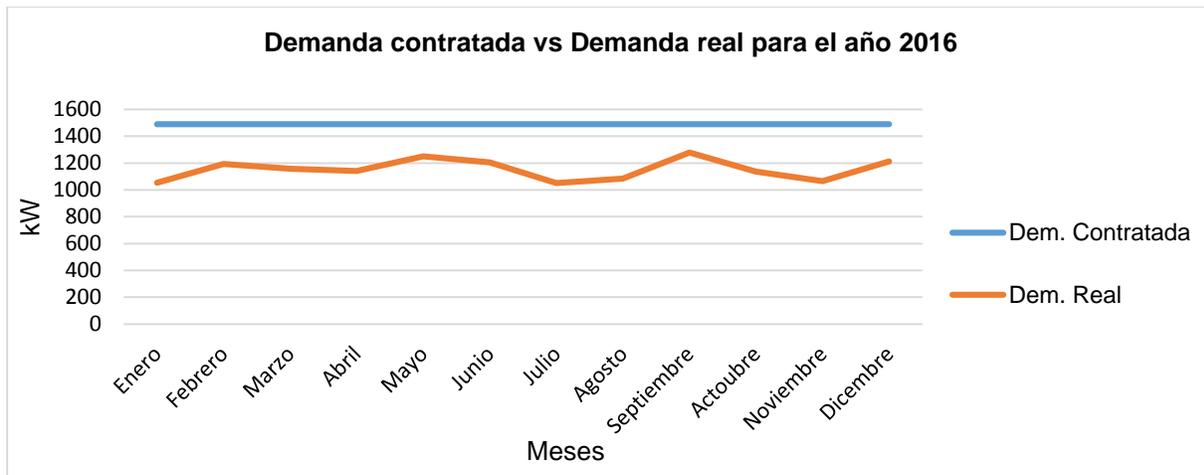


Fig.III.8 Gráfico de demanda contratada vs demanda real para el año 2016. Fuente: Elaboración Propia.

A partir de la representación se pudo observar que no hay incumplimientos de los planes de consumo durante los doce meses del año, en el último año se realizó un reajuste en la demanda contratada a 1430 kW acercando esta última a la demanda real. En la figura III.9 y III.10 se muestra los gráficos de consumo de energía eléctrica mensual en los años 2015 y 2016 del hospital a partir del análisis de la factura eléctrica para estos años, caracterizándolos de cuatro maneras (Consumo día, pico, madrugada y pérdidas por transformación). Las tablas para estos dos años respectivos la podemos consultar en el [anexo 5](#).

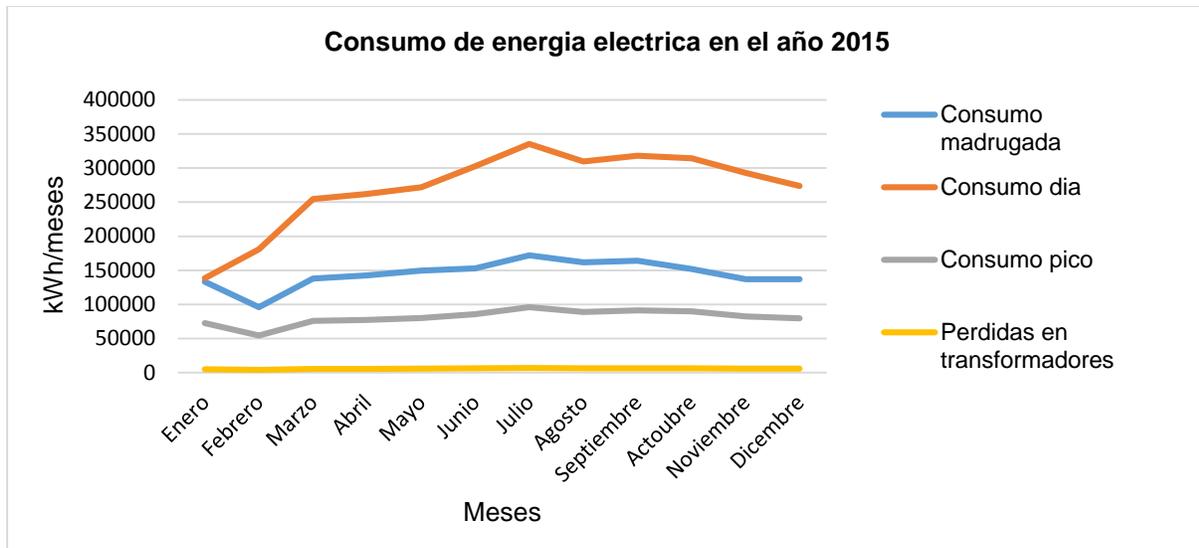


Fig. III.9 Consumo mensual de energía eléctrica en el año 2015. Fuente: Elaboración Propia.

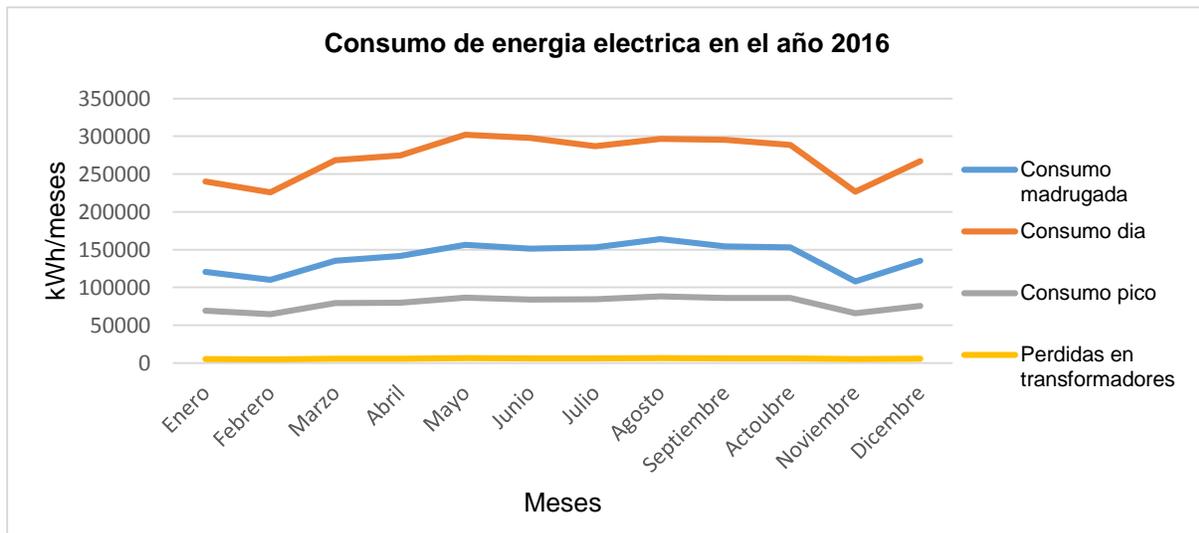


Fig. III.10 Consumo mensual de energía eléctrica en el año 2016. Fuente: Elaboración Propia.

De forma general los meses de verano son los que presentan el mayor consumo eléctrico en los horario del día esto se ve provocado por las altas temperaturas climáticas, causando un mayor tiempo de trabajo de los equipos de climatización en los distintos departamentos, oficinas y salones especializados.

El consumo eléctrico del Hospital, puede ser analizado a partir de los años anteriores 2015 y 2016 mediante un gráfico de control, para verificar si el parámetro electricidad estaba dentro de los límites establecidos, fue utilizado una desviación estándar de dos sigmas presentados en las figuras III.11 y figura III.12. Para la construcción de las

siguientes figuras se utilizaron las tablas de consumo de energía eléctrica en los años 2015 y 2016 y las podemos consultar en el [anexo 6](#).

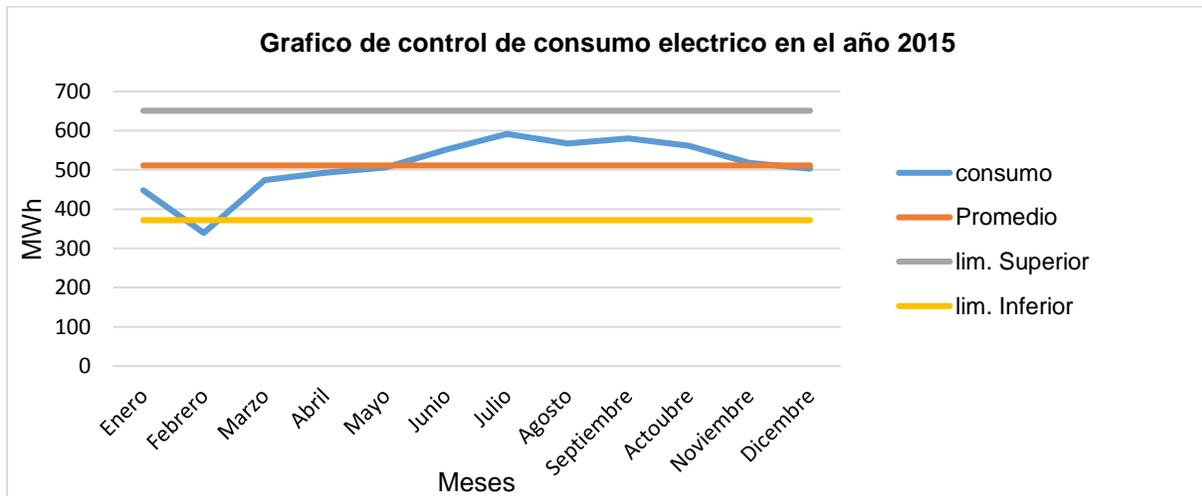


Fig. III.11 Control del consumo de energía eléctrica en el año 2015. Fuente: Elaboración Propia.

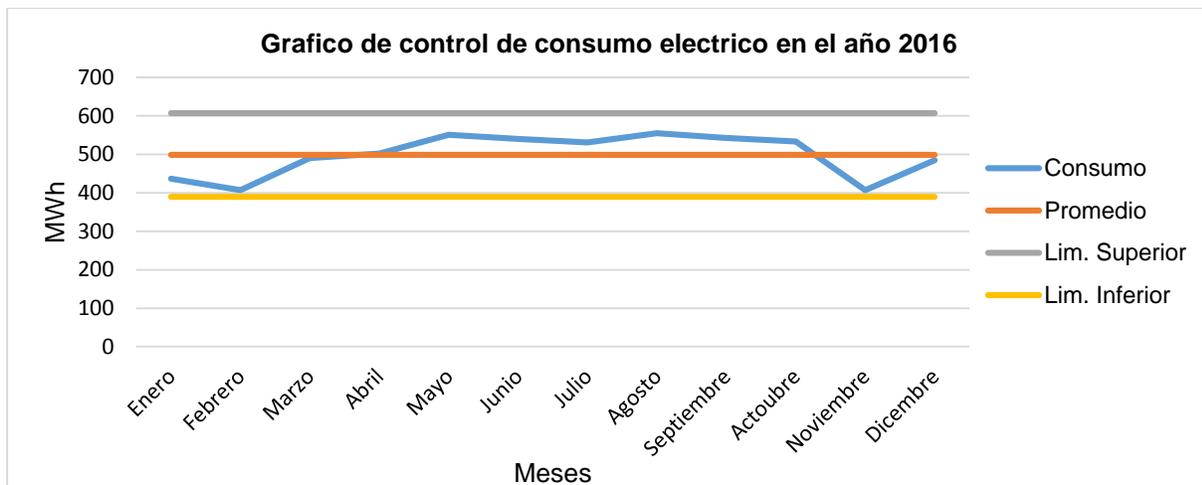


Fig. III.12 Control del consumo de energía eléctrica en el año 2016. Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede observar el consumo de energía eléctrica estuvo dentro de los límites de control superior e inferior para el año 2016, en el año 2015 particularmente en el mes de febrero, el consumo fue inferior al límite establecido. En los meses de verano de los dos años hay un aumento de la línea de consumo sobrepasando el consumo promedio debido a las elevadas temperaturas exteriores, esta razón trae aparejado como se explicó anteriormente una mayor utilización de los equipos de climatización en

los salones quirúrgicos, locales del cuerpo de guardia, las oficinas y departamentos especializados.

