



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN  
CON LA COLECTIVIDAD**

**MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**II Y III PROMOCIÓN**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGÍSTER  
EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**TEMA: ESTUDIO Y ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN  
LOS PRINCIPALES SISTEMAS ENERGÉTICOS DEL HOSPITAL  
VICENTE CORRAL MOSCOSO**

**AUTORES:**

**BECERRA PALACIOS, EDGAR ROLANDO**

**RIQUETTI PERALTA, CARLOS ENRIQUE**

**DIRECTOR: ING. PhD. DELGADO, REINALDO**

**SANGOLQUÍ**

**2015**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE****VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA  
COLECTIVIDAD****CERTIFICADO**

ING. REINALDO DELGADO GARCÍA  
Director

ING. CHRISTIAN NARVÁEZ MUÑOZ  
Oponente

**CERTIFICAN**

Que el presente proyecto de grado que lleva como título **“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS PRINCIPALES SISTEMAS ENERGÉTICOS DEL HOSPITAL VICENTE CORRAL MOSCOSO”**, realizado por Becerra Palacios Edgar Rolando, de nacionalidad ecuatoriana, con cédula de identidad 0104019062, y por Riquetti Peralta Carlos Enrique, de nacionalidad ecuatoriana, con cédula de identidad 0103931598; como requisito para la obtención del título de Magíster en Energías Renovables, Tercera y Segunda Promoción respectivamente, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con los requerimientos científicos, tecnológicos y académicos en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Autorizan a Becerra Palacios Edgar Rolando y a Riquetti Peralta Carlos Enrique, entregar el mismo a la Unidad de Gestión de Postgrados.

Sangolquí, Mayo de 2015

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Reinaldo Delgado PhD.  
**DIRECTOR**

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Christian Narváez Muñoz MPhil.  
**OPONENTE**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA  
COLECTIVIDAD**

**MAESTRÍA EN ENERGÍAS RENOVABLES  
II y III – PROMOCIÓN 2010 – 2012 2011-2013**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Becerra Palacios Edgar Rolando y Riquetti Peralta Carlos Enrique

**DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado “ESTUDIO Y ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS PRINCIPALES SISTEMAS ENERGÉTICOS DEL HOSPITAL VICENTE CORRAL MOSCOSO” ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos a terceros, conforme las fuentes que constan en la bibliografía correspondiente.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

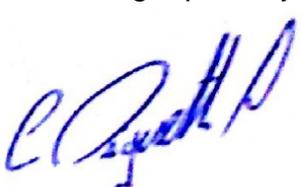
En virtud de esta declaración, es responsabilidad mía el contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, Mayo de 2015



---

Ing. Edgar R. Becerra Palacios



---

Ing. Carlos E. Riquetti Peralta

## AUTORIZACIÓN

Nosotros, Ingeniero Edgar Rolando Becerra Palacios, con cédula de ciudadanía 0104019062 e Ingeniero Carlos Enrique Riquetti Peralta, con cédula de ciudadanía 0103931598; autorizamos la publicación de nuestra tesis de grado de Magíster en Energías Renovables, titulada: **“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS PRINCIPALES SISTEMAS ENERGÉTICOS DEL HOSPITAL VICENTE CORRAL MOSCOSO”** en la biblioteca virtual de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, cumpliendo con las exigencias que demanda la Ley de Educación Superior de hacer públicas las investigaciones universitarias.

Sangolquí, Mayo de 2015



Ing. Edgar R. Becerra Palacios

C.I.: 0104019062



Ing. Carlos E. Riquetti Peralta

C.I.: 0103931598

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas las personas que de una u otra manera hicieron posible este logro en mi vida, pero de manera especial:

A mi madre, ejemplo de amor, fortaleza y por ser el pilar fundamental en mi vida, quién me demostró que a pesar de las adversidades que se presenten en la vida, uno siempre tiene que luchar por vivir y conseguir sus ideales.

A mi padre, por ser un ejemplo de superación y demostrarme que la vida siempre nos premia en cada paso que damos.

A mi hermana, por ser la mejor del mundo, la que siempre está pendiente de mí y la que me ha comprometido día a día a seguir superándome, siguiendo su ejemplo de excelencia académica.

A mi Rosi, mi segunda madre, quien ha estado conmigo toda mi vida y me ha sabido cuidar y guiar de la mejor manera.

A mi Papá Juan, quién estuvo pendiente de mí siempre y que a pesar de no estar ahora junto a mí, sé que se sentirá muy orgulloso de este logro.

A mi Ma. Paz, mi amada compañera, quien con su paciencia y amor me ha sabido apoyar de manera incondicional cada instante de nuestras vidas.

*Edgar Becerra Palacios*

## DEDICATORIA

Son muchas las personas que me supieron animar a culminar esta etapa académica y que sin su apoyo de seguro esto no hubiese sido posible; no puedo dejar de nombrar a varios de ellos:

A mi amada madre que siempre que con su entrega y sacrificio me supo formar y me enseñó que en esta vida todo es posible, que lo que se desea se puede realizar con esfuerzo y con el apoyo de Dios.

A mi padre al cual le debo mucho ya que me ha sabido tolerar y siempre ha confiado en mí.

A mi hermana mayor Verónica que me es un ejemplo de fortaleza.

A mi hermana menor Fabiola, que siempre me apoyo de todas las maneras posibles, y es de las personas más sabia que conozco.

A mi compañera Isabel a la cual con su paciencia y entrega me ha direccionado para siempre continuar y nunca caer por vencido.

A mis tres osos que me han contagiado su emoción y alegría, haciendo agradables las cosas simples de la vida.

Y a todos los amigos y familia que han estado a mi lado, gracias.

*Carlos Riquetti Peralta*

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestros más sinceros agradecimientos a todas las personas que de una manera u otra estuvieron involucradas en este proceso de preparación profesional y consecuentemente la culminación de esta etapa académica; a la paciencia, tolerancia y apoyo de nuestra familia, seres queridos, compañeros maestrantes, profesores; de manera especial se le agradece al Ing. Reinaldo Delgado Ph D que supo compartir su conocimiento de la manera más desprendida y desinteresada.

## ÍNDICE

CERTIFICADO .....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS .....	vii
ÍNDICE .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xvii
RESUMEN .....	xx
ABSTRACT .....	xxi
<b>1. CAPITULO 1: GENERALIDADES .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación del Tema.....	2
1.3 Definición del Problema .....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 General.....	3
1.4.2 Específicos .....	3
1.5 Alcance .....	3
1.6 Justificación e Importancia del Proyecto de Investigación .....	4
1.7 Marco Teórico .....	5
<b>2. CAPITULO 2: ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS DEL HOSPITAL. ....</b>	<b>7</b>
2.1 Estructura Funcional del Hospital Vicente Corral Moscoso. ....	10
2.1.1 Clasificación de los Hospitales.....	13
2.1.2 Índices Estadísticos Funcionales .....	15

2.1.3	Instalaciones y Servicios.....	17
2.1.4	Normativas Energéticas para Hospitales. ....	19
2.2	Estado del Arte de la Situación Energética en el Hospital Vicente Corral Moscoso .....	25
2.2.1	Antecedentes: Unidades Consumidoras de Energía.....	25
2.2.2	Suministro de Energía Eléctrica para un Hospital .....	27
2.2.3	Principales puntos de consumo energético en los hospitales	28
2.3	ESTADO DEL ARTE DE LA SITUACIÓN ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL VICENTE CORRAL MOSCOSO.....	32
2.3.1	Valores y Distribución de Consumo Energético Tipo en los Hospitales.....	38
2.3.2	Determinación de la matriz energética.....	45
2.3.3	Identificación de los sistemas energéticos del hospital .....	48
2.4	Selección de los sistemas potencialmente gestionables. ....	81
2.4.1	Cálculo de índices de desempeño energético.....	82
2.4.2	Análisis de Calidad de Energía Eléctrica .....	83
2.4.3	Balance Energético del Sistema Eléctrico.....	99
3.	CAPITULO 3: PROPUESTA Y DESARROLLO DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS EN LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS. ....	102
3.1	Sistema Térmico .....	102
3.1.1	Conducción.....	102
3.1.2	Temperaturas .....	104
3.1.3	Flujos Fríos o Calientes .....	104

3.1.4	Flujo Másico .....	105
3.1.5	Pérdidas de Calor en Tuberías .....	105
3.1.6	Pérdidas de Calor en Tanques .....	107
3.1.7	Fugas de vapor y venteos.....	108
3.1.8	Sistema Térmico Propuesto.....	109
3.2	Sistema Eléctrico .....	110
3.2.1	Iluminación .....	110
3.2.2	Niveles Lumínicos Recomendados en un Hospital .....	113
3.2.3	Fuentes Luminosas .....	115
3.2.4	Comparación entre Tubos Fluorescentes .....	122
3.2.5	Sensores de Movimiento .....	125
3.2.6	Software para Planificación de Iluminación.....	127
3.2.7	Iluminación Propuesta .....	128
3.2.8	Sistema de Iluminación Elegido .....	135
3.3	Índices Energéticos Óptimos.....	137
4.	CAPITULO 4: ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA EL HOSPITAL.....	139
4.1	FORMULACIÓN DE SOLUCIONES OPERATIVAS Y DE INVERSIÓN.....	139
4.1.1	Sistema Térmico.....	139
	4.1.1.5 <i>Evaluación Técnico – Económica De Las Oportunidades</i> <i>De</i>	142
4.1.2	Sistema Eléctrico .....	146
4.2	Definición de Planes de Acción en el Sistema Energético.....	152

5.	CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	153
5.1	Conclusiones .....	153
5.2	Recomendaciones .....	155
	BIBLIOGRAFÍA .....	157

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cadena de Valor Estructura Organizacional Hospitales. Fuente: (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, s.f.).....	11
Figura 2: Mapa de Procesos Estructura Organizacional Hospitales. Fuente: (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, s.f.).....	12
Figura 3: <i>Estructura Organizacional Hospitales de más de 70 camas.</i> Fuente: (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, s.f.).....	13
Figura 4: Sistema de Referencia y Contra Referencia Consulta Externa. Fuente: (Hospital Vicente Corral Moscoso, 2013).....	18
Figura 5: Ejemplo de tabla con la puntuación de la categoría medioambiental LEED de dos hospitales Fuente: (Marta López Cristià, 2011) .....	22
Figura 6: Iluminación Tipo en un Hospital. Fuente: (Marta López Cristià, 2011) .....	30
Figura 7: Consumo de energía en un hospital medio en España. Fuente: (Marta López Cristià, 2011) .....	39
Figura 8: Porcentajes típicos de consumo de ACS, iluminación y climatización. Fuente: (Marta López Cristià, 2011) .....	39
Figura 9: Comparación Europea de la intensidad energética en ramas sector servicios. Fuente: (IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) & CEI (Comité Español de Iluminación, 2009) .....	42
Figura 10: Comparación Europea de la intensidad eléctrica en ramas sector servicios. Fuente: (IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) & CEI (Comité Español de Iluminación, 2009). .....	42
Figura 11: Composición Energética HVCM año 2013. ....	46
Figura 12: Composición Energética HVCM año 2013. ....	46

Figura 13: Facturación Energía HVCM año 2013. ....	47
Figura 14: Facturación Energía HVCM año 2013. ....	47
Figura 15: Variación del consumo Energía Eléctrica HVCM año 2013 (T. 75 KVA). ....	50
Figura 16: Variación del consumo Energía Eléctrica HVCM año 2013 (T. 960 KVA). ....	50
Figura 17: Variación del consumo general de Energía Eléctrica HVCM año 2013. ....	51
Figura 18: Esquema de eficiencia en un balance térmico. Fuente: CONUEE, 2009 .....	60
Figura 19: Ejemplo de diagrama general del flujo de energía térmica. Fuente: (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía), 2007) .....	61
Figura 20: Diagrama de los flujos de energía en una caldera. Fuente: (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía), 2007) .....	62
Figura 21: Variación del consumo Energía Térmica HVCM año 2013. ....	64
Figura 22: Perfil de temperatura de operación de la caldera. ....	66
Figura 23: Perfil de presiones de operación de la caldera. ....	67
Figura 24: Consumo Agua Potable Medidor 1. ....	80
Figura 25: Consumo de Agua Potable Medidor 2. ....	81
Figura 26: Indicadores consumo energético 2013 por cama. Fuente: (CADDET, 1997).....	83
Figura 27: Indicadores consumo energético anual actual por área de superficie. Fuente: (CADDET, 1997) .....	83
Figura 28: Resumen gráfico general, T3632P (960kVA).....	87
Figura 29: Resumen gráfico general, T17883P (50kVA).....	87

Figura 30: Nivel de tensión promedio T3632P (960kVA). .....	90
Figura 31: Nivel de tensión promedio T17883P (50kVA). .....	90
Figura 32: Nivel de corriente promedio, T3632P (960kVA). .....	92
Figura 33: Nivel de corriente promedio, T17883P (50kVA). .....	92
Figura 34: Armónicas Individuales de Corriente, T3632P .....	95
Figura 35: Armónicas Individuales de Corriente, T17883P .....	96
Figura 36: Factor de Potencia, T3632P. ....	98
Figura 37: Factor de Potencia, T17883P. ....	98
Figura 38: Transferencia de calor por conducción $T_2 > T_1$ . Fuente: (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía), 2007) .....	103
Figura 39: Energía térmica en fluido caliente o frío. Fuente: (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía), 2007) .....	105
Figura 40: Pérdidas de calor en tuberías. Fuente: (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía), 2007) .....	106
Figura 41: Pérdidas de calor en tanques. ....	107
Figura 42: Lámpara Incandescente .....	116
Figura 43: Lámpara Fluorescente .....	117
Figura 44: Lámpara de descarga de alta presión .....	119
Figura 45: Lámpara de descarga de Halogenuros Metálicos .....	120
Figura 46: Lámpara de Vapor de Sodio a Alta presión.....	120
Figura 47: Lámpara de vapor de Sodio a Baja presión .....	121
Figura 48: Comparación entre tubos T12-T8-T5 .....	123
Figura 49: Funcionamiento de un Sensor de presencia .....	126
Figura 50: Software para planificación de iluminación. Fuente (DALUX) .....	128

Figura 51: Situación Actual, Pasillo, Planta Baja.....	129
Figura 52: Situación Actual, Preparación Material Estéril, Planta Baja.....	129
Figura 53: Nivel Lumínico en base a la simulación .....	129
Figura 54: Resultados de la Simulación: Situación Actual, Pasillo, Planta Baja .....	130
Figura 55: Resultados de la Simulación: Situación Actual, Preparación Material Estéril, Planta Baja.....	130
Figura 56: Sustitución de Tecnología T12 a T8.....	131
Figura 57: Resultados de la Simulación: Sustitución por T8, Pasillo, Planta Baja .....	131
Figura 58: Resultados de la Simulación: Sustitución T8, Preparación Material Estéril, Planta Baja.....	132
Figura 59: Sustitución de Tecnología T12 a T5.....	132
Figura 60: Resultados de la Simulación: Sustitución por T5, Pasillo, Planta Baja .....	133
Figura 61: Resultados de la Simulación: Sustitución T5, Preparación Material Estéril, Planta Baja.....	133
Figura 62: Sustitución de Tecnología T12 a LED.....	134
Figura 63: Resultados de la Simulación: Sustitución por LED, Pasillo, Planta Baja .....	134
Figura 64: Resultados de la Simulación: Sustitución LED, Preparación Material Estéril, Planta Baja.....	135
Figura 65: Indicadores consumo energético óptimo anual 2013 por cama. Fuente: (CADDET, 1997).....	137
Figura 66: Indicadores consumo energético óptimo anual por superficie. Fuente: (CADDET, 1997).....	138

Figura 67: Comparación de Indicadores Energéticos Actual Vs. Propuesto... 138

Figura 68: Ahorro de petróleo al reducir el exceso de aire al 20%. Fuente:  
Uso Racional de Energía. Perú..... 142

Figura 69: Ciclo Plan-Do-Check-Act. Fuente: (Schneider Electric, 2013)..... 152

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de Hospitales según su nivel de atención. Fuente: (Ministerio de Salud Pública del Ecuador) .....	14
Tabla 2: Especialidades Hospital Vicente Corral Moscoso. (Hospital Vicente Corral Moscoso, 2013).....	16
Tabla 3: Clasificación Energética en España. Fuente: (Hospitecnia, 2015) .....	20
Tabla 4: Valores máximos de consumo según tipologías edificatorias. Fuente: (Lignum, 2010) .....	24
Tabla 5: Tabla de Temperaturas Interiores de Cálculo de Estancias. Fuente: Gas Natural Fenosa.....	29
Tabla 6: Distribución tipo del consumo energético en una clínica u hospital. Fuente: (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2010). .....	39
Tabla 7: Comparación Europea de la intensidad energética en ramas sector servicios. Fuente: (IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) & CEI (Comité Español de Iluminación, 2009) .....	41
Tabla 8: Consumo Energía Eléctrica HVCM año 2013. ....	49
Tabla 9: Identificación de flujo de energía.....	62
Tabla 10: Consumo Diesel II HVCM año 2013.....	63
Tabla 11: Medición de temperatura en la caldera. Fuente: HVCM .....	65
Tabla 12: Longitud equivalente del sistema de vapor de Nutrición y Lavavajillas. ....	66
Tabla 13: Longitud equivalente del sistema de vapor de Nutrición y Lavavajillas.....	66
Tabla 14: Listado de equipos que emplean vapor. Fuente: HVCM .....	70
Tabla 15: Características del Sistema Eléctrico .....	86

Tabla 16: Resumen de los Indicadores de Calidad y sus límites.....	86
Tabla 17: Resumen tabular de los Indicadores de Calidad, T3632P (960kVA) .....	88
Tabla 18: Resumen tabular de los Indicadores de Calidad, T17883P (50kVA) .....	88
Tabla 19: Resumen del Nivel de Tensión .....	89
Tabla 20: Resumen de la Carga .....	91
Tabla 21: Nivel de Flicker (Pst).....	93
Tabla 22: Nivel de Distorsión Armónica (THDv).....	94
Tabla 23: Resumen del Factor de Potencia, T3632P .....	97
Tabla 24: Resumen del Factor de Potencia, T17883P .....	97
Tabla 25: Energía Eléctrica anual debido a la Iluminación. ....	100
Tabla 26: Energía Eléctrica anual debido a equipos .....	101
Tabla 27: Niveles Lumínicos Recomendados en un Hospital. Fuente ISO 8995/CIE S 008: 2003 .....	114
Tabla 28: Características de lámparas incandescentes .....	116
Tabla 29: Características de la Lámpara Fluorescente .....	118
Tabla 30: Características de Lámparas de descarga .....	121
Tabla 31: Tabla comparativa entre tubos T12-T8-T5 .....	123
Tabla 32: Costo aislamiento térmico de tanque de condensado y banco de distribución .....	139
Tabla 33: Costo reparación de fugas. ....	140
Tabla 34: Costo de reemplazo de trampas de vapor.....	140

Tabla 35: Nivel recomendado de exceso de aire. Fuente: Uso Racional de Energía. Perú. ....	141
Tabla 36: Costo contrato empresa tratamiento de agua y análisis de gases.....	142
Tabla 37: Inversión para aumentar eficiencia térmica .....	144
Tabla 38: Flujo de dinero (Térmico) .....	144
Tabla 39: VAN – TIR – PRI (Térmico).....	144
Tabla 40: Flujo de dinero (Eléctrico) .....	148
Tabla 41: VAN – TIR – PRI (Eléctrico) .....	148

## RESUMEN

En el Ecuador el desarrollo de proyectos enfocados a mejorar la eficiencia energética de la Parte Hospitalaria en el Sector Público ha sido prácticamente nulo, por ello la importancia de empezar a plantear planes y soluciones energéticas que brinden los mismos servicios con un menor consumo energético. Los esfuerzos que se implementen en función de lograr la eficiencia y uso racional de la energía, son factores decisivos para alcanzar mejores niveles de progreso económico y social en el país. Razón por la cual el presente trabajo de investigación tiene la finalidad de conocer el consumo energético actual y posible (utilizando eficiencia energética) del Hospital Vicente Corral Moscoso de la ciudad de Cuenca. Como primer paso se determinará los requerimientos energéticos para ello se analizará toda la infraestructura del Hospital, es decir se analizaron sus locales, los servicios que brinda el Hospital, los equipos que dispone, el tiempo que los emplea y el tipo de energía que requiere; una vez establecido el consumo energético del Hospital se calculará los índices de consumo energéticos tanto Eléctricos como Térmicos los que estarán medidos en  $\left[\frac{MWh}{cama}/año\right]$  y  $\left[\frac{kWh}{m^2}/año\right]$ . Los índices calculados tienen el objetivo de poder comparar el consumo energético del Hospital con estándares internacionales tanto en la etapa actual como en la propuesta. Finalmente en el presente trabajo se propondrá incurrir en medidas ya sean por cambio de tecnología o por gestión energética para lograr un uso eficiente de la energía requerida y poder situar al Hospital dentro de los rangos permitidos internacionalmente.

### **PALABRAS CLAVES:**

- EFICIENCIA ENERGÉTICA
- BALANCE ENERGÉTICO
- ÍNDICES DE CONSUMO ENERGÉTICO HOSPITALARIO
- CAMBIO DE TECNOLOGÍA
- GESTIÓN ENERGÉTICA.

## ABSTRACT

Ecuador's projects focused on improving the energy efficiency of the Public Hospitals has been almost nil, so the importance of starting to consider plans and energy solutions that provide the same services with less energy consumption. The efforts that are implemented in terms to achieve efficiency and rational use of energy, they are decisive factors for achieving higher levels of economic and social progress in the country. This research intended to meet the current and possible energy consumption (using energy efficiency) Vicente Corral Moscoso Hospital of the city of Cuenca. As first step shall be determined energy requirements to do so all the infrastructure of the Hospital will be analyzed, i.e. it analyses their premises, the services provided by the Hospital, devices that have, time employing them and the type of energy needed; Once established the Hospital indexes of energy consumption shall be calculated rates of use energy both Electrical and Thermal which will be measured in  $\left[\frac{MWh}{bed}/year\right]$  and  $\left[\frac{kWh}{m^2}/year\right]$ . Calculated energy indexes to compare the energy consumption of Hospital with international standards at the current stage as in the proposal. Finally in this paper will be proposed measures incur whether technology changes or energy management to achieve an efficient use of the power required and to locate to the Hospital within the ranges permitted internationally.

### KEYWORDS:

- ENERGY EFFICIENCY
- ELECTRICAL BALANCE
- INDEXES OF ENERGETIC HOSPITABLE CONSUMPTION
- CHANGE OF TECHNOLOGY
- ENERGETIC MANAGEMENT

## **1. CAPITULO 1: GENERALIDADES**

### **1.1 Antecedentes**

La sociedad en varios lugares de nuestro planeta, ha ido tomando conciencia del problema energético que está viviendo y sobre todo del futuro energético si no se toma acciones que vayan en conservación del planeta, es por ello que se ha desarrollado diferentes programas en torno a la eficiencia energética y energías renovables, con el objetivo de preservar, cuidar y optimizar el uso de los recursos que dispone y están presentes en nuestro entorno.

A nivel mundial, Europa lidera desde hace muchos años los programas de certificación y eficiencia energética tanto en edificios, como a nivel industrial. De igual manera con la aplicación de energías renovables a sus respectivas matrices energéticas y productivas. En este sentido, es de suma importancia buscar e implementar alternativas para reducir y mejorar el aprovechamiento energético en la infraestructura y equipamiento en el área de la salud, tanto a nivel público como privado.

En Latinoamérica, varios países han apostado por el desarrollo de políticas y metodologías que fomenten la aplicación de la eficiencia energética e incursión de energías renovables a nivel industrial, incluyéndose en este nivel a los centros hospitalarios. Chile, Perú, Colombia, Brasil están trabajando con el desarrollo de políticas en eficiencia energética, que han determinado indicadores de consumo energético dentro de varios sistemas según sus entornos y ubicación geográfica, como el eléctrico, de vapor, de agua, de vacío, etc., buscando la promoción de una cultura en la sociedad sobre este tema.

En Ecuador, por intermedio del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2015) el primer paso que se dio hacia la aplicación de eficiencia energética fue la incursión de

bombillas fluorescentes compactas para iluminación residencial y comercial, posterior a ese proyecto continuaron algunos más, entre los que se pueden citar la introducción de cocinas de inducción, el plan renova, eficiencia en la industria, los cuales tienen como principal objetivo crear conciencia a la población para llegar a un uso eficiente de energía.

## **1.2 Justificación del Tema**

Sin embargo, en el campo de la construcción, específicamente en readecuación y construcción de hospitales y clínicas muy poco o casi nada se ha hecho en lo que corresponde a aplicación de eficiencia energética y energías renovables, esto puede deberse a que no existe una ordenanza a nivel de gobiernos locales, regulación, normativa ni ley a nivel nacional que regule, controle y fiscalice la calidad de las instalaciones, los materiales con los que se construye, análisis de consumos que deberían tener las edificaciones mediante modernos sistemas de medición, con el objetivo de brindar buenos niveles de confort usando de manera eficaz y eficiente los recursos energéticos que el país dispone.

La falta de cultura energética de la sociedad ecuatoriana principalmente debido a los subsidios energéticos con los que el país dispone es la razón para que se siga propagando el derroche de energía, y al ser ésta una posibilidad que económicamente puede brindar beneficios, es necesario ir diseñando y promoviendo planes y proyectos que propongan un consumo eficiente de energía en el país.

## **1.3 Definición del Problema**

La situación actual en la que se encuentran la mayoría de los hospitales públicos, es preocupante debido a que en la mayor parte de ellos no disponen de información de consumo de energía en sus principales sistemas, y mucho menos en los procesos de balances de energía, ni manejo de los sistemas de

consumo energético, por lo que para el presente proyecto se analizará la situación del Hospital Vicente Corral Moscoso de la ciudad de Cuenca, en donde se pretende mostrar la situación actual y el nivel de eficiencia de los sistemas relevantes; de manera que se generen proyectos de gestión energética. Es por ello que se propone el proyecto llamado estudio y análisis de eficiencia energética en los principales sistemas energéticos del Hospital Vicente Corral Moscoso, con el cual se pretende dar el paso inicial para que se sigan desarrollando políticas y programas de aplicación en torno a la eficiencia energética, tanto a nivel local, nacional por intermedio de las instituciones que corresponda.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 General**

Se espera que el presente trabajo logre definir problemas y soluciones energéticas que beneficien al hospital, a los pacientes y al país. Adicional se espera proponer una gestión energética que logre que este proyecto sea sustentable en el tiempo.

### **1.4.2 Específicos**

- Determinar cuáles son los sistemas de mayor aporte.
- Hallar el valor del índice de eficiencia energética de cada sistema.
- Proponer gestión energética en los sistemas de menor eficiencia energética,
- Realizar modelos de comportamiento de los sistemas energéticos.

## **1.5 Alcance**

Evaluación de la eficiencia energética de los principales sistemas del hospital Vicente Corral Moscoso para definir el sistema con mayor incidencia energética y analizar su rendimiento y eficiencia, se plantea un sistema de

gestión energética para el hospital donde el consumo energético por cama sea un indicador de eficiencia para el hospital.

### **1.6 Justificación e Importancia del Proyecto de Investigación**

Los problemas energéticos, el crecimiento poblacional tiene como principal consecuencia la eliminación paulatina del medio urbano, reducción drástica de espacios verdes, mayor consumo de energía, ya que la misma es el pilar fundamental para el desarrollo del país, todo esto provoca que el planeta vaya dejando de ser autosustentable, por lo que se vuelve completamente necesario aplicar proyectos de eficiencia energética.

Existen motivos y razones que no son difíciles de entender para incentivar a nuevas prácticas constructivas, a nivel industrial y en forma directa, en los hospitales, con el objeto de que sean energéticamente eficientes, brindando una reducción de gases de efecto invernadero, costos de construcción, calidad de diseño y funcionalidad de las construcciones, etc.

En el Ecuador el desarrollo de proyectos enfocados a mejorar la eficiencia energética de las construcciones hospitalarias, ha sido prácticamente limitado, es por ello la importancia de empezar a plantear planes y soluciones que ayuden a mejorar el crecimiento de las ciudades de nuestro país.

El Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2015) está impulsando proyectos que fomentan el desarrollo y la cultura de ahorro energético con planes nacionales que son reconocidos y valorados, sin embargo en el campo de la eficiencia energética hay mucho trabajo por hacer y por tal motivo el presente proyecto pretende ser un inicio para el cambio en la cultura energética del país.

El desarrollo de este proyecto de tesis, pretende dar el paso inicial hacia la aplicación de eficiencia energética en el sector hospitalario, utilizando para este caso, recursos e información propios del Hospital Vicente Corral Moscoso.