Las figuras. III.13 y III.14 muestran el comportamiento mediante un gráfico de pastel del consumo de energía para los años 2015 y 2016, quedando registrado el mayor consumo de energía para la jornada laboral del día representando el 43% en el 2015 y el 55% en el 2016 del consumo total de la entidad.

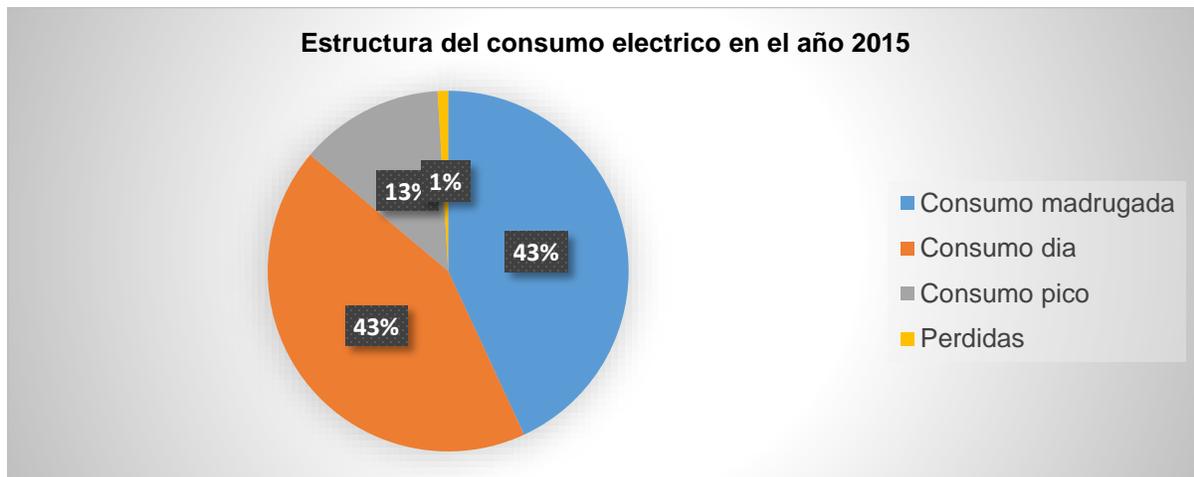


Fig. III.13: Estructura del consumo de electricidad 2015. Fuente: Elaboración Propia.

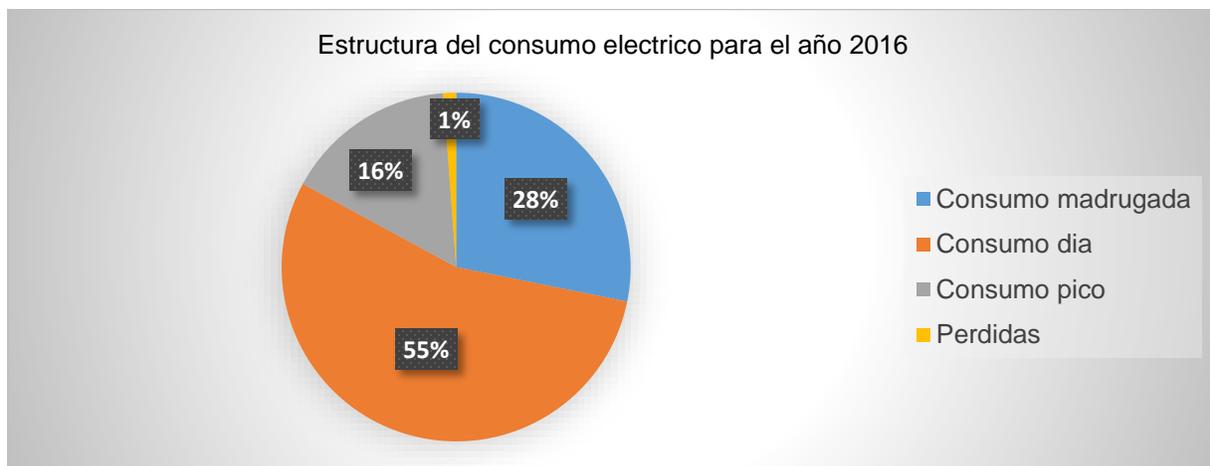


Fig. III.14: Estructura del consumo de electricidad 2016. Fuente: Elaboración Propia.

Es necesario enfocar el análisis a las áreas mayores consumidoras de energía. En la figura. III.15 queda representado a partir de un diagrama de Pareto el consumo de energía de todos los pisos del hospital, este permitirá conocer cual piso representan el 80% del consumo total, pudiendo quedar enmarcado un análisis particular para el área de mayor consumo. En la tabla del anexo 8 podemos consultar el consumo energético del hospital por piso.

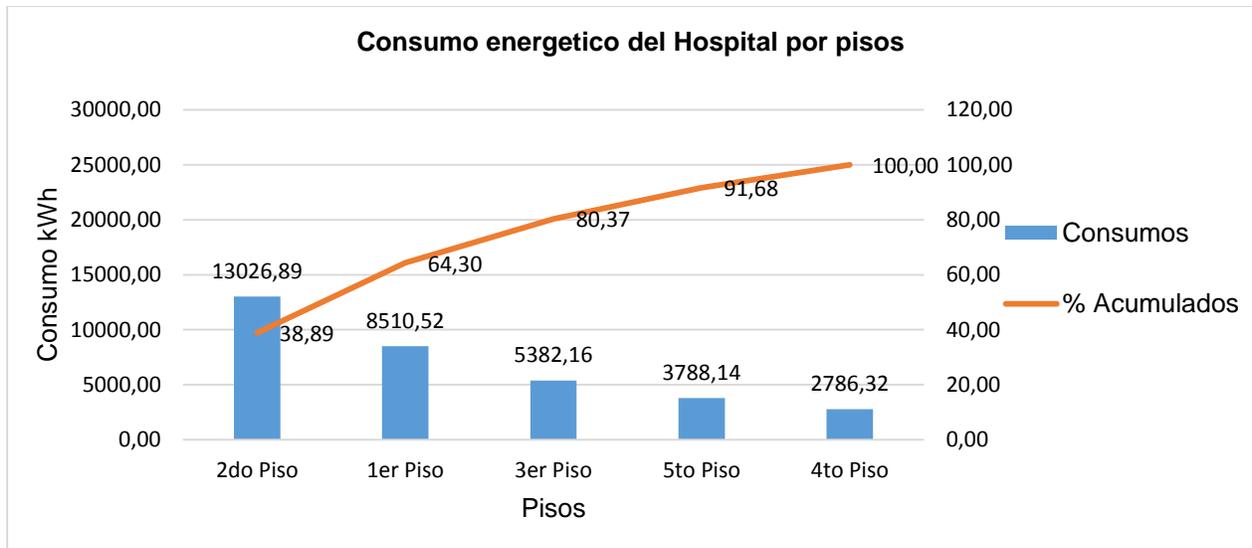


Fig. III.15 Consumo energético del Hospital por pisos. Fuente: Elaboración Propia.

Como se aprecia en el gráfico de la Fig. III.15 los pisos de mayor consumo son el 2do y el 1er piso, con un consumo de 13 026,89 kWh y 8 510,52 kWh respectivamente al tener áreas consumidoras como el Centro de Diagnóstico de Imágenes, el Centro de Capacitación, la Cocina, Laboratorio Clínico, Laboratorio Bacteriología, etc. Se puede observar que los tres pisos del Hospital representan el 80% del consumo total. A continuación, en la Figura III.16 se muestra la caracterización del consumo eléctrico del hospital dividido por pisos.

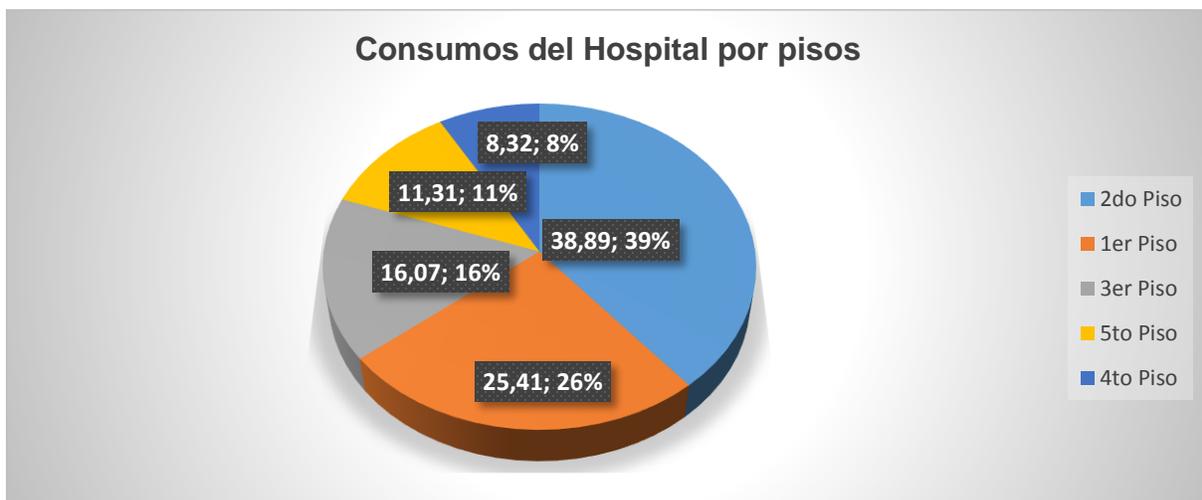


Fig. III.16 Caracterización del consumo eléctrico del hospital por pisos. Fuente: Elaboración Propia.

La Fig.III.17 presenta una estratificación de los principales equipos consumidores de energía eléctrica del segundo piso una vez demostrado como el piso mayor

consumidor. Esta estratificación permite conocer que o cuales de estos equipos representan el 80 % del consumo.

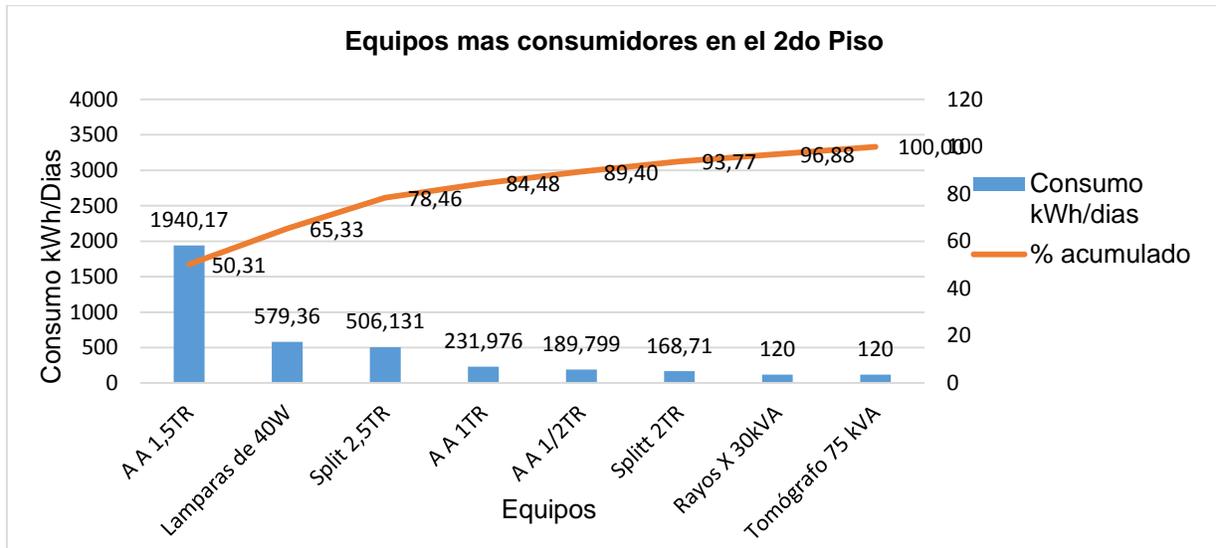


Fig. III.17. Equipos mayores consumidores en el segundo piso del hospital. Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en el gráfico anterior los equipos de climatización son los más altos consumidores de energía eléctrica. Siendo los Aire Acondicionado de 1,5TR con consumo de 1 940,17 kWh/día, las lámparas de 40W con un consumo de 579,36 kWh/día y los Split de 2,5TR con un consumo de 506,13 kWh/día los más consumidores del segundo piso de hospital. Seguidamente, en la Figura III.18 se muestra el consumo eléctrico de los equipos más consumidores del segundo piso que es el más consumidor de los pisos del Hospital caracterizados mediante un gráfico de pastel.