El aporte científico que esta tesis propone está en el conocimiento de los tipos de normativas pueden plantearse para la realidad nacional, siendo este un estudio que analiza los principales sistemas energéticos que intervienen para el funcionamiento de un Hospital, se brindará bases para el desarrollo de planes a nivel regional; proponiendo dentro de este mismo trabajo recomendaciones para mejorar los aspectos de uso energético y prácticas que adapten al entorno de la región austral del país.

### **1.7 Marco Teórico**

El desarrollo de la eficiencia energética requiere de una visión a largo plazo, ya que los esfuerzos aislados y sin la coordinación de un ente rector solamente tienen resultados transitorios y sus efectos no producen impacto en el tema energético y medio ambiental.

Todos los esfuerzos que tengan como principal objetivo lograr la eficiencia y uso racional de energía, son factores decisivos para alcanzar mejores niveles de progreso económico y social en el país, que en nuestro caso es muy importante sobre todo en el uso de GLP para calentamiento de agua pudiendo implementarse sistemas híbridos (sol – electricidad), ya que disponemos de recursos naturales para la generación de electricidad, lo cual va en beneficio del usuario, país y planeta.

Algunos países latinoamericanos han realizado estudios de eficiencia energética en hospitales, entre los principales están Chile, Colombia y Perú, los cuales pueden ser una buena referencia para Ecuador debido a su ubicación geográfica y condiciones meteorológicas bastante similares entre estos países.

Es importante definir los sistemas de mayor consumo de energía, en los cuales se debe analizar la situación actual y las alternativas para aplicar el proyecto de eficiencia energética y llegar a un consumo eficiente de la energía, en Ecuador no existen estudios relacionados con el tema de eficiencia energética en hospitales, pese a que el actual gobierno ha impulsado de sobre

manera la construcción de nuevos hospitales y centros de salud, los cuales no constan con proyectos o planes de eficiencia energética, tal vez una razón puede deberse a que no trabajan de manera conjunta las instituciones públicas y cada una camina por su lado dedicándose a su trabajo principal y descuidando temas de suma importancia como es el aspecto energético.

#### ***1.7.1.1 Características del hospital.***

El Hospital Vicente Corral Moscoso es de nivel dos, cuenta con 290 camas, de las cuales 250 se encuentran operativas en la actualidad, sus departamentos son: clínica, cirugía, pediatría, obstetricia, ginecología, y sus servicios de apoyo son: centro quirúrgico, neonatología cuidados intensivos, emergencia, laboratorio, rayos X, banco de sangre, consulta externa, entre otros.

## 2. CAPITULO 2: ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS DEL HOSPITAL.

Para iniciar un proyecto de eficiencia energética en un hospital, muchos son los conocimientos previos que se debe considerar, partiendo desde conocer la filosofía del mismo, en cuanto a su programa de preferencias, servicios y especialidades que disponga, aspectos fundamentales al momento de elaborar nuevos diseños para reestructurar la matriz energética para llegar a un consumo energético eficiente garantizando el confort y la funcionalidad establecida o las normas y ordenanzas sobre edificación y energía.

Un edificio hospitalario, al realizar múltiples funciones como son: médica, hospitalidad y oficinas alberga una gran cantidad de equipos y espacios destinados para brindar los diferentes servicios, en los cuales el área energética es de fundamental importancia, siendo las principales fuentes de energía la térmica y la eléctrica.

Para el presente trabajo es importante dar un vistazo general a todas las áreas de un hospital desde el punto de vista de su influencia en el aspecto energético, en donde comprende una gran diversidad de funciones que se realizan en un hospital, pudiendo nombrar entre ellas, las siguientes: consulta externa, laboratorios, emergencia, centro quirúrgico, cocina, lavandería, área de mantenimiento, cuarto de calderas, las cuales son actividades frecuentes dentro de un hospital, pero también se debe considerar la cantidad de personas que laboran y frecuentan el hospital, como son los trabajadores, pacientes externos, pacientes hospitalizados, visitantes y personal administrativo. **MISIÓN – VISIÓN** (Hospital Vicente Corral Moscoso, 2013)

### “MISIÓN

Somos una entidad hospitalaria que en base a las normas y lineamientos del Sistema Nacional de Salud y en Coordinación con la red de Establecimientos de Salud, brinda servicio integral de segundo nivel de acuerdo con los principios estipulados en la Constitución, con talento humano

especializado y comprometido, tecnología de vanguardia y el impulso permanente a la investigación y el mejoramiento continuo de nuestros productos y servicios, para satisfacer las demandas del usuarios/as ciudadanos/as que es nuestra razón de ser.

### **ELEMENTOS DE LA MISIÓN**

<b>ELEMENTOS</b>	<b>KIPs</b>
Servicios hospitalarios de segundo nivel	Demanda del servicio/oferta del servicio
Enfoque integral	Satisfacción en la atención: encuestas, buzones de quejas evaluar
Cumpliendo normas y lineamientos del SNS	Hospitalaria auditoría de protocolos y programas.
Impulsa la investigación	Monitoreo y evaluación de las normas.
Impulsa la formación profesional	
Satisfacción del usuario.	Número de trabajos de investigación realizados.

### **VISIÓN**

Al 2013 el HVCM, es un moderno y dinámico sistema organizacional hospitalario con capacidad para gestionar procesos que responden a la demanda de servicios de salud de tercer nivel, aplica normas técnicas de referencia y contrareferencia, sustentado en los principios generales del Sistema Nacional de Salud: Inclusión y Equidad Social, Bioética, enfoque de género, generacional, interculturalidad. Con calificada y reconocida acción de su talento humano especializado y capacitado, presupuesto acorde a sus reales necesidades operativas, infraestructura funcional, tecnología de avanzada y abierta participación social con veeduría ciudadana.

<b>ELEMENTOS</b>	<b>KIPs</b>
Procesos gerenciales.	Medir la eficiencia y la eficacia Demanda/oferta.
Resolver problemas de salud de un Hospital de especialidades.	Satisfacción del usuario: buzones de quejas, encuestas.
Satisfacción de la demanda.	Eficiencias del gasto.
Presupuesto acorde a las necesidades reales.	Talento humano disponible/demanda
Talentos humanos especializados y capacitados.	Número de capacitaciones realizadas
Infraestructura funcional.	Infraestructura instalada/infraestructura planificada.
Tecnología de avanzada.	Equipamiento disponible/equipamiento planificado
Participación social y veeduría ciudadana.	Asistencia reuniones asistidas/número de reuniones planificadas

### **Objetivos Estratégicos Institucionales:**

Ampliar la cobertura y acceso de los servicios públicos de salud y educación para toda la población, mejorando la infraestructura física y la provisión de equipamiento, a la vez que se eliminen barreras de ingreso a grupos de atención prioritaria, mujeres, pueblos y nacionalidades.

Impulsar la prestación de servicios de salud sobre la base de principios de bioética y suficiencia, con enfoque de género, intercultural e intergeneracional.

Mejorar la calidad de las prestaciones de salud, contingencias de enfermedad, maternidad.

Promover procesos de formación continua del personal de salud.

Valorar las condiciones particulares de salud de las mujeres diversas, en particular durante el embarazo, parto y postparto.

Priorizar las acciones tendientes a reducir la mortalidad materno-infantil y el riesgo obstétrico.

Desarrollar y aplicar normas de bioseguridad.”

## **2.1 Estructura Funcional del Hospital Vicente Corral Moscoso.**

De acuerdo al Considerando de aprobación expedida por el Ministerio de Relaciones Laborales mediante Oficio Nro. 0366-VSP-MRL-2011 de fecha 10 de octubre del 2011, emite dictamen favorable al Estatuto Orgánico de la Gestión Organizacional por Procesos del Ministerio de Salud Pública (Ministerio de Relaciones Laborales, 2011).

### *Art. 3.- Estructura Organizacional de Gestión de Procesos*

La estructura organizacional del Ministerio de Salud Pública se encuentra alineada con su misión y las políticas determinadas en la Constitución de la República del Ecuador, las Políticas del Estado, leyes y otras normas vigentes. Se sustenta en la filosofía y enfoque de gestión por procesos determinando claramente su ordenamiento orgánico a través de la identificación de procesos, clientes, productos y/o servicios.

### *Art. 4.- Procesos del Ministerio de Salud Pública*

Los procesos del Ministerio de Salud Pública se ordenan y clasifican en función de su grado de contribución o valor agregado al cumplimiento de la misión institucional. Estos son:

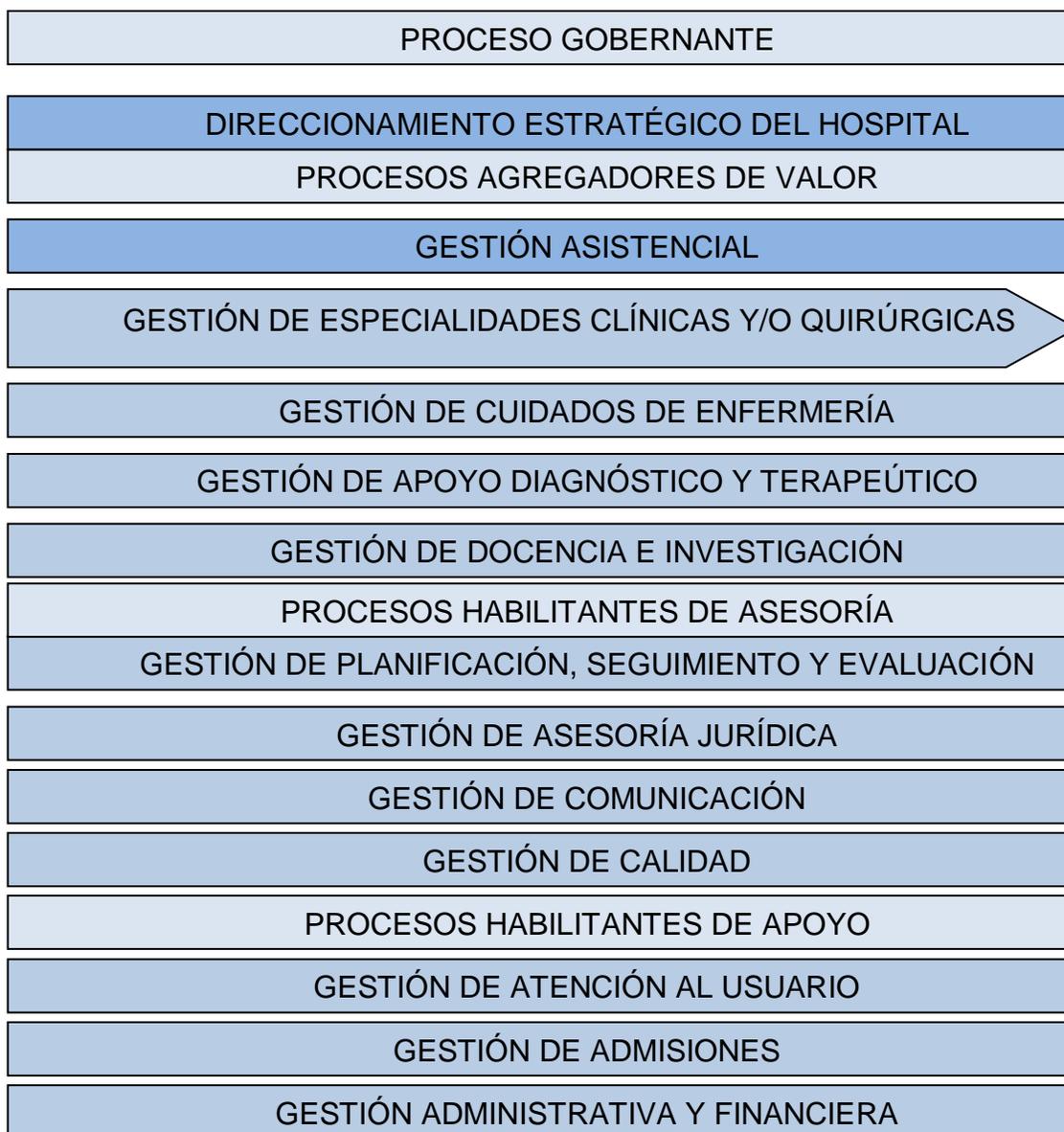
- Los Procesos Gobernantes orientan la gestión institucional a través de la formulación de políticas, directrices, normas, procedimientos, planes, acuerdos y resoluciones para la adecuada administración y ejercicio de la representación legal de la institución.
- Los Procesos Agregadores de Valor son los encargados de generar y administrar los productos y servicios destinados a usuarios internos y

externos y permiten cumplir con la misión institucional y los objetivos estratégicos.

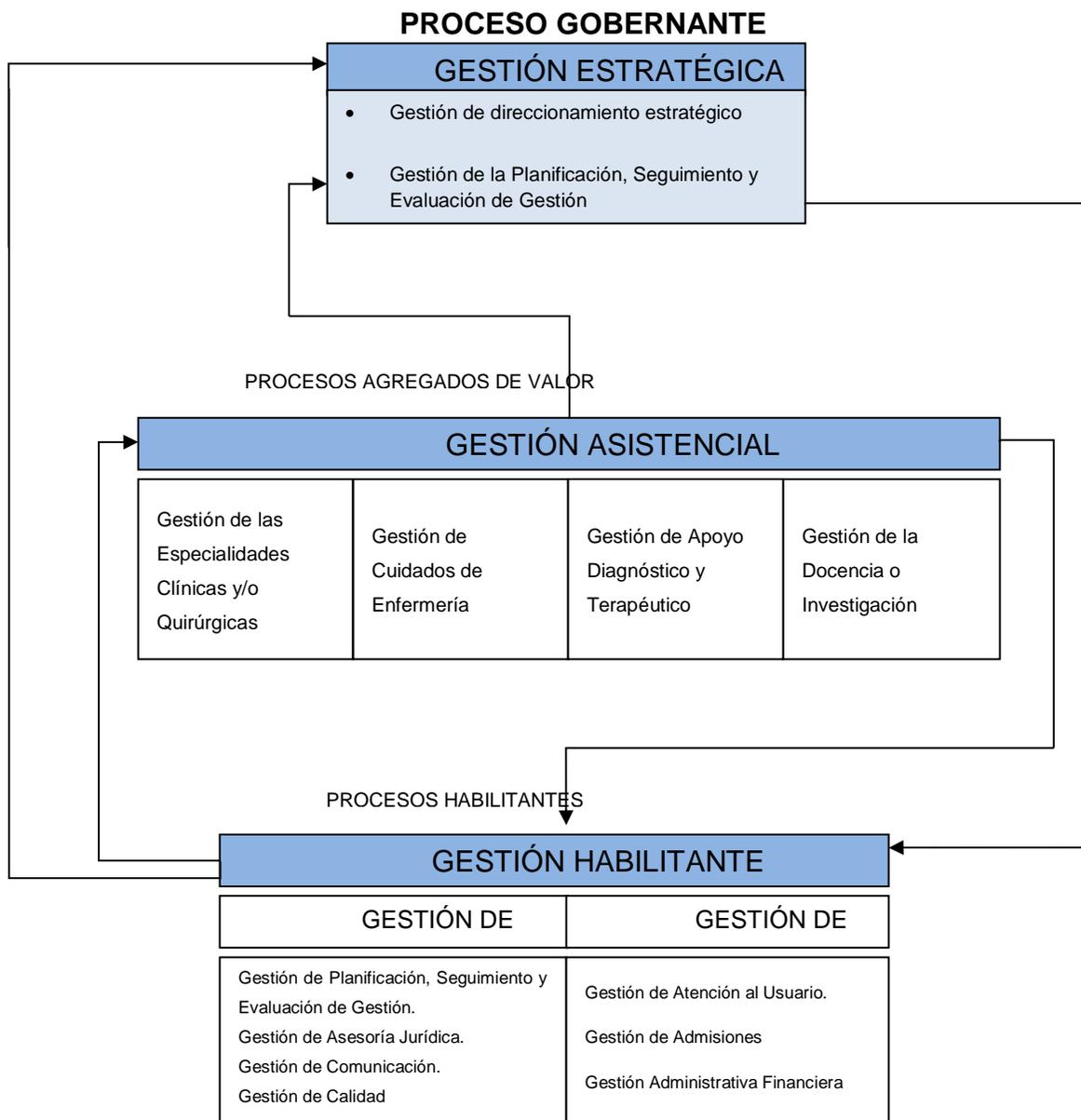
- Los Procesos Habilitantes de Asesoría y de Apoyo generan productos y servicios para los procesos gobernantes, agregadores de valor y para sí mismos, apoyando y viabilizando la Gestión Institucional.
- Los Procesos desconcentrados generan productos y servicios destinados a los usuarios finales acercándolos al territorio.

### **CADENA DE VALOR**

#### **CADENA DE VALOR**



**Figura 1: Cadena de Valor Estructura Organizacional Hospitales.** Fuente: (Ministerio de Salud Pública del Ecuador)



**Figura 2: Mapa de Procesos Estructura Organizacional Hospitales. Fuente:** (Ministerio de Salud Pública del Ecuador)

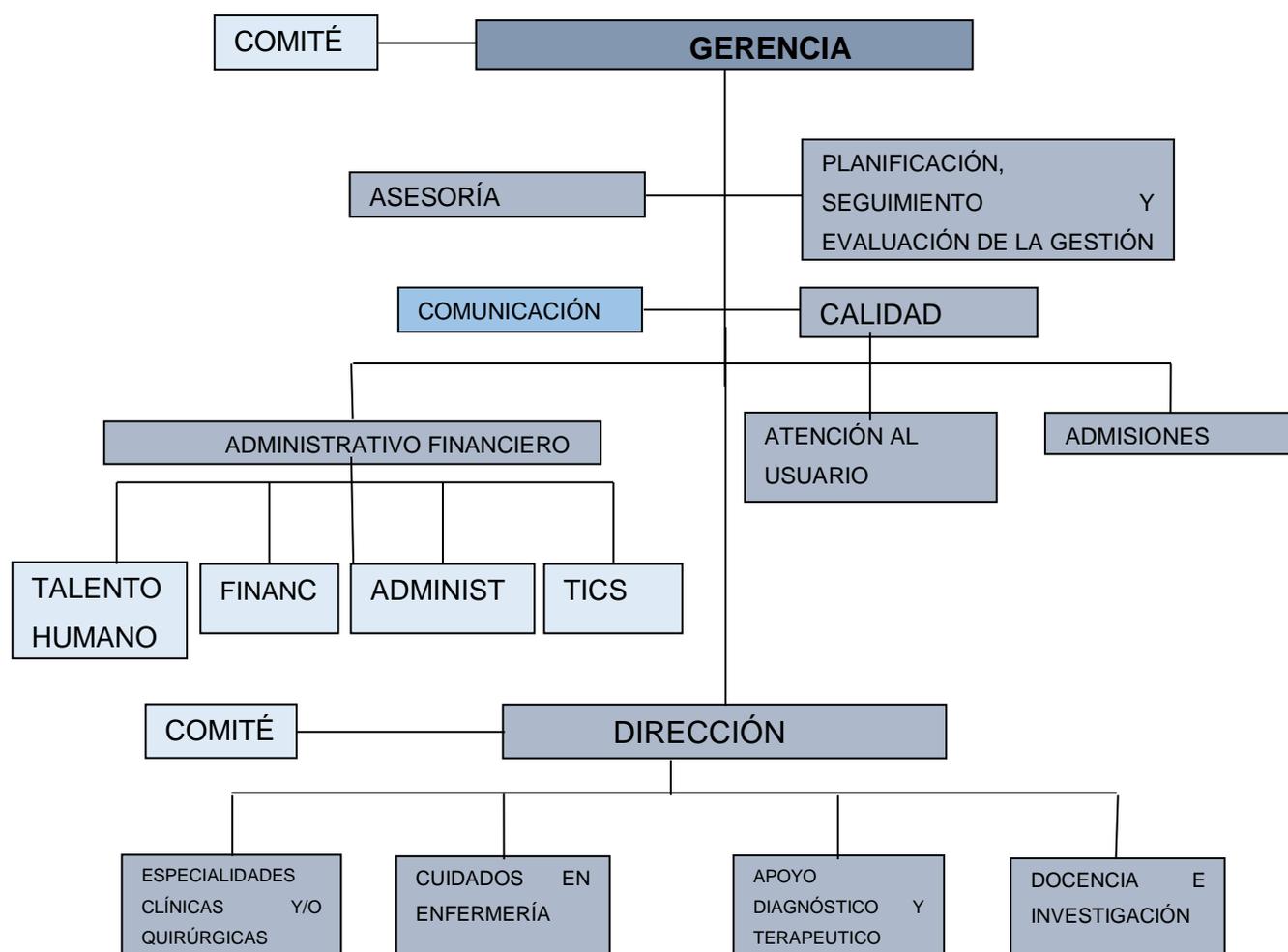


Figura 3: Estructura Organizacional Hospitales de más de 70 camas. Fuente: (Ministerio de Salud Pública del Ecuador)

Los hospitales se clasifican de acuerdo a:

- Por su función:
  - Generales.
  - Especialidades.
- Por su ámbito de actuación:
  - Locales.
  - Provinciales.
  - Regionales.

- Por su nivel de asistencia prestada:
  - Baja complejidad.
  - Complejidad media.
  - Alta tecnología.
- Por su dependencia:
  - Públicos.
  - Privados.
  - Alternativos.
- Por el tipo de pacientes:
  - Agudos o crónicos.

El Hospital Vicente Corral Moscoso corresponde a un Hospital General de Segundo Nivel, Regional, Complejidad media, público y que atiende a pacientes agudos o crónicos.

**Tabla 1:**  
**Clasificación de Hospitales según su nivel de atención. Fuente: (Ministerio de Salud Pública del Ecuador)**

NIVELES	TIPO	TIPOLOGÍA	CARTERA DE SERVICIO
NIVEL I	Centro de Salud A, B, C, Puestos de Salud, Consultorio General, y apoyo de Unidades Móviles)	A B C PS UM	Medicina General, Obstetricia, Odontología, Psicología.
	Hospitales Básicos	HB	Pediatría, Gineco-Obstetricia, Cirugía, Medicina Interna.
NIVEL II AMBULATORIO HOSPITALARIO	Hospitales Generales	HG	Pediatría, Gineco-Obstetricia, Cirugía, Medicina Interna, Terapia Intensiva, Emergencia y otras Sub especialidades dependiendo del hospital.
NIVEL III AMBULATORIO HOSPITALARIO	Hospitales Especializados	HE	Especialidades y Sub especialidades relacionadas a la particularidad del hospital.
	Hospitales Especialidades	HES	Especialidades y Sub especialidades Médicas.

### **2.1.2 Índices Estadísticos Funcionales**

Los índices estadísticos funcionales son los indicadores de gestión y de operatividad del hospital, donde se puede tener una idea macro de la afluencia de pacientes y tratamiento en cada uno de los servicios, datos que son representativos para la toma de decisiones en beneficio de la salud de los ciudadanos, los cuales en su totalidad han sido para programas masivos de salud.

El indicador más frecuente utilizado para medir el consumo energético en un hospital, es el de consumo por cama o paciente, sin embargo se pueden considerar varios indicadores, los cuales dependerán sí disponen o no de equipos de medición para su respectiva contabilización de energía. En el caso del hospital Vicente Corral Moscoso al no disponer de equipos de medición en cada uno de los puntos de consumo sino de una medición general, el indicador será global por paciente.

A continuación se presenta una tabla resumen correspondiente al año 2013:

Tabla 2:

**Especialidades Hospital Vicente Corral Moscoso.** (Hospital Vicente Corral Moscoso, 2013)

ESPECIALIDADES		EGRESOS										INDICADORES										TASAS		TASAS AJUSTADAS DE UCI		RESPONSABLE:				
		ALTA		DEFUNCIONES		TOTAL		AUDITORIA MEDICA		INTERVALO DE GIROS		PACIENTE		% DE OCUACION		ESTADA		CAMAS DISPONIBLES		EGRESOS		MORTAL		MORTAL			DOTACION NORMAL DE CAMAS			
		48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	48 horas	
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24						
CLINICA		1788	38	175	213	2001			16649	18301	19345	37,8	0,5	50,1	94,6	8,3	53,0	5,5	8,7	10,6				61						
CIRUGIA		3473	2	25	27	3500			15976	16972	21170	60,3	1,2	46,5	80,2	4,6	58,0	9,6	0,7	0,8				65						
PEDIATRIA		2953	8	31	39	2992			16451	16344	18532	58,9	0,7	44,8	88,2	5,5	50,8	8,2	1,0	1,3				70						
OBSTETRICIA		4973	2	0	2	4975			9900	14891	10950	165,8	-0,8	40,8	136,0	2,0	30,0	13,6	0,0	0,04				31						
NEONATOLOGIA		311	12	20	32	343			4032	7564	7721	16,2	0,5	20,7	98,0	11,8	21,2	0,9	5,8	9,3				25						
GINECOLOGIA		1797	0	0	0	1797			4145	5698	5172	126,8	-0,3	15,6	110,2	2,3	14,2	4,9	0,0	0,0				20						
CUIDADOS INTENSIVOS		22	27	87	114	136			1038	2474	2555	19,4	0,6	6,8	96,8	7,6	7,0	0,4	64,0	83,8				7						
EMERGENCIA		546	15	16	31	577			1203	3377	4380	48,1	1,7	9,3	77,1	2,1	12,0	1,6	2,8	5,4				12						
TOTAL		15863	104	354	458	16321			69394	85621	89825	66,3	0,3	234,6	95,3	4,3	246,1	44,7	2,2	2,8				291						
TASAS AJUSTADAS DE UCI						441						63,0		0,2										1,2		19,7		25,9		
EGRESOS=AL TAS+DEFUNCIONES+TRANSFERENCIAS																														
ELABORADO POR:																												LCDA. ROSARIO PACURUCU		

MINISTERIO DE SALUD PUBLICA

DIRECCION PROVINCIAL DE SALUD DEL AZUAY  
HOSPITAL "VICENTE CORRAL MOSCOSO"



Ministerio de Salud Pública

EGRESOS HOSPITALARIOS - PERIODO ENERO- DICIEMBRE- 2013

INTERACCION

ING COM. ROSARIO JUCA MORA

SERVIDOR PUBLICO 5

### **2.1.3 Instalaciones y Servicios.**

El Hospital Vicente Corral Moscoso cuenta con los siguientes servicios de atención a la ciudadanía:

- Ambulancia
- Banco de Leche
- Banco de Sangre
- Banco de Ojos
- Consulta Externa
  - o Pediatría
  - o Gineco – Obstetricia
  - o Medicina Interna
  - o Cirugía General
  - o Traumatología
  - o Dermatología
  - o Cardiología
  - o Neurología
  - o Nefrología
  - o Cirugía Plástica
  - o Otorrinolaringología
  - o Endocrinología
  - o Oncología
  - o Gastroenterología
  - o Nutrición
  - o Psicología
  - o Psiquiatría
  - o Reumatología
  - o Neurocirugía
  - o Urología
  - o Odontología



- Área de Trauma
- Hospitalización
  - Cirugía General
  - Clínica
  - Gineco – Obstetricia – Centro Obstétrico
  - Pediatría
- Neonatología
- Quirófanos
- Rehabilitación
- Servicios Técnicos
  - Imagenología
  - Laboratorio Clínico
  - Patología
- Nutrición y Dietética

#### **2.1.4 Normativas Energéticas para Hospitales.**

Existen sistemas de evaluación y certificación medioambiental internacionales, ya que a nivel nacional no se han realizado estudios referentes a las normativas o certificaciones energéticas para hospitales, siendo algunos de carácter normativo y otros de carácter voluntario, que ayudan a establecer estrategias de mejora en el consumo de energía en los edificios.

La certificación energética en España, misma que es de carácter normativo, originada por el Real Decreto 47/2007 de certificación energética de los edificios, la cual afecta a las construcciones nuevas o amplias remodelaciones y tiene como principal objetivo la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> y el consumo energético en el sector de la edificación, misma que con su cumplimiento permite obtener una calificación del edificio y de sus instalaciones, adicional las entidades públicas que presten servicios a un número importante de personas, que sean muy frecuentados, con una superficie útil total superior a los 1000 m<sup>2</sup> (se incluyen expresamente los edificios de uso sanitario, con un

máximo de 6 años para todos los hospitales) exhibirán de manera obligatoria y en un lugar visible la etiqueta de eficiencia energética. Disponen de las herramientas informáticas Líder y Calener, promovidas por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y por el Ministerio de Vivienda, las cuales pueden calcular la demanda de energía de la edificación y establecer la categoría energética de la misma. Para realizar el cálculo de un hospital, se hace en un método que compara el edificio a certificar con uno de referencia, que cumple determinadas condiciones normativas y evalúa si éste tiene igual o superior eficiencia energética. Se calcula el consumo de energía final, hora a hora, mediante la obtención de demanda horaria y del rendimiento medio horario de los sistemas que cubren las necesidades. En función de los resultados cada hospital obtendrá su certificación la misma que tiene 7 categorías y va desde la letra A hasta la G, siendo A, el más eficiente y G (Hospitecnia, 2015), para el menos eficiente.