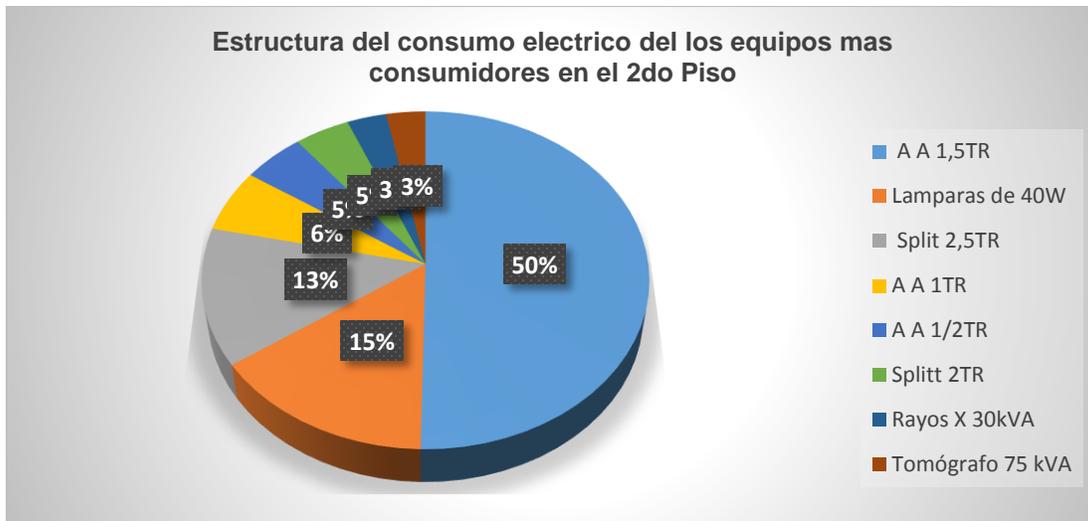


Fig. III.18 Consumo eléctrico de los equipos más consumidores del 2do Piso. Fuente: Elaboración propia.

III.6.1 Consumo de Energía en función de la actividad de hospitalización.

La actividad de los hospitales se puede caracterizar por varios indicadores de aprovechamiento de las camas hospitalarias. Para un hospital los *Días Camas* representan la disponibilidad de una cama real por 24 horas del día, así como los *Días Pacientes* es la suma de los pacientes que permanezcan ingresados a las doce de la noche, más un día paciente por cada persona que ingresa y egresa en el mismo día. Para el caso del hospital Gustavo Aldereguía Lima las figuras III.19 y III.20 muestran el comportamiento del Consumo eléctrico contra los Días camas para los años 2015 y 2016. Las tablas de consumo de energía eléctrica, días camas y días pacientes para los años 2015 y 2016 las podemos consultar en el [anexo 10](#).

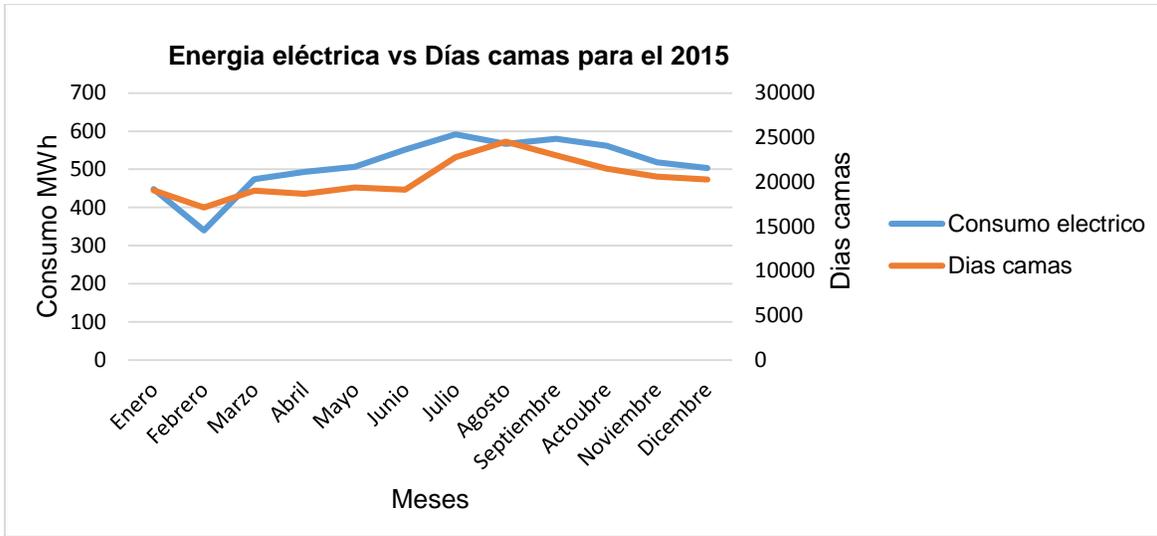


Figura III.19. Consumo de Energía Eléctrica vs Días Camas para el 2015. Fuente: Elaboración propia.

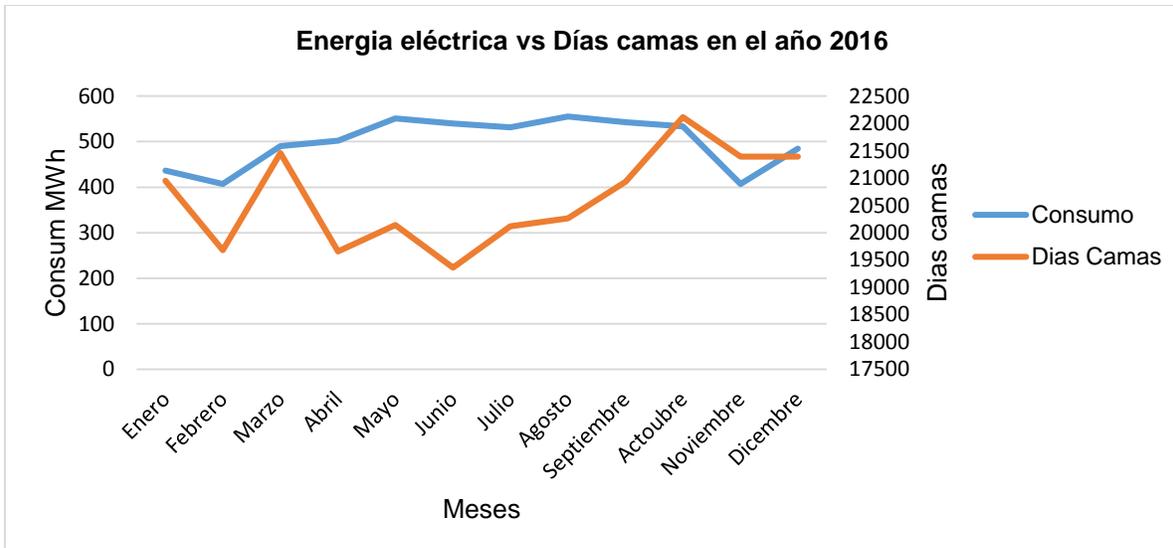


Figura III.20. Consumo de Energía Eléctrica vs Días Camas para el 2016. Fuente: Elaboración propia.

De los gráficos anteriores se puede analizar que no existe una buena correspondencia entre el consumo eléctrico y las camas disponibles particularmente en el año 2016, en el año 2015 existe una mejor correspondencia para estas dos variables.

La figura III.21 y figura III.22 presentan el comportamiento entre el Consumo eléctrico vs Días pacientes para los años 2015 y 2016.

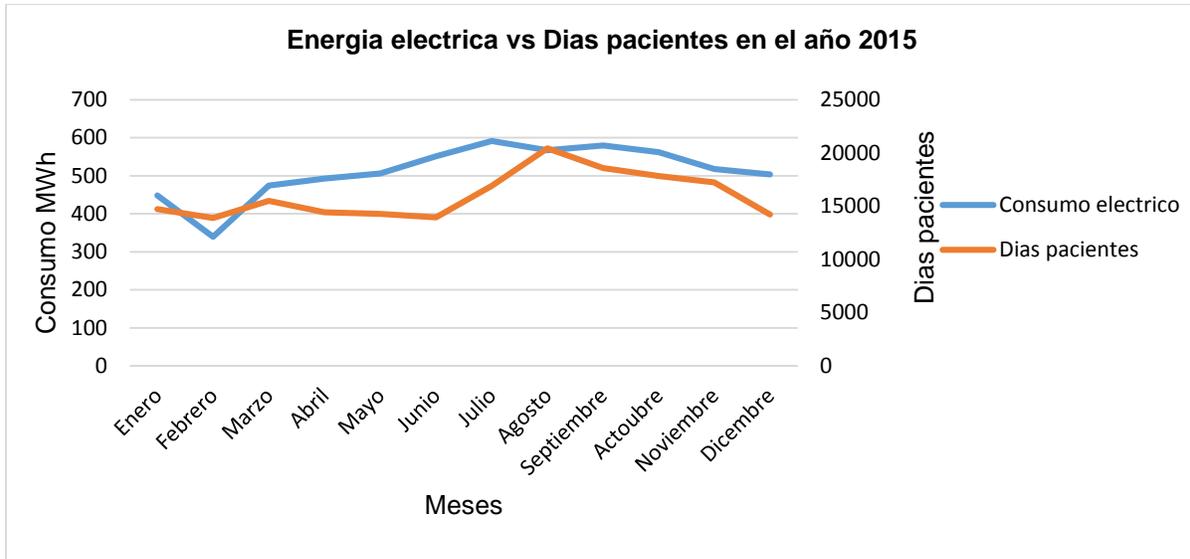


Figura III.21. Consumo eléctrico vs Días Pacientes para el año 2015. Fuente: Elaboración propia.

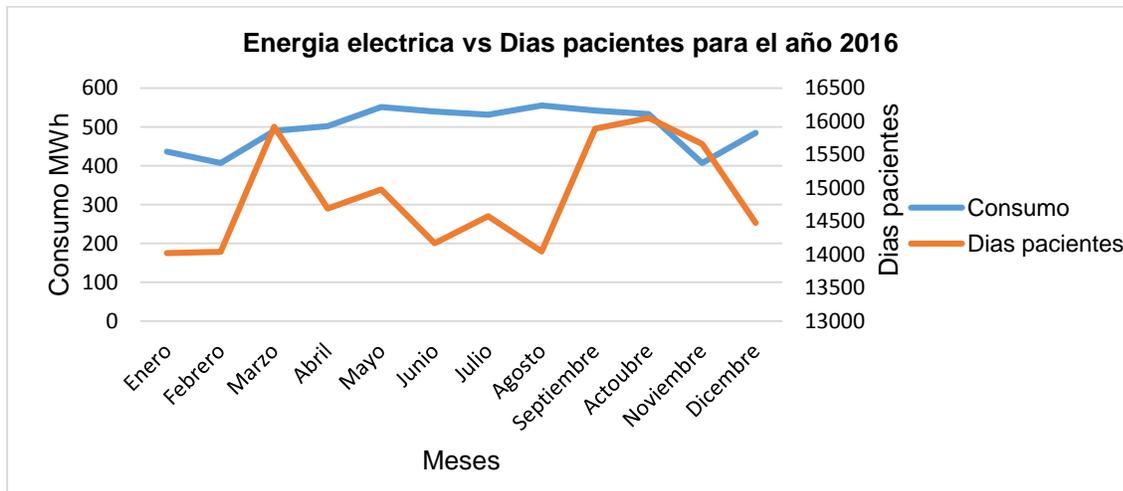


Figura III.22. Consumo eléctrico vs Días Pacientes para el año 2016. Fuente: Elaboración propia.