**Tabla 3:**

**Clasificación Energética en España. Fuente:** (Hospitecnia, 2015)

Calificación de eficiencia energética del hospital	Índice de calificación de eficiencia energética
A	$C > 0,40$
B	$0,40 \leq C < 0,65$
C	$0,65 \leq C < 1,00$
D	$1,00 \leq C < 1,3$
E	$1,3 \leq C < 1,6$
F	$1,6 \leq C < 2$
G	$2 \leq C$

En cuanto a los sistemas de acreditación voluntarias internacionales, existen varias, sin embargo entre las más reconocidas son Leed, Breeam, Passiv Haus y Minergi, siendo los dos últimos los más centrados en el tema de ahorro y eficiencia energética. La solicitud de estas certificaciones no obligatorias, tiene sentido en varias edificaciones principalmente en las públicas, en donde se demuestra una verdadera preocupación con respecto al tema energético, además de mostrar una gran responsabilidad hacia la

comunidad repercute directamente en el ahorro, uso eficiente de energía y por ende en la disminución de las planillas, dinero que podría ser invertido para potenciar estas edificaciones.

A continuación se describe brevemente cada una de estos sistemas de acreditación voluntaria, para un conocimiento general sobre los potenciales puntos de aplicación de eficiencia energética:

#### **2.1.4.1 Sistema de Acreditación Leed**

La certificación ambiental LEED (Leadership in Energy & Environmental Design, US Green Building Council) (COUNCIL, 2015), promovido por el Departamento de Energía de los Estados Unidos y es el más extendido de los certificados de acreditación de sostenibilidad de edificios, permite evaluar la eficiencia del edificio y cumplir los fines de sostenibilidad en la fase de arquitectura e instalaciones técnicas, puesta en operación y uso de la edificación. Aunque es una certificación Norteamericana, varios hospitales de diversos países se han adherido a sus criterios, los cuales se aplican en seis temáticas que se detallan a continuación:

- Debe estar construido sobre un terreno marginal, sin valor ecológico y muy probablemente sobre una edificación existente.
- Debe ser eficiente energéticamente a tal punto de poder autoabastecerse principalmente mediante el uso de energía solar y por consiguiente no usar energía convencional fósil.
- Es primordial la reducción del consumo de energía utilizada para el transporte de los ocupantes del edificio, se deben implantar medidas que promuevan el uso de transporte público o alternativo (bicicletas, vehículos híbridos, auto compartido, entre otras)
- Debe captar el agua que usa, reciclarla y devolverla al ciclo natural depurada, nunca interferir en el agua que circule fuera de sus límites. Esto implica tener sistemas eficientes de riego y saneamiento, además se debe considerar utilizar vegetación autóctona o de baja

necesidad de riego e implantar tecnologías de recuperación de aguas pluviales y grises.

- Los materiales deben ser 100% reciclados o renovables, de origen local y que no produzcan ningún tipo de emisiones contaminantes en su proceso de transformación y puesta en operación, en la rehabilitación de un edificio existente, se debe aprovechar al máximo todos sus subsistemas.
- Proveer de una calidad ambiental interna óptima, lo cual garantiza un confort de los usuarios y con su debido control energético lo que conllevará a disminuir los costos económicos y medioambientales. Principalmente se trata de fomentar la iluminación y ventilación natural, lógicamente garantizando la buena calidad del aire e iluminación llegando al confort térmico y manteniendo el control de los sistemas.

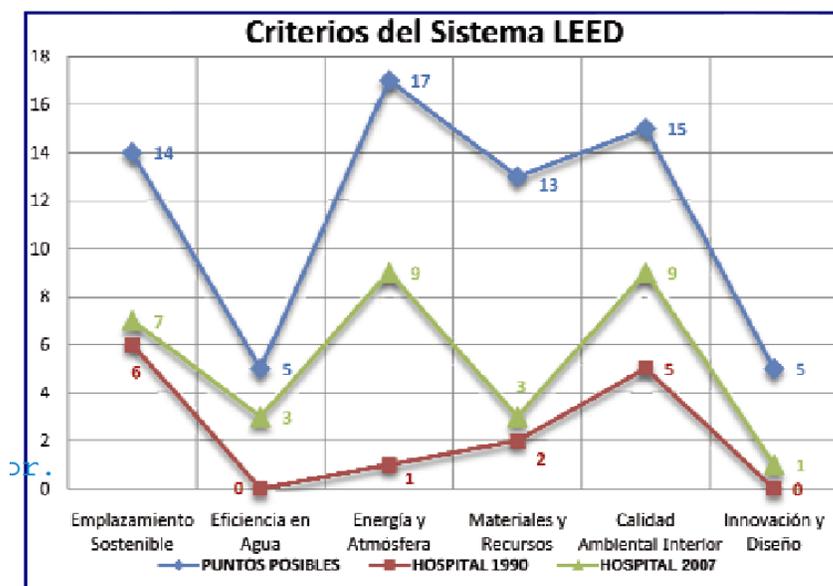


Figura 5: Ejemplo de tabla con la puntuación de la categoría medioambiental LEED de dos hospitales  
Fuente: (Marta López Cristià, 2011)

#### 2.1.4.2 Sistema de Acreditación Breeam

Breeam (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology) (BREEAM, 2015) desarrollado en el Reino Unido, un centro de

investigación sin fines de lucro. Es uno de los líderes a nivel mundial para evaluación ambiental de edificios en cuanto a número de edificios certificados. Breeam evalúa los edificios en diferentes categorías y según un sistema de créditos:

- Gestión
- Salud & Bienestar
- Energía
- Transporte
- Agua
- Minerales
- Residuos
- Uso del suelo y ecología del lugar
- Contaminación

Luego de los diferentes análisis realizados, Breeam identifica técnicas y medidas que vayan en beneficio de la protección medioambiental y el bienestar de los usuarios, quienes finalmente conceden la certificación en los siguientes niveles: Aceptable, Bueno, Muy Bueno, Excelente y Excepcional.

#### **2.1.4.3 Sistema de Acreditación Minergie**

Tiene origen Suizo (Minergie, 2015) y es aplicable a cualquier tipo de construcción, sea ésta nueva o rehabilitada y es adaptada a cualquier tipo de arquitectura, el estándar de medición de este sistema es el kWh/m<sup>2</sup> para llegar al confort térmico. Se trata de disminuir el consumo de energía para lo cual los proyectistas tienen la libertad de aplicar diferentes técnicas que disminuyan el consumo energético general, pero sobre todo el consumo de energía en calefacción. Minergie, y Minergie-P la cual es una certificación más exigente hacen énfasis en los siguientes aspectos:

Minergie:

- Exigencias en la envolvente del edificio
- Controles periódicos de la renovación del aire
- Valor límite Minergie (Tabla 4)
- Certificación del confort térmico en verano
- Requisitos adicionales dependiendo de la categoría otorgada, relativas a la iluminación, refrigeración y producción de calor.
- 10% de coste adicional en comparación con una edificación convencional.

**Tabla 4:**

**Valores máximos de consumo según tipologías edificatorias. Fuente: (Lignum, 2010)**

Tipo de Edificación	Valores Máximos	
	Minergie (kWh/m <sup>2</sup> año)	Minergie – P (kWh/m <sup>2</sup> año)
Edificaciones colectivas	38	30
Viviendas unifamiliares	38	30
Edificaciones Comerciales	40	25
Hospitales	75	45
Industrias	20	15
Instalaciones Deportivas	25	20

#### Minergie-P:

- Exigencias en la envolvente del edificio
- Requisitos térmicos específicos
- Controles periódicos de la renovación del aire
- Valor límite Minergie (Tabla 4).
- Certificación del confort térmico en verano
- Impermeabilidad del aire
- Electrodomésticos eficientes energéticamente.
- Requisitos adicionales dependiendo de la categoría otorgada, relativas a la iluminación, refrigeración y producción de calor.
- 15% del coste adicional en comparación con una edificación convencional.

Este estándar es muy exigente y obedece a un estricto control de la edificación y sus cálculos se basan en la normativa Suiza, sin embargo como en la mayoría de los casos el clima de estos países no es similar al nuestro, por lo que los resultados no serían los óptimos, pero dejan huella en sus técnicas aplicadas, las cuales pueden ser de mucha utilidad en nuestro medio.

#### **2.1.4.4 Sistema de Acreditación Passiv Haus**

Otorga su certificación energética según sus estándares y controla el balance energético de las edificaciones en cada una de sus etapas, y consiste principalmente en:

- Limitar la demanda energética térmica para calefacción, refrigeración y para todos los servicios (electricidad, ACS, entre otras)
- Considerar para el confort climático una determinada estanqueidad de la envolvente del edificio, según la temperatura del exterior.
- Considerar elementos y sistemas construidos por Passiv Haus que permitan alcanzar los objetivos de eficiencia energética, confort climático teniendo una relación óptima entre costes y eficacia.
- 

## **2.2 Estado del Arte de la Situación Energética en el Hospital Vicente Corral Moscoso**

### **2.2.1 Antecedentes: Unidades Consumidoras de Energía**

En un hospital, las principales unidades consumidoras de energía son en base a:

- Energía Eléctrica,
- Energía Térmica (combustibles fósiles), y
- Agua

### **2.2.1.1 Energía Eléctrica**

Es la fuente energética más importante ya que, la energía eléctrica uno de los pilares fundamentales para el desarrollo a nivel general, y por ende no deja de lado la importancia que tiene para el funcionamiento de un hospital, ya que en el mismo proporciona el suministro necesario para la operación de varios equipos eléctricos y electrónicos indispensables para el diagnóstico, tratamiento y cuidado de los pacientes, entre los que podemos mencionar los siguientes:

- Motores eléctricos en general para varias funciones y/o servicios.
- Iluminación, en este caso principalmente fluorescente, teniendo también iluminación especial en ciertas áreas y/o servicios.
- Calentamiento de agua
- Equipos de refrigeración
- Climatización
- Esterilizadores
- Equipos electro médicos (rayos X, tomógrafo, entre otros)
- Autoclaves
- Computadores, entre otros.

### **2.2.1.2 Energía Térmica (Combustibles Fósiles)**

El principal consumo de energía térmica se da en la generación de vapor en los calderos, para lo cual el combustible utilizado en la mayoría de los hospitales es Petróleo Diesel No. 2.

Las principales áreas de consumo de energía térmica del Hospital Vicente Corral Moscoso se da en la generación de vapor, en donde los calderos se alimentan del combustible antes mencionado y el producto es dirigido a las áreas de:

- Lavandería
- Cocina

- Suministro Central (área de esterilización de equipos).

### **2.2.1.3 Agua**

Considerada como fuente de energía indirectamente, es necesaria en todas las áreas del hospital donde se necesita agua limpia como agua potable para cada uno de sus fines como pueden ser: higiene y limpieza, agua blanda para la generación de vapor, entre otros.

### **2.2.2 Suministro de Energía Eléctrica para un Hospital**

En la actualidad, el sistema eléctrico de un hospital es más exigente, complejo y crítico. Esto debido a las cargas requeridas y al incremento considerable de equipos médicos destinados para diagnósticos, tratamientos y cuidados de los pacientes.

Al momento de suministrar la energía a un hospital, no sólo debe considerar la necesidad del presente, sino que se deberá considerar una posible y siempre necesaria expansión de este sistema a corto o largo plazo. Las estadísticas indican un elevado crecimiento en los sistemas eléctricos destinados al cuidado de la salud.

Los sistemas eléctricos esenciales deben tener al menos dos fuentes independientes de alimentación: una fuente normal que alimente de manera general al hospital y una fuente de emergencia para operación cuando el servicio normal se encuentre interrumpido.

La fuente de emergencia estará formada por uno o varios grupos de generación, según sea la potencia instalada y la energía requerida por los sistemas de iluminación y equipos especiales, los cuales deberán entrar a operar en el menor tiempo posible luego de haber sido interrumpida la alimentación normal de energía eléctrica.

Además, ciertos equipos electromédicos cuentan con fuentes propias ininterrumpidas de poder como respaldo para el caso de pérdida de

alimentación normal, teniendo como principal ventaja una transferencia automática y de reconexión inmediata.

La presente tesis centra el estudio en el consumo energético, producido durante la fase de uso de un hospital, primordialmente eléctrico y térmico, por ser las de mayor consumo. Esto no significa que sean las únicas fuentes de energía, ya que existen otros consumos energéticos en hospitales, y en definitiva en cualquier edificio, se produce en la fase de extracción de materiales, construcción, uso y demolición, sin embargo la energía de mayor consumo es la de uso.

### **2.2.3 Principales puntos de consumo energético en los hospitales**

La energía es vital para el funcionamiento de los hospitales, ya que en todas sus áreas está presente la misma de diferentes maneras, tanto la electricidad, petróleo (derivados) y el agua son necesarios para el funcionamiento de sus servicios. La cantidad de consumo de una u otra fuente de energía variará en cada hospital, según su infraestructura y las tareas específicas que en el realicen.

En general, la infraestructura y las diferentes áreas de especialización de un hospital son las que determinan el consumo de energía, además, las condiciones meteorológicas o de entorno son las que condicionan en parte la matriz energética de un hospital y siempre se debe tener en cuenta el tipo de fuente energética que se encuentra a disposición, la cual determinará la o las tecnologías a aplicarse. Es imprescindible conocer la estructura de consumo energético y los principales factores que influyen en la misma.

Aunque la energía es necesaria e todas las áreas de un hospital, podemos decir que los mayores consumos se centran en:

- Control ambiental: Toda la energía consumida en los sistemas de calefacción, refrigeración, ventilación y limpieza de aire, además de los

sistemas generadores que normalmente se utilizan para la producción de calor son las calderas.

- El uso de filtros de aire de alta eficiencia para evitar la propagación de infecciones en la ventilación, que representan una elevada demanda eléctrica en los ventiladores para poder proporcionar una correcta circulación.
- El mantenimiento de un riguroso nivel de calidad del aire interior en salas que requieren de una mayor renovación del clima como es el caso de: quirófanos, cuidados intensivos y laboratorios.
- Necesidad de disponer de aire interior en los niveles de temperatura, humedad y calidad adecuados, lo que aumenta la necesidad de climatización y ventilación.