Podemos ver qué ocurre otro tanto entre el consumo eléctrico en relación a los pacientes hospitalizados en el día, específicamente para el año 2016 por lo que como propuesta inicial se presentará una primera aproximación de línea base energética a la energía eléctrica en función de los días camas para el 2015.

III.6.2 Línea base energética.

Para la construcción de la línea base se partió del análisis entre el consumo y los días pacientes. La Figura III.23 y III.24 muestran los gráficos de correlación para estas dos variables correspondientes al año 2015 y 2016.

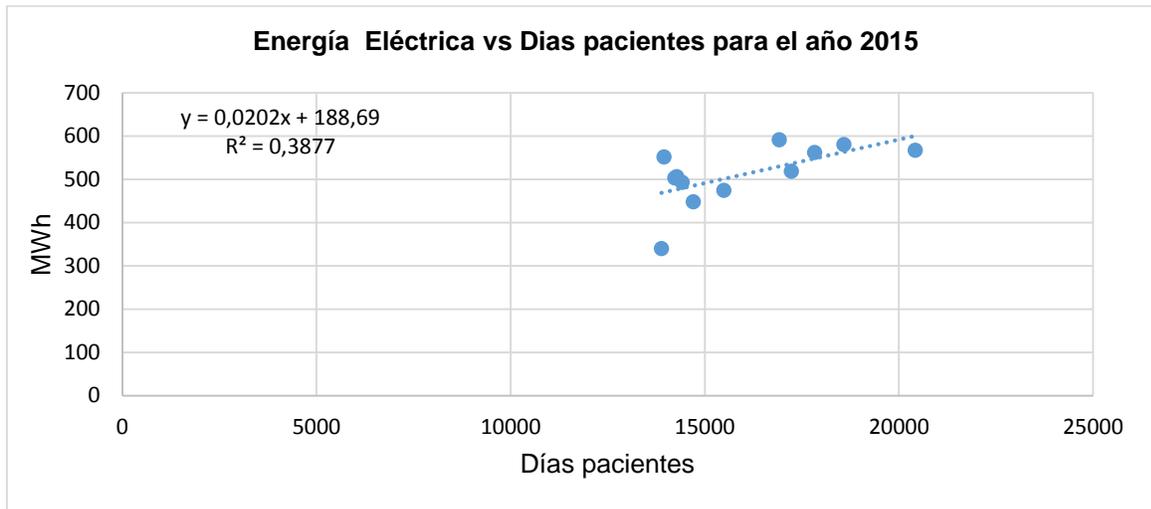


Figura III.23. Diagrama de correlación Consumo de Energía Eléctrica vs Días pacientes para el 2015. Fuente: Elaboración propia.

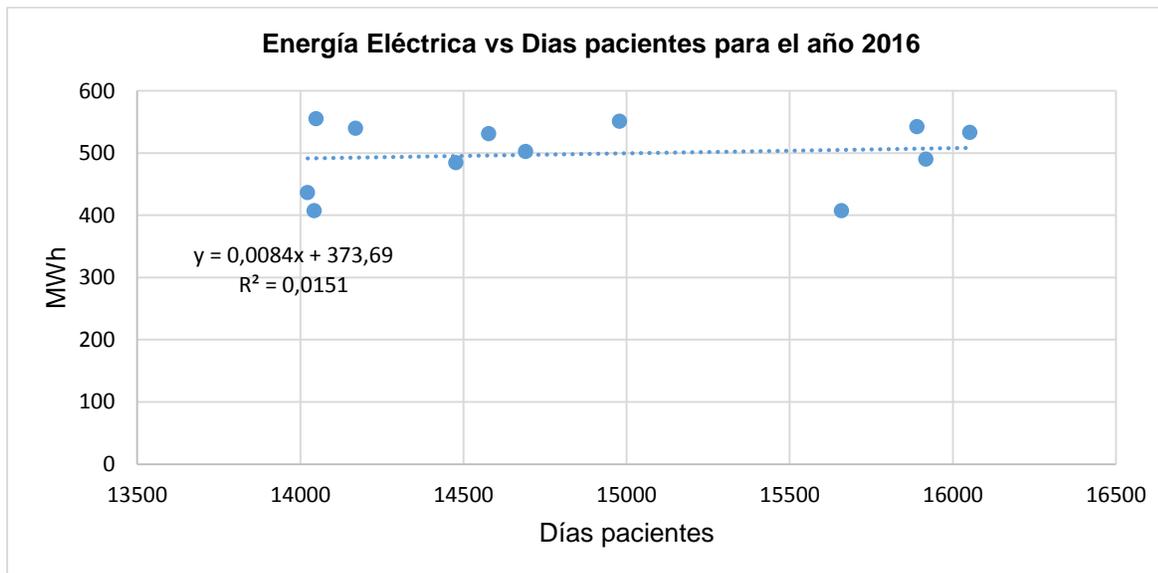


Figura III.24. Diagrama de correlación Consumo de Energía Eléctrica vs Días pacientes para el 2016. Fuente: Elaboración propia.

Analizándose la correlación entre el consumo y otras variables de la actividad de hospitalización como son los Ingresos y Egresos, ambos reflejan que no existe un nivel de correlación adecuado $R^2 < 0,75$ para ambas variables. Para este caso la línea de mejor ajuste corresponde al año 2015 con un valor de $R^2 = 0,38$ sin embargo se evidencia claramente como no existe una relación entre ambas variables que sirva para

caracterizar el comportamiento energético en función de esta actividad hospitalaria. Basándose en los datos para los dos últimos años se confeccionó el IDEn presentado en la sección III.7

III.7 Indicador de Desempeño Energético (IDEn).

En correspondencia con la línea base presentada, la figura III.25 presenta el IDEn propuesto para este caso tomando como período base el año 2015 y 2016.

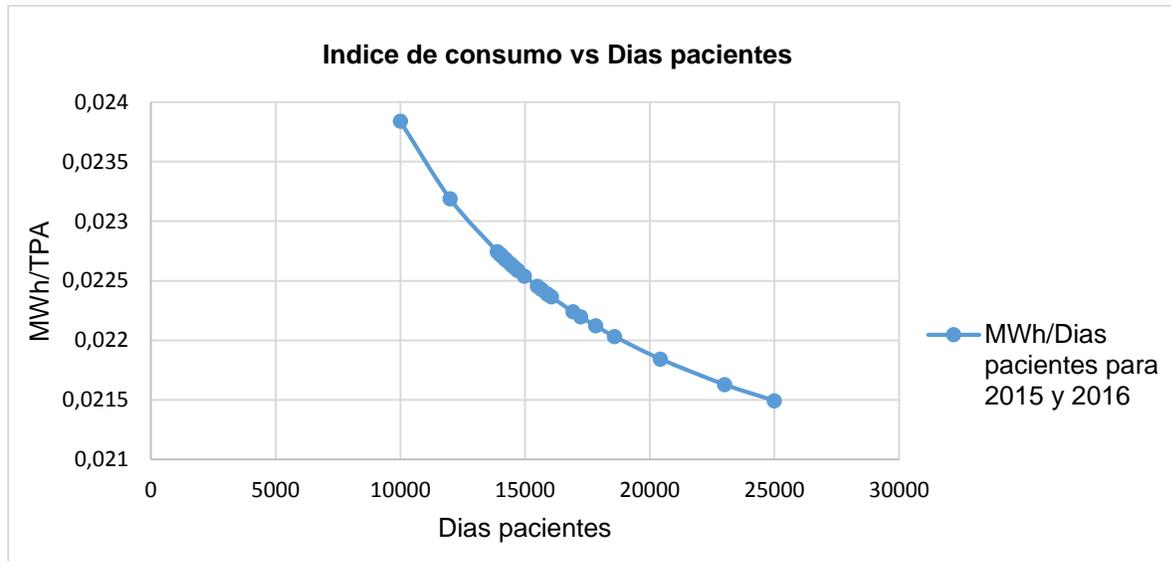


Figura III.25 IDEn MWh/TPA para el período base 2015 y 2016. Fuente: Elaboración propia.

A partir de que el nivel de correlación entre el consumo de energía y los Días pacientes para el año 2015 presentó una correlación $R^2=0,38$ se realizará un análisis sobre los pacientes atendidos que se encuentran ingresado a los cuales se consideraran además aquellos pacientes que son atendidos en consulta externa y en el cuerpo de guardia que no son ingresados, los cuales representa un gran consumo de energía en el entidad con el objetivo de buscar un paciente equivalente total (**PET**) entre los pacientes ingresados, los pacientes atendidos en consulta externa y en cuerpo de guardia con el fin de poder establecer la línea base energética que más ajuste para el hospital. Primeramente, se determinaron dos índices, uno considerando los kWh/mes entre los pacientes ingresados y el otro los pacientes atendidos en consulta externa respectivamente, para así conocer cuanta energía representa los ingresos en comparación con los atendidos en consulta externa, de forma similar fueron analizados

aquellos pacientes atendidos en cuerpo de guardia para poder determinar los (PET). A continuación, se muestran las expresiones que se utilizaron para buscar ese paciente equivalente total. Se puede consultar en el [anexo 11](#) la tabla que muestra los resultados siguientes.

$$R1 = \frac{\text{kWh/mes}}{\text{pacientes ingresados/mes}} = \frac{\text{kW/h}}{\text{pacientes ingresados}} \quad \text{Ec. III. 1}$$

$$R2 = \frac{\text{kWh/mes}}{\text{pacientes atendidos en consulta externa/mes}} = \frac{\text{kWh}}{\text{pacientes atendidos en consulta externa}} \quad \text{Ec. III. 2}$$

$$\text{Índice} = R1/R2 \quad \text{Ec. III. 3}$$

$$\text{P. eq externo a ingreso} = \frac{\sum \text{Consulta externa/mes}}{\text{Índice}} \quad \text{Ec. III. 4}$$

$$\text{P. Ingreso total} = \text{P. externo a ingreso} + \text{Pacientes ingresados} \quad \text{Ec. III. 5}$$

$$\text{Paciente total atendido} = \text{P. Ingreso total} + \text{P. cg} \quad \text{Ec. III. 6}$$

Donde:

P.cg: Pacientes atendidos en cuerpo de guardia por mes

$$\text{P. eq cuerpo de guardia a ingreso} = \frac{\text{P. cg}}{\text{Índice}} \quad \text{Ec. III. 7}$$

$$\text{P. E. T} = \text{Paciente total atendido} + \text{P. eq cuerpo de guardia a ingreso} \quad \text{Ec. III. 8}$$

La tabla III.2 presenta los resultados obtenidos para los P.T.E correspondientes al año 2015 a partir de la metodología descrita anteriormente.

Tabla III.2 Paciente Equivalente Total (PET) para el año 2015.

Meses	Consumo kWh/mes	P.E.T
Enero	448 140	20 176,09
Febrero	339 790	17 550,24
Marzo	474 350	21 728,09
Abril	493 030	19 545,65
Mayo	506 270	19 837,52
Junio	551 480	20 077,37
Julio	591 250	24 813,77
Agosto	566 900	27 935,07
Septiembre	579 950	22 270,52

Octubre	561 950	21 077,19
Noviembre	518 120	20 067,91
Diciembre	503 160	20 065,72

Para este caso la figura III.26 muestra el comportamiento para el año 2015 entre (Consumo-P.E. T).

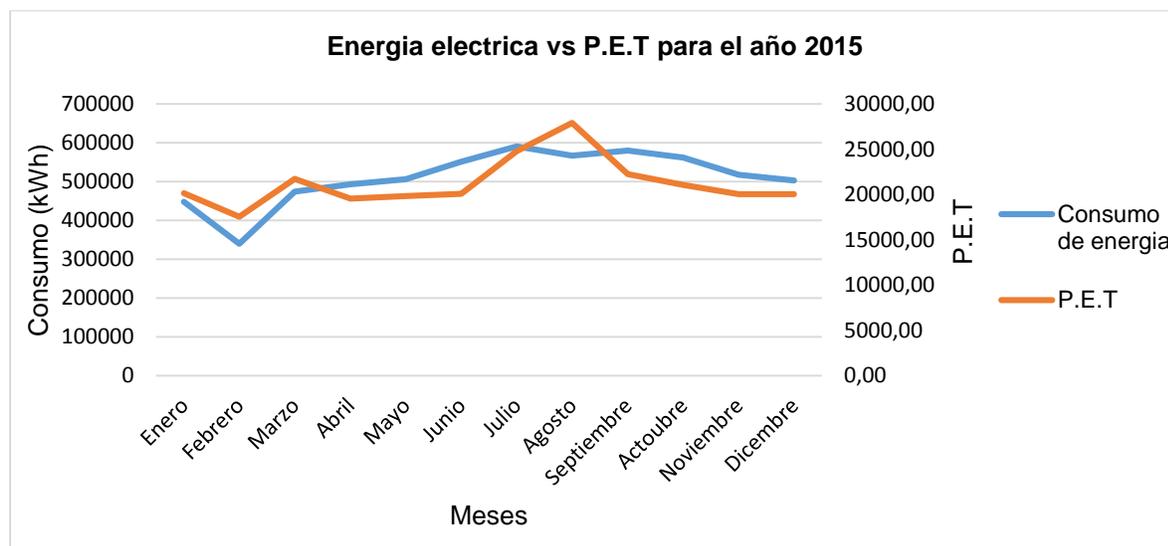


Figura III.26. Consumo de Energía Eléctrica vs P.E.T para el 2015. Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico anterior se puede analizar que existe en algunos casos un nivel de correspondencia similar entre el consumo y el paciente equivalente total (P.E.T) para el año 2015 así como en relación con los días camas para ese año. De igual forma quedó representada para este caso la línea base de la Figura III.27 donde incluso el nivel de correlación fue menor considerando el análisis de los P.E.T.

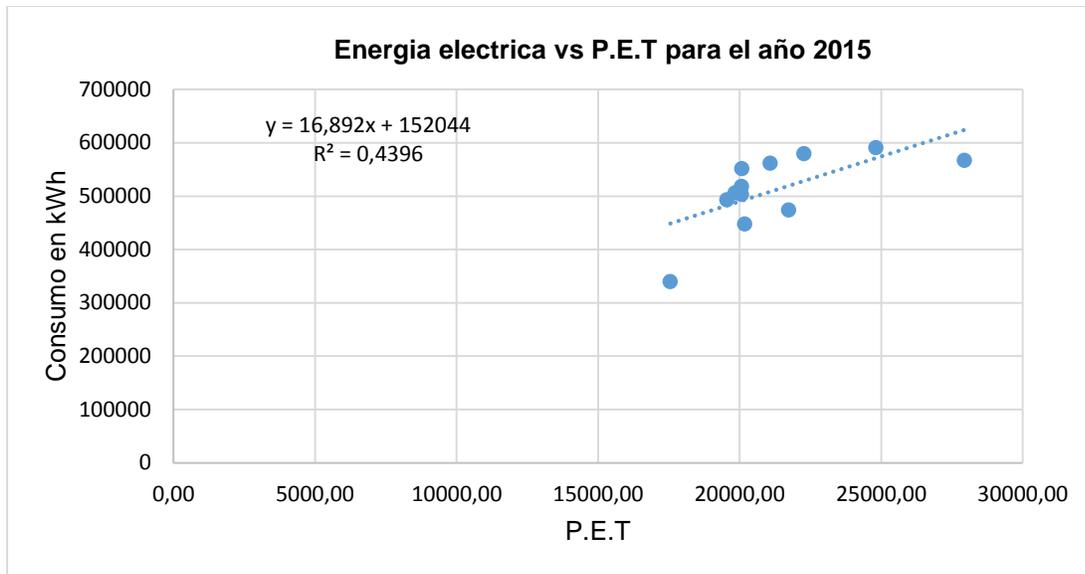


Figura III.27. Diagrama de correlación Consumo de Energía Eléctrica vs P.E.T para el 2015.
Fuente: Elaboración propia.

Como se demuestra en el gráfico el nivel de correlación no es adecuado $R^2=0,44$ pero con un mejor ajuste en comparación con el gráfico de la figura III.23, existe posibilidad que en estudios posteriores a partir de no considerar que se tiene un consumo que en muchos casos es significativo a partir de equipos electrodomésticos llevados por los familiares de los pacientes ingresados y que no se encuentran en los levantamientos de cargas confeccionados por el hospital, estos entre otros factores puedan estar influyendo en el comportamiento energético para el hospital.

III.8 Oportunidades de ahorro.

Iluminación:

- Es de gran importancia examinar los cinco pisos o las áreas del hospital y tratar de provechar el máximo la luz natural, colocando papel traslucidos en ventanas y puertas de vidrio, dejando pasar la luz y rechazando el calor.
- Seccionalizar circuitos de iluminación para compartimentar su uso y nivelar las cargas instaladas.
- Iluminar puntos específicos donde la luz natural no incida directamente en vez de iluminar fondos donde no sea necesario.
- Pintar paredes, techos, y columnas de colores claros.
- Cambiar señales de salida de incandescentes a diodos emisores de luz (LED).

Climatización:

- Limpiar los evaporadores periódicamente. Comprobar el correcto funcionamiento del sistema de descarche.
- Limpiar los filtros de los equipos de climatización semanalmente.
- Reducir las entradas de aire exterior mediante adecuada hermeticidad de las puertas, empleo de brazos hidráulicos y reducir el tiempo de apertura de las puertas mediante medidas organizativas.
- Ajustar los termostatos en locales climatizados a 22 o 24 °C según el confort deseado.
- Apagar los equipos de climatización en habitaciones vacías.
- Utilización de cortinas en ventanas y puertas para disminuir la ganancia de calor.

Datos y comunicaciones:

- Apagar el computador durante los periodos de comida o equivalentes, en caso de reuniones o actividades similares de duración superior a una hora, al final de la jornada laboral y durante los fines de semana o días de ausencia del puesto de trabajo.
- Configurar la computadora para activar el modo “dormir” de acuerdo con las necesidades.
- Preferir la adquisición de monitores de pantalla plana (LED).
- Utilizar el protector de pantalla que deja la pantalla en negro (“Black Screen”).
- Minimizar el número de los servidores de red.
- Apagar las impresoras locales siempre que no estén siendo utilizadas.
- Utilizar la opción de impresión a doble cara que ya disponen algunos equipos para el ahorro de papel y de energía.
- Apagar las impresoras compartidas al final de la jornada laboral y fines de semana. En estas aplicaciones, usar impresoras que dispongan de sistemas de ahorro de energía.
- Configurar el equipo de Fax en la modalidad “dormir” después de 5 minutos de inactividad, para que se reactive automáticamente al enviar o recibir un fax.

- Utilizar el correo electrónico siempre que sea posible.

III.8.1 Propuestas de sustitución de equipos.

Al realizarse el censo de cargas en el hospital provincial Gustavo Aldereguia Lima, apoyados por los trabajadores de mantenimiento y expertos energéticos de la entidad, en este se encuentran instaladas en los cinco pisos un total de 3 741 tubos fluorescentes T8 40W, de 1200 mm de longitud, y 1 048 tubos fluorescentes T8 20 W, 600 mm. Se realizó una búsqueda para conocer otras propiedades de estas luminarias, según la bibliografía estos tubos fluorescentes emiten de 50-90 lm/W, estos presentan según la marca Philips: 2 850 lúmenes con 13 000 horas de vida útil.

La sustitución de equipos que se propone es cambiar estas luminarias por una tecnología mucho más eficiente tanto económica como energéticamente: la tecnología LED (Diodos Emisores de Luz), el cambio propuesto nos brindará las mismas características de alumbrado y longitud, pero con una menor potencia de consumo y mayor tiempo de vida útil.

En la siguiente tabla se muestran las propiedades de las luminarias LED ensamblada por Cuba por la empresa GEDEME propuestos a sustituir por las antiguas luminarias:

Tabla III.3 Características de las luminarias LED propuestas. Fuente: GEDEME LUMEC.

Tecnología	Tipo	Potencia (W)	Eficiencia (Lm/W)	Lúmenes (Lm)	Horas de vida útil (Hrs)	Precio (\$CUP)
LED	Luminarias con Difusor Prismático con 2 Lámparas LED	18	≥ 96	1740	50 000	33,17
LED	Luminarias con Difusor Prismático con 2 Placas LED	23,8	153	3650	60 000	37,94

Para la realización de este cálculo económico se tuvo en cuenta el costo promedio por cada kWh consumido por el hospital.

Costo anual del consumo de las luminarias fluorescentes de 40W:

$$\text{Costo} = T_{\text{tubos}} * 1\ 010 \text{ h/mes} * 0,04 \text{ kW/tubo} * 0,19 \text{ \$/kWh}$$

Dónde:

T_{tubos} = Total de tubos.

$$\text{Costo} = 3\ 741 * 1\ 010 \text{ h/mes} * 0,040 \text{ kW/tubo} * 0,19 \text{ \$/kWh}$$

$$\text{Costo} = 28\ 715,91 \text{ \$/mes} * 12 \text{ meses/año}$$

$$\text{Costo} = 344\ 590,99 \text{ \$/año}$$

Costo anual del consumo de las luminarias LED 23,8 W:

$$\text{Costo} = T_{\text{tubos}} * 1\ 010 \text{ h/mes} * 0,0119 \text{ kW/tubo} * 0,19 \text{ \$/kWh}$$

$$\text{Costo} = 3741 * 1\ 010 \text{ h/mes} * 0,0119 \text{ kW/tubo} * 0,19 \text{ \$/kWh}$$

$$\text{Costo} = 8\ 542,98 \text{ \$/mes} * 12 \text{ meses/año}$$

$$\text{Costo} = 102\ 515,76 \text{ \$/año}$$

Ahorro monetario anual por la sustitución de tubos de 40W fluorescente a LED 23,8W:

$$\text{Ahorro} = \text{Costo}_{40W} - \text{Costo}_{23,8 \text{ w}}$$

$$\text{Ahorro} = 344\ 590,99 \text{ \$/año} - 102\ 515,76 \text{ \$/año}$$

$$\text{Ahorro} = 242\ 075,23 \text{ \$/año}$$

Costo del consumo anual de las luminarias fluorescentes de 20W:

$$\text{Costo} = T_{\text{tubos}} * 666 \text{ h/mes} * 0,02 \text{ kW/tubo} * 0,19 \text{ \$/kWh}$$

$$\text{Costo} = 1\ 048 * 666 \text{ h/mes} * 0,02 \text{ kW/tubo} * 0,19 \text{ \$/kWh}$$

$$\text{Costo} = 2\ 652,27 \text{ \$/mes} * 12 \text{ meses/año}$$

$$\text{Costo} = 31\ 827,34 \text{ \$/año}$$

Costo del consumo anual de las luminarias LED 18 W:

$$\text{Costo} = T_{\text{tubos}} * 666\text{h/mes} * 0,009 \text{ kW/tubo} * \$0,19/\text{kWh}$$