**Tabla 5:**  
**Tabla de Temperaturas Interiores de Cálculo de Estancias. Fuente: Gas Natural Fenosa**

ESTANCIA	TEMPERATURA (°C)
Dormitorios Estancia todo el día	22
Quirófanos	29 - 32
Sala de Rayos X	22
Salas Generales	22
Salas de Recuperación	23

- Alumbrado (incluido el de emergencia)

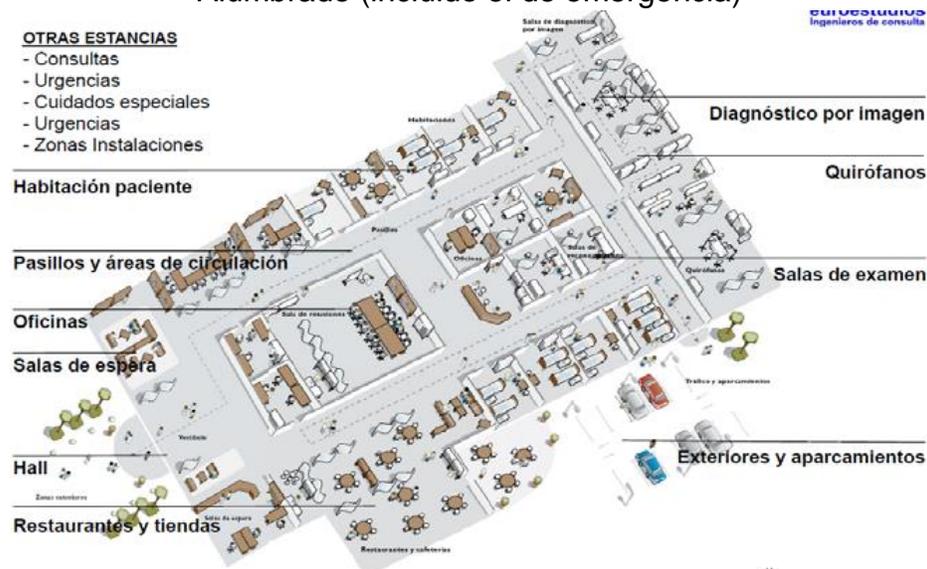


Figura 6: Iluminación Tipo en un Hospital. Fuente: (Marta López Cristià, 2011)

Las lámparas utilizadas dependerán de la zona y del uso al que se destinen. Por lo general:

- En el alumbrado general se usan fluorescentes y LED.
- En el alumbrado localizado se utilizan lámparas fluorescentes compactas, LED, y halógenos metálicos.
- Para el alumbrado decorativo se utilizan halógenas de baja tensión, fluorescentes compactas y LED.

- Fuerza Eléctrica

En este apartado hay que mencionar la importancia del suministro para garantizar la continua operación de los equipos en cualquier momento, de manera especial en las áreas críticas. Cualquier interrupción de este servicio puede causar leves, medias, graves e inclusive fatales consecuencias.

Además los equipos de médicos de alta tecnología son muy sensibles a las perturbaciones en la red, a variaciones de tensión, o a los microcortes que afectan a los sistemas eléctricos pudiendo causar

pérdidas de información en los centros de datos e interrupciones en los tratamientos, razones por las cuales la calidad de energía en un hospital debe ser la óptima y continuamente monitoreada.

- Esterilización

Agua caliente sanitaria (ACS) y vapor, se suele producir con calderas, bombas de calor o mediante energía solar térmica, mismas que son utilizadas para la cocción, limpieza y esterilización de equipos y/o suministros.

- Varios

Se encuentran sistemas tales como: de vacío, de gases medicinales, de transporte, incineración, de recolección, de tratamiento de desechos, entre otros.

- Principales consumos en servicios generales:

Entre los principales consumidores de energía en servicios generales podemos mencionar los siguientes: iluminación, ascensores, climatización, compresores, calderas, bombas, mismos que son altamente consumidores de energía eléctrica. Los servicios de lavandería y cocina también forman parte de las áreas de mayor consumo de electricidad.

Equipos que usan energía térmica, generada principalmente por derivados del petróleo y que ofrecen suministro a los servicios generales están: generadores de vapor y agua caliente, hornos para calentamiento y cocción de alimentos, las marmitas de cocción a vapor, en cocinas, en planchas, lavadoras y secadoras en la lavandería, todas estas usan vapor y/o agua caliente para su funcionamiento.

- Principales consumos en los servicios específicos:

Llámesse servicios específicos a aquellos equipos médicos y/o motores usados en todas las áreas de especialización, entre las que

podemos enumerar las siguientes: radiología, tomografía, ecografía, unidad de cuidados intensivos, quirófanos, cuidados intermedios o recuperación, emergencia, centro de trauma, maternidad y neonatología, laboratorios, banco de sangre, banco de ojos, entre otros.

También existen servicios específicos que utilizan energía térmica y a la cual se le tiene que dar la correspondiente importancia como lo es el servicio de esterilización, la cual utiliza vapor de agua para alcanzar las temperaturas de servicio en las autoclaves.

### **2.3 ESTADO DEL ARTE DE LA SITUACIÓN ENERGÉTICA EN EL HOSPITAL VICENTE CORRAL MOSCOSO.**

Estudios a nivel internacional revelan que la aplicación de eficiencia energética mediante diversas estrategias supone ahorros económicos importantes, entre las principales podemos mencionar la fuerza eléctrica e iluminación, en donde se puede aprovechar la iluminación natural, mejorar el rendimiento de la iluminación artificial, el uso de equipos eficientes y sistemas óptimos de control, el correcto mantenimiento de los sistemas eléctricos en general, de igual manera ocurre con la energía térmica, por lo que es de suma importancia identificar y cuantificar el uso y consumo de las mismas.

Muchos hospitales llevan a cabo programas y prácticas que buscan reducir el consumo de energía, sin embargo para poder efectuar un programa de ahorro y eficiencia energética el primer paso es medir para determinar los factores que influyen y controlan el consumo, pero el hospital Vicente Corral Moscoso no dispone de equipos de medición en cada una de las áreas por lo que se efectuará un análisis general con las mediciones globales de los consumos energéticos.

De igual manera estudios realizados a nivel internacional, específicamente en España han definido que las principales estrategias de

ahorro energético usadas comúnmente en los edificios hospitalarios indiferentes a la ubicación geográfica y situación climatológica son:

- En cuanto al suministro de calor y frío: (Aguilar R, García M, Cañuelo M, Díaz J.M, 2004)
  - Es importante detectar los espacios con temperaturas inadecuadas y observar a que son debidas.
  - Realizar una revisión periódica de los termostatos y temporizadores para asegurarse que la configuración es la correcta.
  - Diferenciar las zonas según las necesidades del clima, ya que no todas necesitan la misma temperatura ni están ocupadas las mismas horas, para programar climatización independiente y evitar derroches
  - Una posibilidad es colocar sistemas de control inteligentes para anticipar cambios de temperatura en función de las condiciones meteorológicas exteriores.
  - Se ha demostrado que dos tercios del calor generado en un hospital se pierden a través de paredes, techos y el tercio restante se pierde por las puertas, ventanas y sistemas de ventilación, por lo que mejorar el aislamiento térmico, tanto en conductos de instalaciones como en los parámetros del propio edificio, reducirá de manera importante esas pérdidas energéticas. En el primer caso evitaremos reducciones en la temperatura del fluido transportado, y por tanto ahorraremos energía, además de agua de condensación que puede deteriorar los conductos.
- En cuanto a ventilación: (Castro F., 2008)
  - Al igual que en la producción de calor, vapor y frío, se debe diferenciar bien las zonas especiales que no requieren de ventilación, como las destinadas a oficinas, de las que requieren una mayor tasa de renovación de aire, como quirófanos. Todo esto permitirá regular de mejor manera la potencia del sistema de ventilación.

- Hacer circular el aire desde las zonas más limpias a las zonas más contaminadas para un aprovechamiento máximo del mismo.
- Aprovechar la ventilación natural siempre que sea posible, y complementar con el uso de ventiladores en las áreas en donde no sea posible una correcta ventilación natural.
- En cuanto a iluminación artificial: (Foster R., 2005) (Leyún O., 2010)
  - Es un consumo bastante representativo dentro de los estudios realizados, llegando inclusive a superar el 25% de la energía usada en un hospital, y aproximadamente un 40% de la electricidad.
  - Se pueden instalar lámparas de bajo consumo como los fluorescentes, o el uso de LEDs, que hoy en día son las más eficientes
  - Es importante la instalación de circuitos y mecanismos automáticos de encendido/apagado de la iluminación, siempre y cuando la zona del hospital lo permita.
  - No se debe dejar de lado y mucho menos olvidar la concienciación de los ocupantes del hospital, este aspecto es vital para caminar hacia la eficiencia energética.
- En cuanto al uso de energías renovables: (Ledesma, J.M., 2004) (Sancho, J.M., 2006)

Actualmente en España el uso de energías alternativas o generación propia es otra medida que se viene implementando en algunos centros hospitalarios.

- Instalación de placas solares para calentar el ACS o soporte en las áreas que sean necesarias (En España es de obligado cumplimiento la instalación de las placas solares según el Código Técnico de la Edificación, para hospitales de más de 100 camas, de nueva construcción). (Castellano, 2004).

- Analizar y evaluar el recurso para la factibilidad de instalación de paneles fotovoltaicos.
  - Para el caso de Cuenca se podría estimar la energía solar mediante estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables - INER (ubicadas en las cercanías del hospital), las cuales miden radiación solar global y difusa, y según esta información poder cuantificar el recurso y conocer el porcentaje de apoyo que podría tener este tipo de energía, ya que se dispone del espacio para la instalación de los paneles.
- En cuanto al papel del usuario:
    - Demostrada la importancia del uso de la energía en un hospital durante su fase de uso u operación, se evidencia que el usuario debe cumplir un papel importante, ya que la eficiencia energética no se logra solo con equipos y automatismos sino debe ser el complemento con los usuarios, por lo tanto es aspecto clave para llevar a cabo acciones que vayan en beneficio del ahorro y consumo eficiente de la energía. El Hospital General de Valencia, por ejemplo, es una de las muchas instituciones públicas españolas, que ha optado por mostrar a la sociedad una completa información respecto del consumo energético de sus instalaciones.

Dos estudios canadienses muestran a los hospitales, como edificios del sector comercial o institucional, con un mayor consumo de energía por unidad de superficie construida, con un consumo de 2.6GJ/m<sup>2</sup>. (Hancock, T., 2001) (Natural Resources Canada's Office of Energy Efficiency, 2005).

Otro estudio realizado en Grecia, sitúa a los hospitales como los segundos consumidores de energía térmica por m<sup>2</sup>, por detrás de los hoteles pero por delante de escuelas, edificios comerciales y de oficinas, donde el

mayor consumo de energía térmica se da para calefacción y refrigeración. (Gaglia, 2007)

En Alemania, se supone un consumo energético por cama de hospital equivalente al triple de una casa unifamiliar de nueva construcción.

En Estados Unidos los hospitales son, por detrás de los edificios de restaurantes los segundos edificios más consumidores de energía. Se estima que su consumo es del 9% del conjunto de los edificios comerciales. (Pérez – Lombard, 2008).

En España los hospitales consumen el 11% de la energía demandada por todo el conjunto de edificios destinados a oficinas, comercios, escuelas, hoteles y restaurantes, instalaciones de ocio y el resto de edificios considerados comerciales y en el Reino Unido ese porcentaje es del 6%.

En New South Wales (Australia) los edificios públicos destinados a la salud son responsables de más de la mitad del consumo total del conjunto de edificios de titularidad pública.

Como acotación a los estudios antes realizados, es importante mencionar que todos los países tienen una ubicación geográfica y una situación climatológica muy diferente a la de nuestro país, por lo que gran parte de la energía consumida en los países indicados son efectuados por los sistemas de climatización, para el caso del hospital Vicente Corral Moscoso goza de una ubicación geográfica privilegiada en comparación de otros hospitales a nivel nacional e internacional, con promedios de variables climáticas muy favorables para su operación.

Podemos regresar el tiempo a los años 70, donde se puede decir que el mundo sufrió la primera crisis energética con consecuencias a nivel mundial, desatada principalmente por el encarecimiento del petróleo lo que conllevó a tener una mayor conciencia energética. La energía dejó de ser un recurso ilimitado, barato siempre disponible para la mayoría de las personas y por ende

se empezó a concebir la idea de los edificios eficientes o que no derrocharan energía. Posterior, con la finalidad de buscar una solución al problema de las fuentes de energía, se organizan dos importantes protocolos internacionales para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por las actividades humanas, el de Kioto, en 1997, y el de Bali, en 2007, ambos dentro del Convenio del Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático y el protocolo de Montreal, en 1987 y el programa 21 de la ONU de 1989, enfocados hacia la sostenibilidad, las energías renovables y protección y conservación de los recursos de los que disponemos. El protocolo de Kioto fue una de las cartas jurídicas internacionales más importantes destinadas a luchar contra el cambio climático, en donde los países industrializados se comprometieron a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero, donde entre el 2008 al 2012 debían reducir al menos en un 5% respecto a los niveles de 1990. En diciembre de 2007 sale el Protocolo de Bali (Indonesia), con el fin de sustituir al de Kioto en el 2012.

Sin lugar a duda la Unión Europea ha dejado sentada la importancia de disminuir el consumo de energía en el sector de la edificación, donde han dictado varias normativas que van en beneficio del uso eficiente de energía. Se establecen exigencias energéticas en la edificación, donde nombraremos los siguientes documentos con los que España se adapta a la normativa y que son de cumplimiento obligatorio.

- CTE (Código Técnico de la Edificación): Implica el cumplimiento, en la mayoría de las edificaciones, de unos requerimientos básicos en cuanto a limitación de la demanda, instalaciones térmicas y de iluminación y de uso solar, de baja temperatura, y fotovoltaica. Su aplicación es obligatoria tanto para edificios en nueva construcción como para rehabilitaciones que supongan más de un 50%.
- RITE (Reglamento de Instalaciones Técnicas en los Edificios): Este reglamento, referido a las instalaciones térmicas en los edificios, implica

llevar una revisión y control periódico obligatorio de operación de calderas y sistemas de aire acondicionado.

- Real Decreto 47/2007 de Certificación Energética en los Edificios: Similar a las etiquetas de eficiencia energética de los artefactos eléctricos, esta certificación es para poner en conocimiento a todos los usuarios del nivel de eficiencia energética del edificio.

### **2.3.1 Valores y Distribución de Consumo Energético Tipo en los Hospitales.**

En primera instancia haremos un breve recorrido por la situación energética de los hospitales españoles, los mismos que tienen una elevada variación de su consumo energético según su tipología, instalaciones y condiciones meteorológicas. Como valores globales podemos mencionar que un hospital puede consumir entre 20000 y 60000 kWh por cama hospitalaria al año. Según los datos obtenidos por la consultoría energética Ipsom, dice que el consumo global del sector hospitalario oscila entre los 6 GWh, mismo que representa aproximadamente un 2% del total consumido en el país.