$$\text{Costo} = 1\ 048 * 666 \text{ h/mes} * 0,009 \text{ kW/tubo} * 0,19/\text{kWh}$$

$$\text{Costo} = 1\ 193,52 \text{ \$/mes} * 12 \text{ meses/año}$$

$$\text{Costo} = 14\ 322,24 \text{ \$/año}$$

Ahorro monetario anual por la sustitución de tubos de 20W fluorescente a LED 18W:

$$\text{Ahorro} = \text{Costo}_{20\text{W}} - \text{Costo}_{9\text{W}}$$

$$\text{Ahorro} = 31\ 827,34 \text{ \$/año} - \text{\$/año } 14\ 322,24$$

$$\text{Ahorro} = 17\ 505,1 \text{ \$/año}$$

Ahorro monetario total por la sustitución de tubos fluorescentes a LED:

$$\text{Ahorro total} = \text{Ahorro}_{23,8\text{W}} + \text{Ahorro}_{9\text{W}}$$

$$\text{Ahorro total} = 242\ 075,23 \text{ \$/año} + 17\ 505,1 \text{ \$/año}$$

$$\text{Ahorro total} = 259\ 580,33 \text{ \$/año}$$

Período simple de recuperación de la inversión (PSRI):

$$\text{PSRI} = \frac{\text{Costo Total Inversión}}{\text{Ahorro total}}$$

Costo Total de la inversión (Ct):

$$\text{Ct} = T_{\text{tubos } 23,8\text{W}} * \text{Precio} + T_{\text{tubos } 18\text{W}} * \text{Precio}$$

$$\text{Ct} = 3\ 741 * \$37,94 + 1048 * \$33,17$$

$$\text{Ct} = \$ 141\ 933,54 + \$ 34\ 762,16$$

$$\text{Ct} = \$ 176695,7$$

$$\text{PSRI} = \frac{\$176\ 695,7}{\$259\ 580,33/\text{año}}$$

PSRI = 0,68 años

La Tabla III.4 resume el plan de acción para la propuesta de sustitución de estos tubos LED, así como los ahorros potenciales, así como el período de recuperación de la inversión.

Tabla III.4 Plan de acción para reducir el consumo de energía eléctrica. Fuente: Elaboración propia.

Área	Equipo	Medidas de ahorro	Ahorros potenciales	Inversiones	
			\$/año	Inversión(\$)	PSRI(años)
Iluminación Interior de oficinas y talleres	Tubo fluorescente 40W	Sustitución por Tubo LED 23,8W	242 075,23	141 933,54	0.58
	Tubo fluorescente 20W	Sustitución por tubo LED 18W	17 505,1	34 762,16	1.98
				259 580,33	176 695,7

III.9 Conclusiones parciales.

1. De la caracterización energética preliminar se elaboró la matriz de gestión energética del hospital y el procesamiento mostró que esta no presenta una integralidad de la gestión energética.
2. La institución satisface sus necesidades energéticas con el uso de seis portadores energéticos: electricidad, diésel, fuel oíl, gasolina B83 y gasolina B90 y gas licuado. La electricidad y el fuel oíl representan más del 95% del total en el año 2015 y más del 95% en el año 2016.
3. La estratificación de los cinco pisos del hospital presentó que el primer piso es el área de mayor relevancia en potencia instalada con 1 703, 27 kW con un consumo mensual de 8 510,52 kWh/mes. Son la jornada de la madrugada y la del día las de mayor consumo energético con el 43% del total en el 2015 y de un 55% para la jornada del día en el 2016, en el hospital el consumo de los Aires Acondicionado de 1,5TR y las lámparas de 40W representan el 65% del total.

4. El análisis del consumo de electricidad con relación a la actividad de hospitalización permitió una aproximación para presentar como línea base energética el (consumo de electricidad-días pacientes) para el año 2015 con un nivel de correlación de $R^2=0,38$, así como el IDEn propuesto que en este caso se encuentra en el intervalo de 0,024-0,021 MWh/TPA, demostrándose que actualmente no caracteriza el comportamiento energético para el hospital.

6. La propuesta para la reducción del consumo de energía eléctrica de la empresa en función de un análisis de sustitución de 4 789 tubos fluorescentes por la tecnología LED muestra una reducción de 113 851 kWh/mes y un ahorro \$176 695,7al año, con un periodo de recuperación de 0,68 años.

Conclusiones generales.

1. En los estudios energéticos relacionados con la norma NC ISO 50 001 en hospitales, se utilizan fundamentalmente como índices de consumo para los portadores energéticos utilizados: el total de días pacientes, días pacientes/camas y el por ciento de ocupación (cama ocupada), así como dentro de los indicadores energéticos el kW/m² para la electricidad.
2. Se describieron las Herramientas del Sistema de Gestión Total Eficiente de Energía (SGTEE) mediante los cuales se pueden analizar el uso y consumo de la energía, conocer las áreas y equipos de mayor consumo y algunos potenciales de ahorro en cada una de ellas.
3. El hospital no presenta una integralidad en la gestión energética y satisface sus necesidades energéticas con el empleo de seis portadores energéticos, donde la electricidad representa aproximadamente el 98 % del uso total. Se identificó que el segundo piso con un 39 % es la mayor consumidora de energía con relación a los otros cuatro pisos restantes, los equipos de aire acondicionado de 1,5 TR y las lámparas de 40 W representan los equipos de mayor consumo con 1940,17 kWh/día y 579,36 kWh/día.
4. El análisis del consumo de electricidad con relación a la actividad de hospitalización permitió una aproximación para presentar como línea base energética el (consumo de electricidad-días pacientes) para el año 2015 con un nivel de correlación de $R^2=0,38$, así como el IDEn propuesto que en este caso se encuentra en el intervalo de 0,024-0,021 MWh/TPA, demostrándose que actualmente no caracteriza el comportamiento energético para el hospital.
5. Se propuso como medida de ahorro fundamental la sustitución de 4 789 tubos fluorescentes por tubos LED de fabricación nacional, las cuales traen un ahorro anual de 176 695,7 \$/año, un período de recuperación de la inversión de 0,68 año.

Recomendaciones.

1. A partir de que en el hospital se realiza el control total de la energía con dos metro-contador, es necesario que se pueda cuantificar aquel consumo en otras actividades relacionadas indirectamente con la atención hospitalaria con vistas a mejorar la correlación existente.
2. Ampliar el análisis existente incluyendo los años 2012 y 2013 para contar con una base de datos de mayor profundidad para el análisis.

Bibliografía.

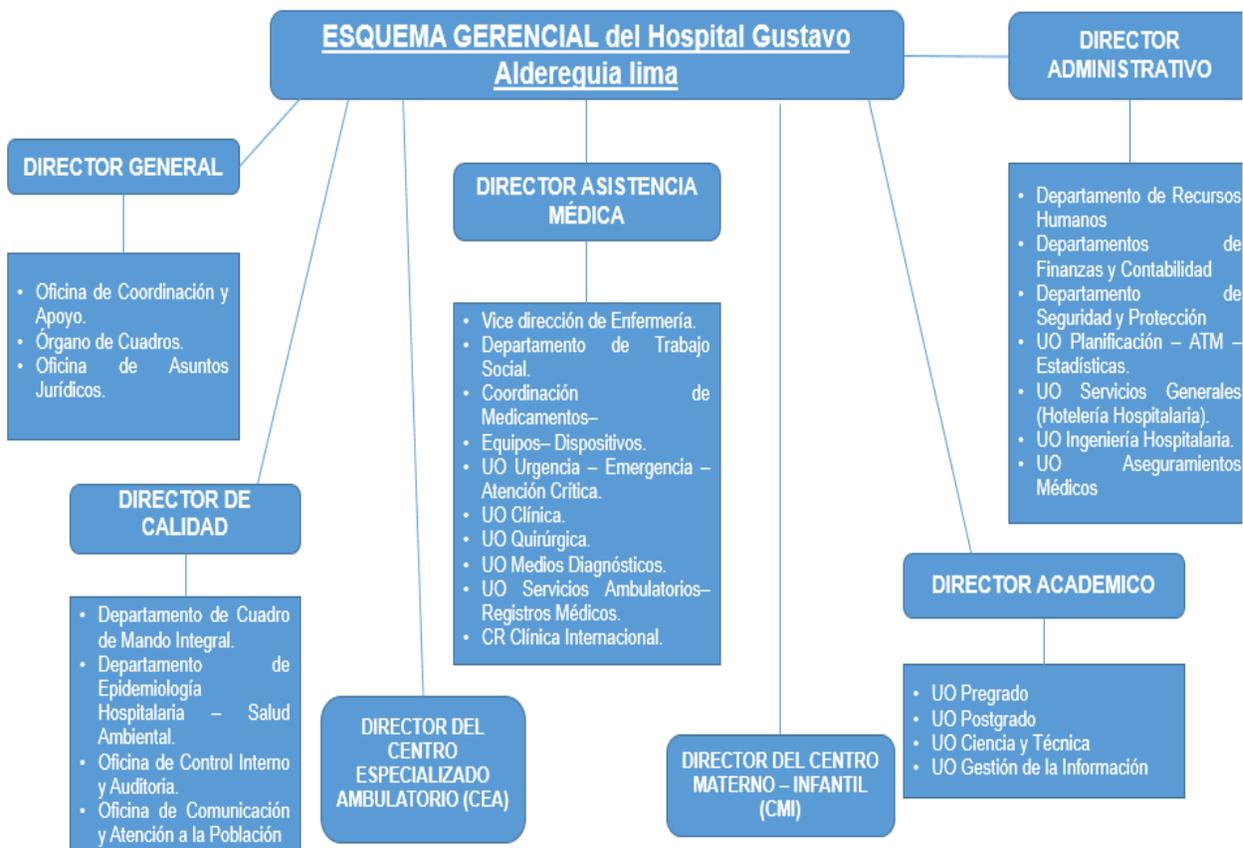
- Abalo, Y. O. H. (2016). Caracterización del sistema energético del Hospital Provincial Universitario “Camilo Cienfuegos Gorriarán” de Sancti Spíritus. Universidad Central “Marta Abreu” De Las Villas, Santa Clara, Cuba.
- Campo, A. P. (2012). Herramientas soporte para la planificación energética en sistemas de gestión de la energía según la Norma ISO 50001:2011. Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez.” Cuba.
- Cárdenas, M. F. R. (2015). Estudio y análisis de la Eficiencia Energética en los principales sistemas energéticos del Hospital Homero Castanier Crespo: Sistema térmico. Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí, Ecuador.
- Colectivo de autores. (2013). Energía: una visión sobre los retos y oportunidades en América Latina y el Caribe. São Paulo, Brasil.
- Colectivo de autores. (2013). Recomendaciones para la implementación de programas nacionales de Eficiencia Energética en la industria. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, Universidad de Cienfuegos, Cuba.
- Colectivo de autores. (2014). *Quinto dialogo político sobre eficacia energética en América Latina y el Caribe: Mercados de Eficiencia Energética*. Lima, Perú: Centro de estudios internacionales Gilberto Bosques.
- Correa, J. M. S. (2011). Modelo de gestión energética para la optimización del consumo de energía en la planta mariquita Ecopetrol s.a. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ingenierías, Departamento de Ingeniería Industrial Manizales, Colombia.
- Cristià, M. L. (2011). *Hospitales eficientes: una revisión del consumo energético óptimo*. España: Universidad de Salamanca.
- Díaz, D. J. (2016). Aplicación del sistema de gestión total eficiente de la energía en la pasteurizadora “La Villareña” cómo etapa preliminar para optar por la certificación ISO 50001. Universidad Central “Martha Abreu” de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
- Gestión Energética Empresarial. (2002). Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. Cienfuegos.
- Gestión y Economía Energética. (2006). Gestión y Economía Energética. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. Cienfuegos

- González, L. M. I. (2016). *Evaluación del desempeño energético de la EMI Ernesto Che Guevara, Unidad "Batalla de Santa Clara" con vistas a la implementación de la NC ISO 50001*. (Trabajo de Diploma) Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
- Laire, M. De. (2013). *Guía de implementación de Sistema de gestión de la energía basada en ISO 50 001*. Chile.
- Lamadrid, I. G. (2016). *Caracterización del sistema energético en el Hospital "Arnaldo Milián Castro*. Universidad Central "Marta Abreu" De Las Villas, Santa Clara, Cuba.
- Nordelo, A. B. (2008). *Manual de Eficiencia Energética en Edificios Públicos*. Quito, Ecuador.
- Nordelo, A. B. (2013). *Recomendaciones metodológicas para la implantación de Sistema de Gestión de la Energía según la norma ISO 50 001*. Universidad de Cienfuegos. Cuba
- Oficina Nacional de Estadísticas e Información. (2015). *Desarrollo de capacidades para la integración de objetivos de desarrollo sostenible de energía, metas e indicadores en los programas nacionales de Estadísticas en países de América Latina*. Ministerio de Energía y Minas, Cuba.
- Organización Internacional de Normalización. (2011). *Gana el desafío de la energía con ISO 50001*. Recuperado a partir de: central@iso.org www.iso.org.
- Peña, a. C. (2012). *La contribución a la eficiencia energética de los sistemas de gestión y las auditorías energéticas*. Madrid, España: Ministerio de industria, energía y turismo.
- Pernett Feria, L. J. R. L. G. A. (2013). *Promoviendo la Eficiencia Energética en edificios residenciales y comerciales*. Colombia.
- Quintero, E. M. A. (2015). *Metodología para la planificación energética en locales comerciales. Caso de estudio Tienda La Pecera*. Cienfuegos, Cuba.
- Ramsarran, S. (2016). *Caracterización de los portadores energéticos del Hospital Universitario "Arnaldo Milián Castro" de Villa Clara*. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial, Universidad Central "Marta Abreu" De Las Villas, Santa Clara, Cuba.

- Rodríguez, H. (2009). Caracterización del consumo de energía final en los sectores terciarios, grandes establecimientos comerciales, centros comerciales. Bogotá, Colombia.
- Rodríguez, M. L. (2015). La Red de Eficiencia Energética en acciones nacionales para la implementación de la norma NC ISO 50001., IV (3). Recuperado a partir de: <http://www.congresouniversidad.cu/revista/index.php/congresouniversidad/index>.
- Secretaría Central de ISO. (2011). Sistema de gestión de la energía-Requisitos con orientación para su uso. Ginebra, Suiza.
- Sepúlveda, R. A. V. (2008). “Aplicación metodológica para la determinación del desempeño energético en hospitales de la región metropolitana.” Santiago de Chile.
- Sosa, a. A. J. (2016). Implementación de la etapa de planificación energética con base a la norma NC ISO 50 001. Cienfuegos, Cuba.
- Valdivia, C. A. P. (2015). *Planificación energética de acuerdo a la norma cubana NC ISO 50 001 en la Empresa Copextel Cienfuegos*. (Trabajo de Diploma) Universidad de Cienfuegos, Cuba.
- Varela, M. J. L. (2016). *Caracterización energética del Hospital Militar Cmdte Manuel Piti Fajardo para la implementación de la norma ISO 50001*. (Trabajo de Diploma) Universidad Central de las Villas, Santa Clara, Cuba.

Anexos.

Anexo 1: Organigrama del Hospital Gustavo Aldereguia Lima.



Anexo 2: Tabla de los Portadores energéticos para los años 2014 ,2015 y 2016 respectivamente.

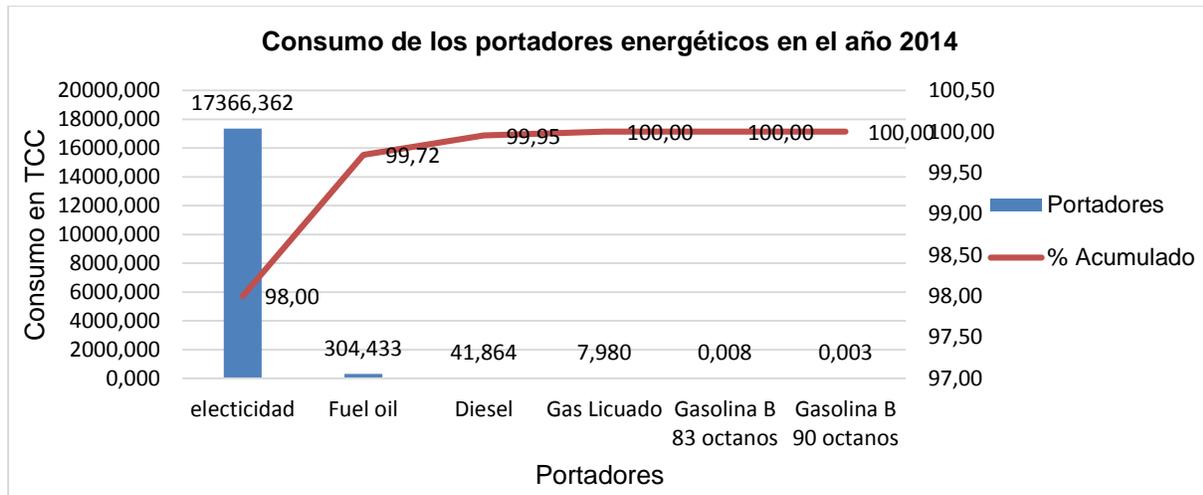
AÑO 2014					
Portadores energéticos	Unidades	Cantidad	TCC	%	% Acumulado
electricidad	MW/h	6 081,700	17 366,362	98,00	98,00
Fuel oíl	Ton	301,480	304,433	1,72	99,72
Diésel	Ton	44,100	41,864	0,24	99,95
Gas Licuado	Ton	9,282	7,980	0,045	100,00
Gasolina B 83 octanos	Ton	10,200	0,008	0,000042	100,00
Gasolina B 90 octanos	Ton	3,879	0,003	0,000016	100,00

Total			17720,650		
-------	--	--	-----------	--	--

AÑO 2015					
Portadores energéticos	Unidades	Cantidad	TCC	%	% Acumulado
electricidad	MW/h	6134,4	17516,85	98,07	98,07
Fuel oíl	Ton	292,73	295,60	1,65	99,72
Diésel	Ton	43,49	41,29	0,23	99,95
Gas Licuado	Ton	9,69	8,33	0,047	100,00
Gasolina B 83 octanos	Ton	11,34	0,008	0,000047	100,00
Gasolina B 90 octanos	Ton	9,59	0,007	0,000040	100,00
Total			17862,08		

AÑO 2016					
Portadores energéticos	Unidades	Cantidad	TCC	%	% Acumulado
electricidad	MW/h	5980,6	17 077,67	98,13	98,13
Fuel oíl	Ton	271,94	274,6	1,58	99,71
Diésel	Ton	45,03	42,75	0,25	99,95
Gas Licuado	Ton	9,43	8,11	0,046	100,00
Gasolina B 83 octanos	Ton	9,75	0,0072	0,000041	100,00
Gasolina B 90 octanos	Ton	9,76	0,0072	0,000041	100,00
Total			17 403,14		

Anexo 3: Diagrama de Pareto para los portadores energéticos para el año 2014.



Anexo 4: Tabla de demanda Contratada vs Demanda Real y Consumo de energía eléctrica para las distintas horas del día en el año 2014, 2015 y 2016.

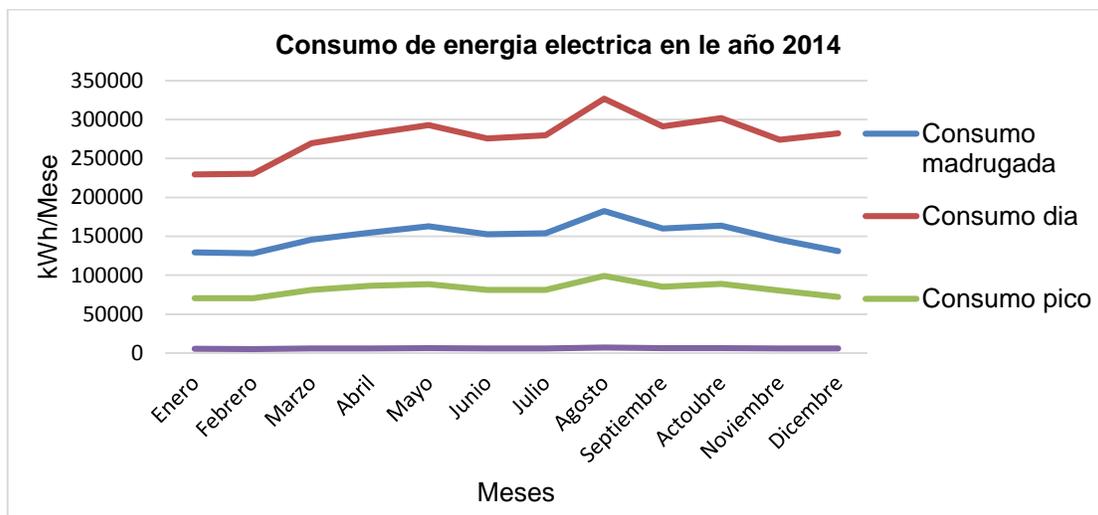
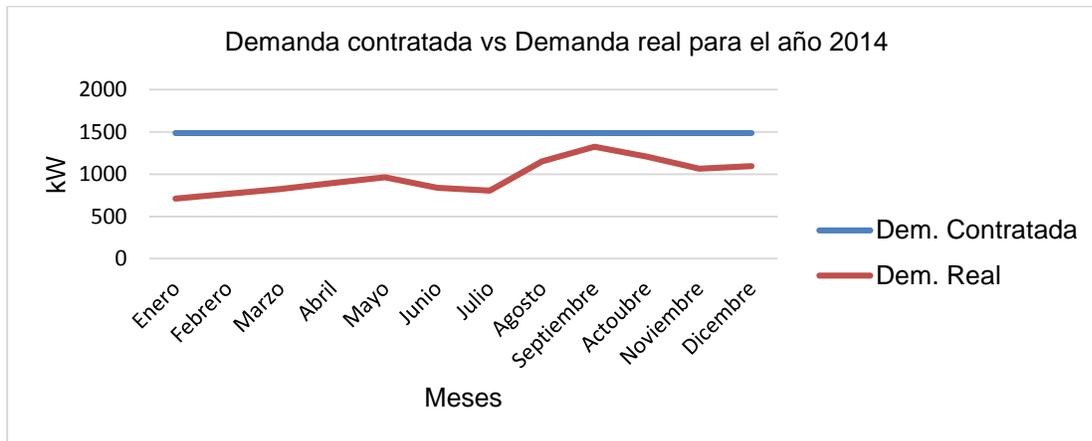
Año 2014						
Meses	Dem. Contratada (kW)	Dem. Real (kW)	Consumo madrugada (kWh)	Consumo día (kWh)	Consumo pico (kWh)	Perdidas (kWh)
Enero	1486	712	129289	229651	70552	5457
Febrero	1486	766	128311	230298	70466	5047
Marzo	1486	823	145881	269581	80983	5992
Abril	1486	897	154723	281942	86314	6086
Mayo	1486	964	162744	292953	88543	6365
Junio	1486	840	152809	275672	81229	5929
Julio	1486	805	154047	279661	81319	6108
Agosto	1486	1151	182705	326740	99220	7020
Septiembre	1486	1323	160102	291086	85086	6190
Octubre	1486	1207	163741	301779	88850	6494
Noviembre	1486	1066	145865	273927	80477	6055
Diciembre	1486	1094	130902	282126	72237	5839

Año 2015						
Meses	Dem. Contratada	Dem. Real (kW)	Consumo madrugada	Consumo día	Consumo pico	Perdidas (kWh)

	(kW)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
Enero	1490	1116	133188	138445	72587	4910
Febrero	1490	902	96009	180842	54244	4169
Marzo	1490	1136	137840	254725	75817	5584
Abril	1490	1068	142816	262284	77421	5597
Mayo	1490	1069	149426	272005	79988	5916
Junio	1490	1462	152777	302458	85615	6261
Julio	1490	1199	172073	335396	96154	7010
Agosto	1490	1158	161510	309522	89010	6532
Septiembre	1490	1441	164293	318068	91422	6505
Octubre	1490	1405	151886	314120	89686	6482
Noviembre	1490	1210	136895	292751	82347	5950
Diciembre	1490	1122	136798	273927	79790	5883

Año 2016						
Meses	Dem. Contratada (kW)	Dem. Real (kW)	Consumo madrugada (kWh)	Consumo día (kWh)	Consumo pico (kWh)	Perdidas (kWh)
Enero	1490	1054	120745	240100	69422	5442
Febrero	1490	1192	109892	226014	64766	4936
Marzo	1490	1157	135354	268269	79285	5822
Abril	1490	1141	141599	274869	79704	5828
Mayo	1490	1251	156387	301886	86643	6424
Junio	1490	1204	151570	298077	84203	6156
Julio	1490	1050	152983	286758	84306	6206
Agosto	1490	1083	164057	296677	88129	6423
Septiembre	1490	1279	154346	295224	86150	6191
Octubre	1490	1136	153228	288513	86307	6216
Noviembre	1490	1065	108199	226808	65734	5118
Diciembre	1490	1211	135360	267243	75443	5801

Anexo 5: Gráficos de Demanda contratada vs Demanda real y Consumo de energía eléctrica para las distintas horas del día para el año 2014.