Tal como lo manifiestan la mayoría de estudios realizados en el sector energético a nivel hospitalario, realizar una distribución de consumo energético “tipo” es sumamente complicado ya que se deben considerar varios factores, los cuales no son idénticos o similares en la mayoría de los casos, tal como la ubicación geográfica, variedad de tipos de edificaciones, material de las edificaciones, servicios ofrecidos, tamaño, categoría, características de equipos, combustibles y fuentes de energía utilizados a nivel general, entre otras, sin embargo la siguiente gráfica nos muestra un consumo de un hospital medio en España:

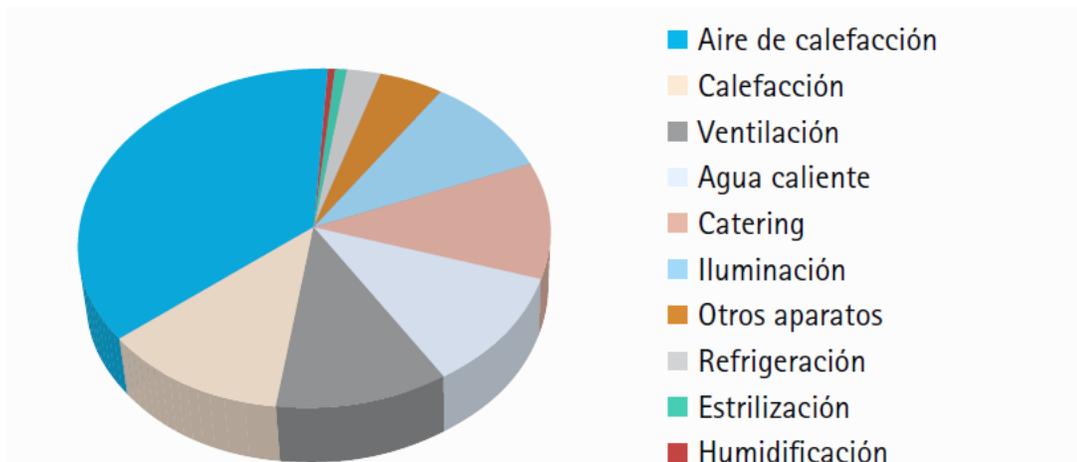


Figura 7: Consumo de energía en un hospital medio en España. Fuente: (Marta López Cristià, 2011)

De la gráfica mostrada se puede deducir que las principales áreas responsables del mayor consumo de energía son la iluminación, ACS y climatización, lo cual podríamos indicar de manera general una distribución de consumo típico de la siguiente manera:

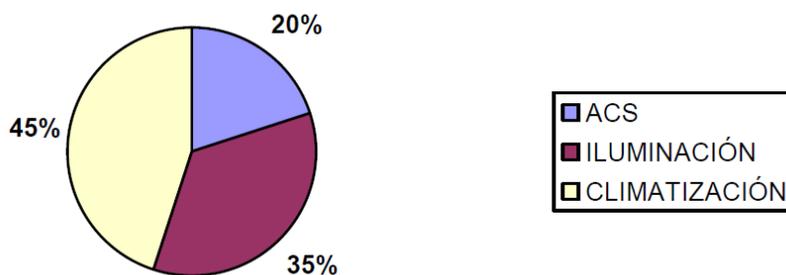


Figura 8: Porcentajes típicos de consumo de ACS, iluminación y climatización. Fuente: (Marta López Cristià, 2011)

Una distribución Tipo de estos consumos para clínicas y hospitales es la siguiente:

Tabla 6:

**Distribución tipo del consumo energético en una clínica u hospital.** Fuente: (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, 2010).

	CLÍNICAS Y HOSPITALES
Instalaciones	Oficinas Consultas Radiología Laboratorio Cocina Lavandería
Aplicaciones energéticas	Iluminación ACS Climatización Otros
Energías	Electricidad Gas
Consumo (*) Media sectorial	40.000 kWh/año
Coste (*) Media sectorial	8.400 €/año

A continuación se muestra la tabla de datos con los indicadores energéticos del año 2009 según IDEA, donde se observa que debido a las acciones tomadas en favor de la eficiencia energética en el sector hospitalario, los valores descendieron respecto a años anteriores.

**Tabla 7:**  
**Comparación Europea de la intensidad energética en ramas sector servicios. Fuente:**  
 (IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) & CEI (Comité Español de Iluminación, 2009)

	Unidad	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	$\Delta_{2009/2008}$
Intensidad de Energía Final del Sector Restauración (Hoteles, Restaurantes, etc)	kwp/€00	0,0211	0,0222	0,0227	0,0233	0,0232	0,0144	0,0192	0,0191	0,0209	0,0208	0,0202	0,0187	0,0182	0,0166	0,0157	-5,3%
Intensidad de Energía Eléctrica del Sector Restauración	kwh/k€00	156,86	164,64	169,15	172,21	182,39	63,62	60,58	60,49	65,74	67,48	69,15	80,23	83,79	90,79	92,87	2,3%
Intensidad de Energía Final del Sector Hospitales (17)	kwp/€00	0,0202	0,0206	0,0215	0,0219	0,0189	0,0166	0,0207	0,0210	0,0203	0,0222	0,0214	0,0194	0,0189	0,0161	0,0146	-9,7%
Intensidad de Energía Eléctrica del Sector Hospitales	kwh/k€00	91,90	95,61	103,16	108,27	106,09	92,18	90,42	88,02	87,99	96,61	88,23	93,48	92,17	89,84	83,92	-6,6%
Intensidad de Energía Final del Sector Educación	kwp/€00	0,0154	0,0155	0,0161	0,0168	0,0164	0,0157	0,0179	0,0191	0,0191	0,0209	0,0185	0,0168	0,0156	0,0130	0,0113	-12,6%
Intensidad de Energía Eléctrica del Sector Educación	kwh/k€00	82,34	84,78	88,81	96,24	103,29	106,48	98,92	103,66	108,26	117,53	99,12	99,71	92,50	85,00	75,17	-11,6%
Intensidad de Energía Final del Sector Comercio	kwp/€00	0,0199	0,0216	0,0220	0,0224	0,0220	0,0259	0,0307	0,0315	0,0336	0,0368	0,0367	0,0357	0,0351	0,0338	0,0333	-1,4%
Intensidad de Energía Eléctrica del Sector Comercio	kwh/k€00	139,62	153,77	156,59	159,12	169,37	209,63	229,15	239,18	258,87	285,43	288,18	301,44	299,79	313,56	314,74	0,4%
<b>TOTAL SERVICIOS</b>	kwp/€00	0,0160	0,0168	0,0173	0,0177	0,0168	0,0174	0,0198	0,0202	0,0208	0,0222	0,0213	0,0202	0,0197	0,0183	0,0176	-3,9%

A continuación se muestra una gráfica general donde se compara consumos energéticos globales correspondientes a la intensidad energética y eléctrica de hospitales y otros servicios entre los países de España, Francia, Holanda y Suecia.

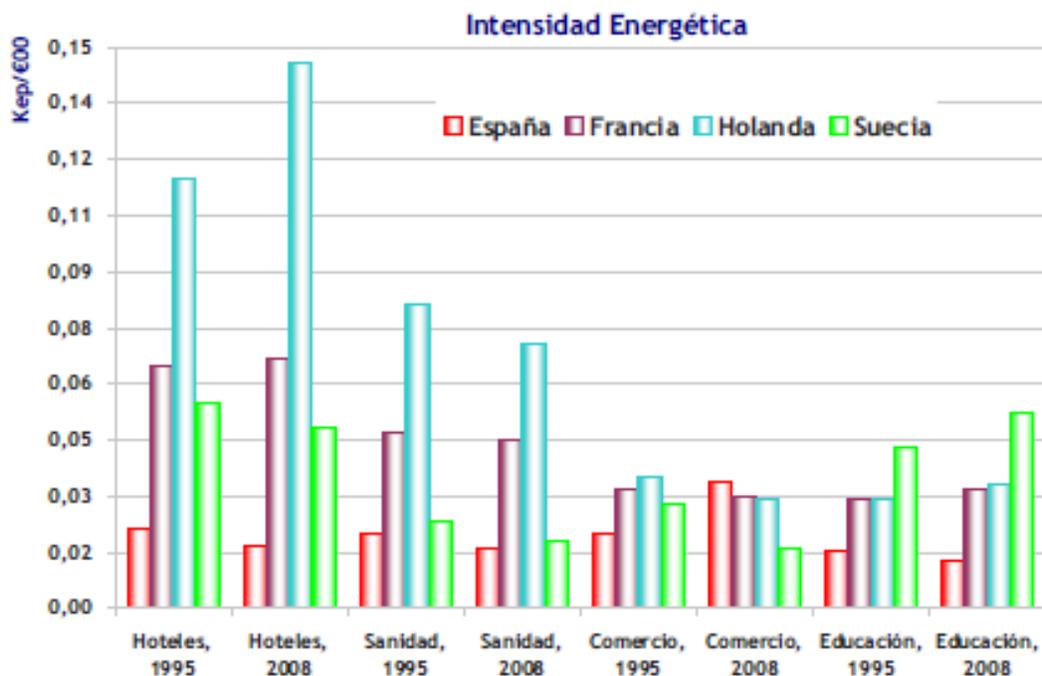


Figura 9: Comparación Europea de la intensidad energética en ramas sector servicios. Fuente: (IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) & CEI (Comité Español de Iluminación, 2009)

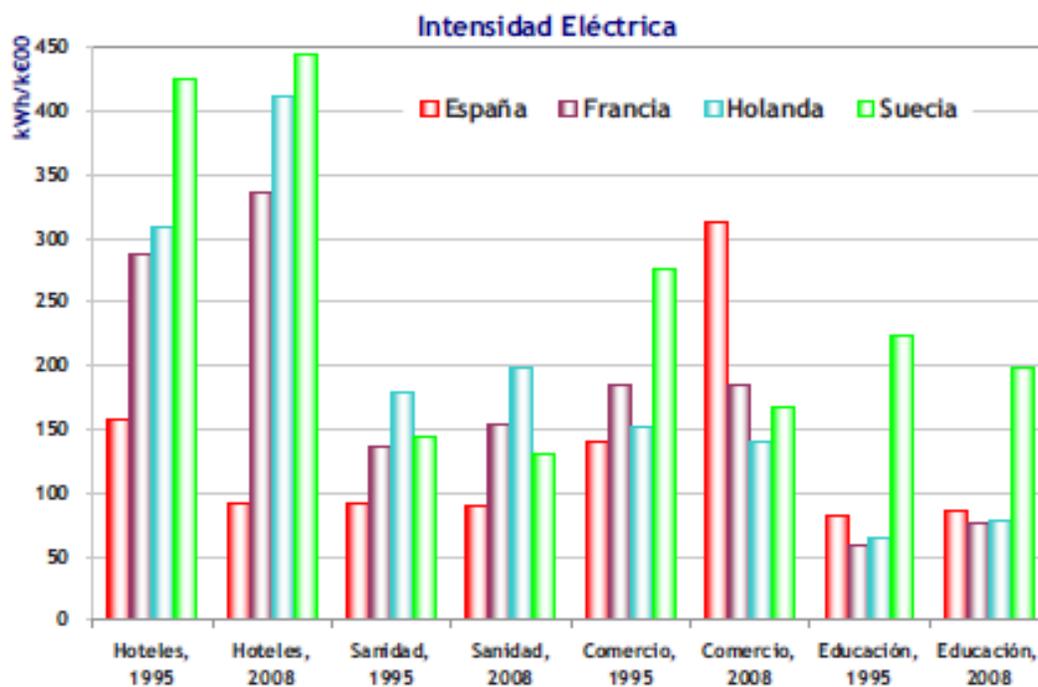


Figura 10: Comparación Europea de la intensidad eléctrica en ramas sector servicios. Fuente: (IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) & CEI (Comité Español de Iluminación, 2009).

En términos generales podemos resumir el consumo energético promedio hospitalario en territorio catalán en el año 2010 fue 417.94 kWh/año.m<sup>2</sup> y para los centros de asistencia primaria fue 224.51 kWh/año.m<sup>2</sup>. El promedio global de todos los centros asistenciales, considerando hospitales y centros de asistencia primaria, fue de 305.50 kWh/año.m<sup>2</sup> son en forma de electricidad y 151.38 kWh/m<sup>2</sup>.año en forma de gas natural.

Chile en las últimas décadas ha sido uno de los países con un mayor índice de progreso a nivel general, de manera especial en el ámbito global en la salud, esperanza de vida y mortalidad en general, los cuales han sido superiores a los esperados de acuerdo al nivel de desarrollo del país. Los costes a nivel de hospitales han tenido un incremento, pudiendo mencionar que una de las principales causas ha sido el incremento del precio de la energía en los últimos años, siendo uno de los países de América Latina con los más altos costos de electricidad. Consecuencia de esto toma gran importancia la eficiencia energética en todos los sectores, a tal punto de tener un alto grado de prioridad política, y de haber puesto en marcha el Programa País de Eficiencia Energética en el año 2005. La creación de este programa se lo hace con el fin de establecer una instancia política de acción en el tema de eficiencia energética. El sector público asumió políticamente de manera responsable dar el ejemplo de implementar la eficiencia energética en sus dependencias, donde predomina el uso de electricidad, llegando a ser el 75% del consumo total en el sector público, el cual representa el 1% de la matriz energética global.

De acuerdo a las experiencias obtenidas en Chile, para optimizar el uso de energía en un hospital, existe variedad de medidas y herramientas. Una alternativa es la introducción de principios de “housekeeping” y capacitar a los funcionarios para mejorar la gestión hasta involucrar a los usuarios de un hospital cambiando su conducta hacia el consumo de energía. Otra posibilidad que ponen de manifiesto es la contratación de terceros a través de la prestación de servicios profesionales mediante las llamadas “ESCOSs” (Energy Service

Companies) quienes se hacen cargo de la gestión energética del hospital. Los ESCOs son empresas privadas especializadas en la gestión de energía en grandes complejos inmobiliarios o industriales y obtienen utilidades mediante el ahorro de gastos en energía.