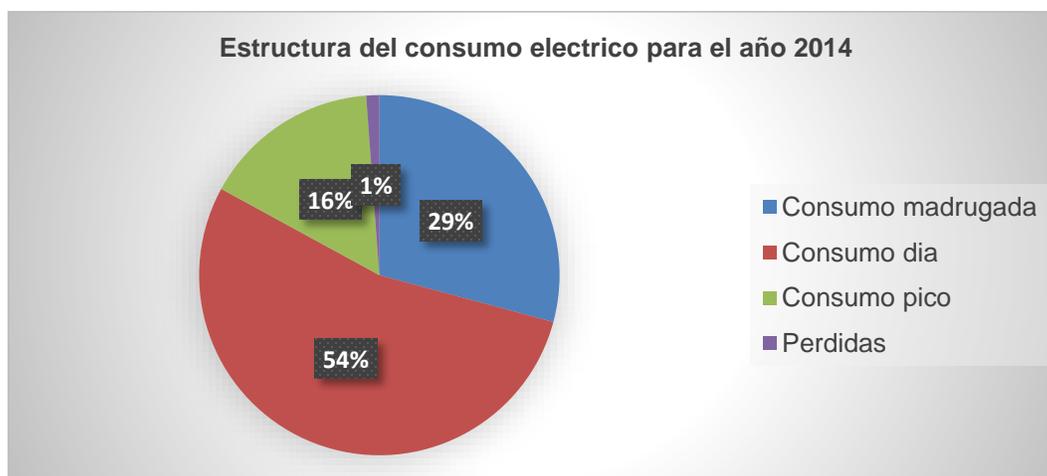
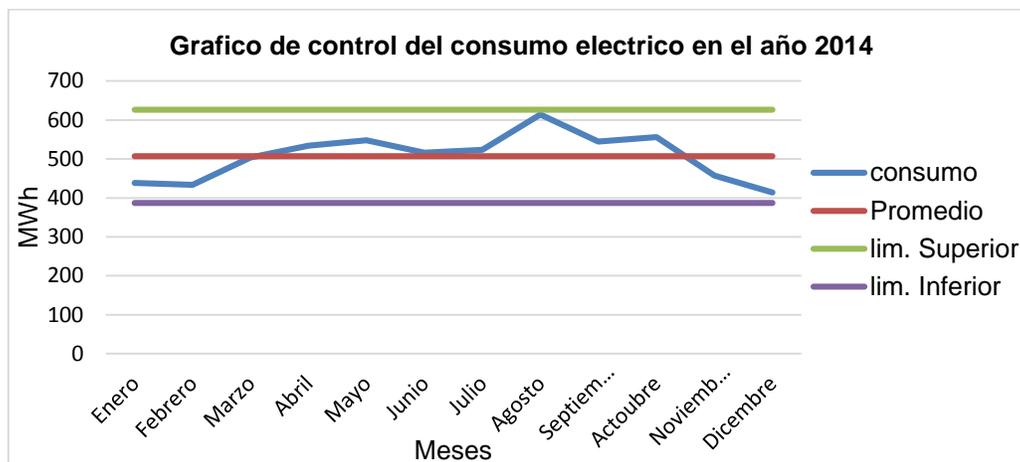


Anexo 6: Tabla del consumo de energía eléctrica para los años 2014, 2015 y 2016.

meses	Consumo MWh año 2014	Consumo MWh año 2015	Consumo MWh año 2016
Enero	438,3	448,14	436,5
Febrero	433,24	339,79	407,13
Marzo	503,87	474,35	490,15
Abril	533,67	493,03	502,32
Mayo	547,82	506,27	551,11
Junio	515,63	551,48	539,8
Julio	523,22	591,25	531,21
Agosto	613,94	566,9	555,03

Septiembre	544,86	579,95	542,41
Octubre	556,34	561,95	533,2
Noviembre	457,15	518,12	407,21
Diciembre	413,73	503,16	484,49
Total	6081,77	6134,39	5980,56

Anexo 7: Gráficos de control y Estructura del consumo de energía eléctrica para el año 2014.

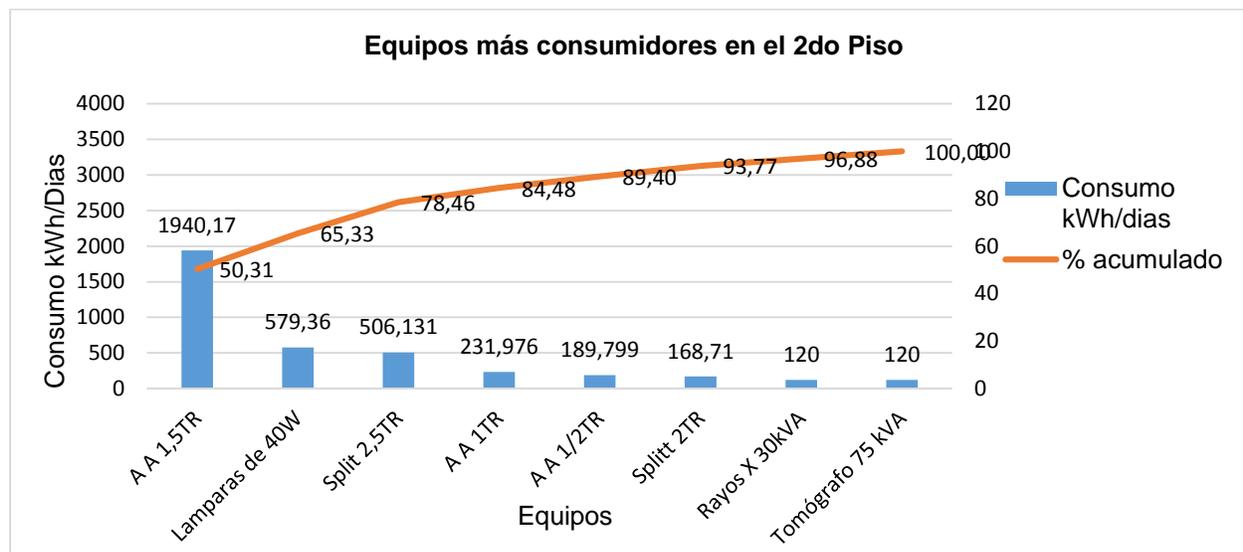


Anexo 8: Tabla del Consumo energético del Hospital Gustavo Aldereguia Lima por pisos.

PISOS	Consumo energético kWh	%	% Acumulado
2do Piso	13026,89	38,89	38,89

1er Piso	8510,52	25,41	64,30
3er Piso	5382,16	16,07	80,37
5to Piso	3788,14	11,31	91,68
4to Piso	2786,32	8,32	100,00
Total	33494,03		

Anexo 9: Tabla de los equipos más consumidores en el segundo piso.



Anexo 10: Tabla de Consumo de energía, días pacientes y días camas para los años 2014,2015 y 2016.

Año 2014			
Meses	Días camas	Días pacientes	Consumo de electricidad en MWh
Enero	20099	13647	438,3
Febrero	17722	13648	433,24
Marzo	17828	13390	503,87
Abril	18778	13718	533,67
Mayo	19292	14465	547,82
Junio	18850	15067	515,63
Julio	20112	14601	523,22
Agosto	20096	14188	613,94
Septiembre	20586	15291	544,86
Octubre	19144	15857	556,34
Noviembre	18607	14553	457,15
Diciembre	19010	13930	413,73

Año 2015			
Meses	Días camas	Días pacientes	Consumo de electricidad en MWh
Enero	19050	14712	448,14
Febrero	17127	13884	339,79
Marzo	19026	15493	474,35
Abril	18683	14421	493,03
Mayo	19378	14280	506,27
Junio	19127	13955	551,48
Julio	22791	16920	591,25
Agosto	24520	20425	566,9
Septiembre	22992	18586	579,95
Octubre	21512	17835	561,95
Noviembre	20613	17231	518,12
Diciembre	20293	14232	503,16

Año 2016			
Meses	Días camas	Días pacientes	Consumo de electricidad en MWh
Enero	20952	14022	436,5
Febrero	19681	14042	407,13
Marzo	21458	15917	490,15
Abril	19660	14690	502,32
Mayo	20139	14978	551,11
Junio	19364	14169	539,8
Julio	20119	14577	531,21
Agosto	20266	14048	555,03
Septiembre	20934	15890	542,41
Octubre	22115	16052	533,2
Noviembre	21390	15659	407,21
Diciembre	21394	14477	484,49

Anexo 11: Tabla de consumo y paciente equivalente total (PET) para el año 2015.

Año 2015												
Meses	Pacientes ingresados	Consulta externa	Cuerpo de guardia	Consumo kWh	R1	R2	índice	P. eq externo a interno	P. Ingreso total	P. Total atendidos	P. eq Cuerpo de guardia a interno	P.E.T
Enero	2506	10127	12156	448140	178,83	44,25	4,04	2506	5012	17168	3008,09	20176,09
Febrero	2408	10437	10347	339790	141,11	32,56	4,33	2408	4816	15163	2387,24	17550,24
Marzo	2570	10360	13291	474350	184,57	45,79	4,03	2570	5140	18431	3297,09	21728,09
Abril	2430	11292	12085	493030	202,89	43,66	4,65	2430	4860	16945	2600,65	19545,65
Mayo	2507	10084	11872	506270	201,94	50,21	4,02	2507	5014	16886	2951,52	19837,52
Junio	2621	11641	12109	551480	210,41	47,37	4,44	2621	5242	17351	2726,37	20077,37
Julio	3304	9680	13573	591250	178,95	61,08	2,93	3304	6608	20181	4632,77	24813,77
Agosto	3706	5327	12103	566900	152,97	106,42	1,44	3706	7412	19515	8420,07	27935,07
Septiembre	3402	10748	11748	579950	170,47	53,96	3,16	3402	6804	18552	3718,52	22270,52
Octubre	2937	11415	12092	561950	191,33	49,23	3,89	2937	5874	17966	3111,19	21077,19

Noviem bre	2870	10801	11320	518120	180,53	47,97	3,76	2870	5740	17060	3007,91	20067,91
Diciem bre	2376	7105	11476	503160	211,77	70,82	2,99	2376	4752	16228	3837,72	20065,72