Estimaciones sobre el consumo de energía en los hospitales de Chile, indican que el sector salud es responsable aproximadamente del 15 % del consumo total del sector público, con alrededor de 240 GWh por año. Cifra que resulta bastante elevada con los estándares internacionales y el alto consumo tampoco se relaciona con un estándar de confort elevado. Para citar un ejemplo, el hospital Dr. Luis Calvo Mackenna, registra un consumo promedio de energía eléctrica de 2.603 MWh al año, lo que significa en términos generales 216.9 MWh al mes, 7.2 MWh diario, según información energética se estima que el hospital es de 241 camas, lo que equivale a que un consumo de 30 kWh diario por cama, de lo cual, el 15% corresponde a iluminación, el 36% a climatizar recinto, enfriando o temperándolos por medio de equipos de aire acondicionado, y el 10% en producir agua que llega hasta los artefactos sanitarios. El resto, es energía utilizada por los instrumentos clínicos y artefactos conectados a la red eléctrica. En cifras monetarias, esto corresponde a un promedio de 300 millones de pesos por año y un consumo anual de 10,8 MWh/cama, similar al número de camas del hospital Vicente Corral Moscoso.

Una simple comparación del índice de consumo de energía (MWh/cama/año) entre el hospital Dr. Luis Calvo Mackenna como referencia de Chile con un hospital estándar semejante en Francia muestra una diferencia de 10.8 a 4.00 MWh/cama/año. (Lohr, Gauer, Serrano, Zamora, 2009).

Uno de los factores importantes para que se tenga el elevado consumo obedece al hecho de que la infraestructura energética de muchos hospitales es obsoleta y además de un mantenimiento precario. Como aspectos generales se puede mencionar que el aislamiento de las instalaciones es deficiente, por ende las pérdidas de calor son elevadas. Tal como ocurre en el hospital Vicente

Corral Moscoso, y lo que mencionan las investigaciones es la falta de registros de consumo de electricidad, de vapor, de temperatura interna, de humedad, de temperatura de agua caliente, en cada una de las áreas de utilización de energía.

### **2.3.2 Determinación de la matriz energética.**

El Hospital Vicente Corral Moscoso fue construido en la década del 70, e inaugurado en el 12 de abril de 1977. El hospital ha tenido ciertos mantenimientos en relación a su infraestructura, pero se mantiene la mayor parte desde sus inicios, así como también muchos de sus equipos e instalaciones se mantienen desde su puesta en servicio, por lo que es de suma importancia realizar un levantamiento energético según como sea posible para poder determinar la eficiencia del sistema energético lo más apegado a la realidad.

El Hospital Vicente Corral Moscoso para su funcionamiento en la parte energética utiliza como fuentes de energía a la electricidad y combustible (Diesel tipo II). A continuación se presenta la composición energética del hospital correspondiente al año 2013, así como su consumo promedio de acuerdo al levantamiento de información que ha sido posible realizar, considerando que el mismo es una contabilización general y no detallada de consumo de cada una de las áreas, ya que no existe instrumentos de medición en las mismas, sino solamente se cuenta con mediciones generales.

***Energía Eléctrica: 1422768 kWh/año equivalente a 5122 GJ***

***Energía Térmica: 88125 GJ/año equivalente a 12912,1 GJ***

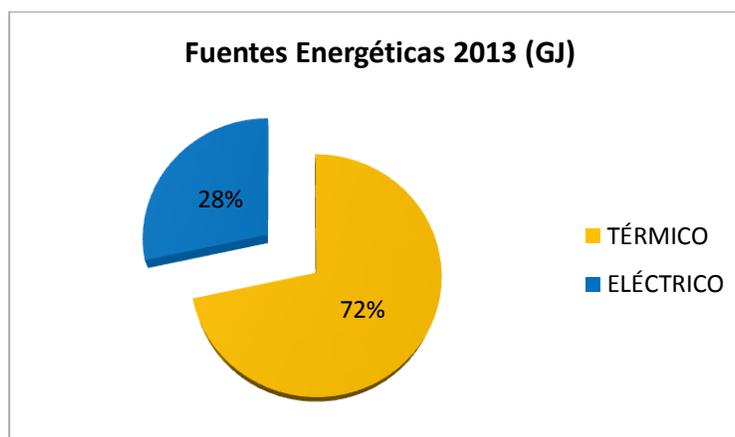


Figura 11: Composición Energética HVCN año 2013.

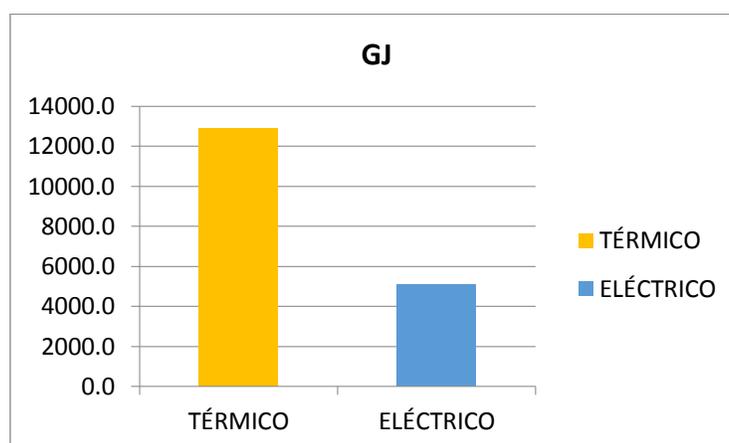


Figura 12: Composición Energética HVCN año 2013.

Según la gráfica se puede observar el predominio del consumo térmico sobre el eléctrico en la parte energética, siendo el mismo el 72% sobre el 28 % del consumo eléctrico, sin embargo considerando los costos de cada fuente energética tenemos que:

$$\text{Energía eléctrica: } KWh: 0.0767 \frac{USD}{KWh}, \quad \text{Total} = 109126.3 \frac{USD}{año}$$

$$\text{Energía térmica: galón: } 0.9187 \frac{USD}{gal}, \quad \text{Total} = 80960.4 \frac{USD}{año}$$

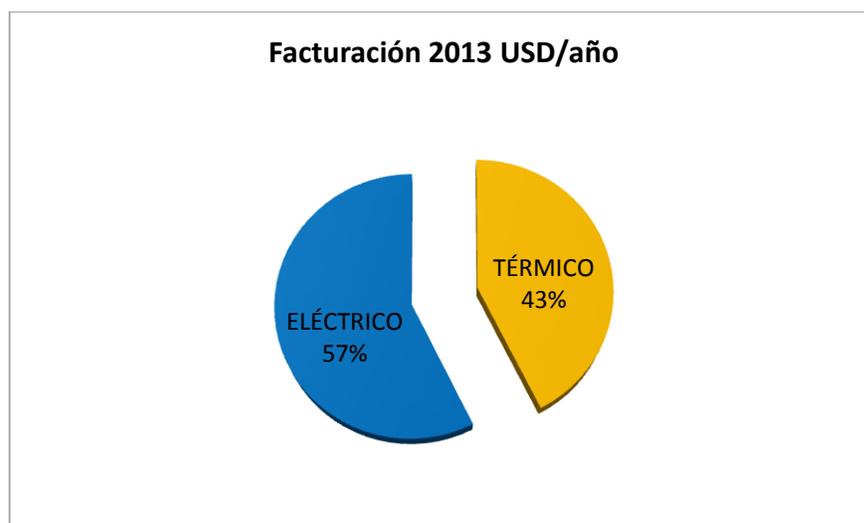


Figura 13: Facturación Energía HVCN año 2013.

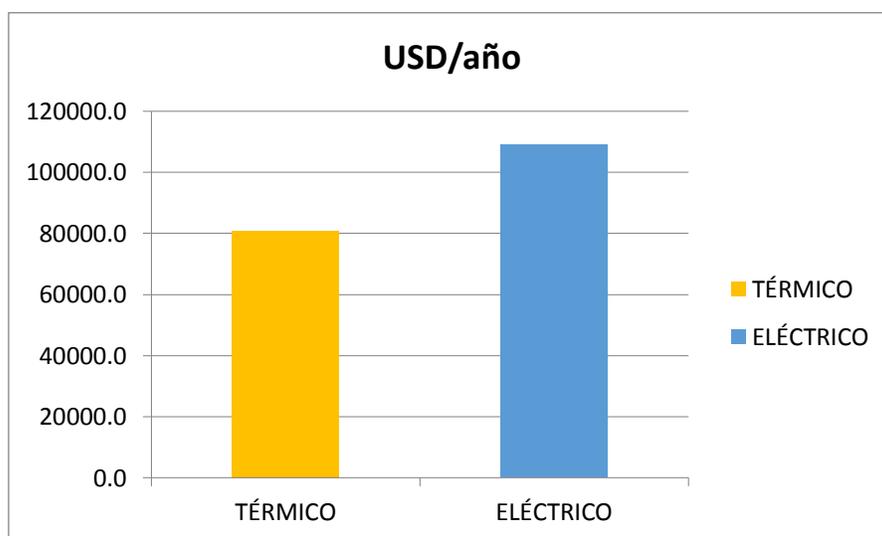


Figura 14: Facturación Energía HVCN año 2013.

De la gráfica de facturación de energía se puede apreciar que el gasto de energía eléctrica es superior al de la térmica, pese a tener un menor consumo en la participación de la matriz energética del hospital como lo indica la Figura 11. De manera general según la Figura 14, nos indica que se debe dar mayor participación a la fuente térmica y tratar de suplir las necesidades con la misma según sea el caso, a tal punto de fomentar prácticas de eficiencia como la recirculación del vapor para su máximo aprovechamiento.

### **2.3.3 Identificación de los sistemas energéticos del hospital**

#### **2.3.3.1 Sistema eléctrico.**

##### *2.3.3.1.1 Evaluación Inicial*

El hospital Vicente Corral Moscoso como parte de su equipamiento eléctrico mayor podemos mencionar su grupo electrógeno de 200 KVA, un transformador trifásico de 960 KVA para los servicios en general, un transformador trifásico de 75 KVA para el centro de trauma y un transformador de 100 KVA para el área de imagenología (el mismo que no tiene un registro de consumo ya que esta alquilado a la Empresa Eléctrica), cabe indicar que el hospital cuenta únicamente con dos puntos de medición, los cuales al sumar dan el consumo total del mismo. Se encuentran instaladas alrededor de 2000 lámparas fluorescentes de diferentes potencias con balastro electromagnético la mayoría, excepto en las áreas que han sido intervenidas debido a mejoras en donde se encuentran lámparas fluorescentes con balastro electrónico, aproximadamente el 90% de las luminarias pasan encendidas las 24 horas, a pesar de que en ciertas áreas existe buena iluminación natural durante las horas del día, pero se carece de sistemas de control que ayuden a optimizar el uso de este recurso, a continuación se dará un vistazo general al consumo de energía eléctrica registrado en el año 2013:

**Tabla 8:**  
**Consumo Energía Eléctrica HVCM año 2013.**

TRANSFORMADOR DE 75 KVA													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	2013
ACTIVA KWH	1977	1678	1799	1973	1949	1998	1982	1676	925	956	1189	1240	19342
	687	589	631	686	681	683	694	573	313	315	408	412	6672
	1486	1246	1361	1503	1359	1449	1476	1264	608	709	858	886	14205
TOTAL ACT K	4150	3513	3791	4162	3989	4130	4152	3513	1846	1980	2455	2538	40219
USD/KWH	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08
USD	\$ 318,31	\$ 269,45	\$ 290,77	\$ 319,23	\$ 305,96	\$ 316,77	\$ 318,46	\$ 269,45	\$ 141,59	\$ 151,87	\$ 188,30	\$ 194,66	\$ 3,084,80
REACTIVA	599	413	548	569	539	551	595	466	169	168	117	119	4853
TRANSFORMADOR DE 960 KVA													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	2013
ACTIVA KWH	56292	61696	55976	60725	60330	62970	62497	65226	61634	60346	63786	61211	732689
	17548	17905	16334	18424	18179	18837	18869	18880	18338	17929	18911	18358	218512
	34893	36002	32761	36710	35925	37413	36845	37547	36119	35072	35977	36084	431348
TOTAL ACT K	108733	115603	105071	115859	114434	119220	118211	121653	116091	113347	118674	115653	1382549
USD/KWH	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08	\$ 0,08
USD	\$ 8,339,82	\$ 8,866,75	\$ 8,058,95	\$ 8,886,39	\$ 8,777,09	\$ 9,144,17	\$ 9,066,78	\$ 9,330,79	\$ 8,904,18	\$ 8,693,71	\$ 9,102,30	\$ 8,870,59	\$ 106,041,51
REACTIVA	26614	28883	26370	28368	26841	27387	26851	24717	22413	22472	23904	23887	308707
TOTAL ACTIVA KWH	112883	119116	108862	120021	118423	123350	122363	125166	117937	115327	121129	118191	1422768
TOTAL GENERAL USD	\$ 8,658,13	\$ 9,136,20	\$ 8,349,72	\$ 9,205,61	\$ 9,083,04	\$ 9,460,95	\$ 9,385,24	\$ 9,600,23	\$ 9,045,77	\$ 8,845,58	\$ 9,290,59	\$ 9,065,25	\$ 109,126,31

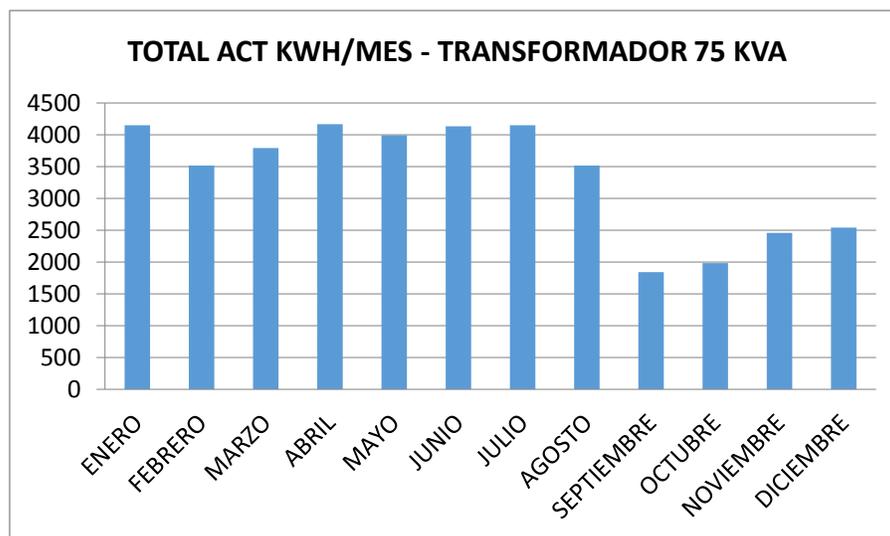


Figura 15: Variación del consumo Energía Eléctrica HVCM año 2013 (T. 75 KVA).

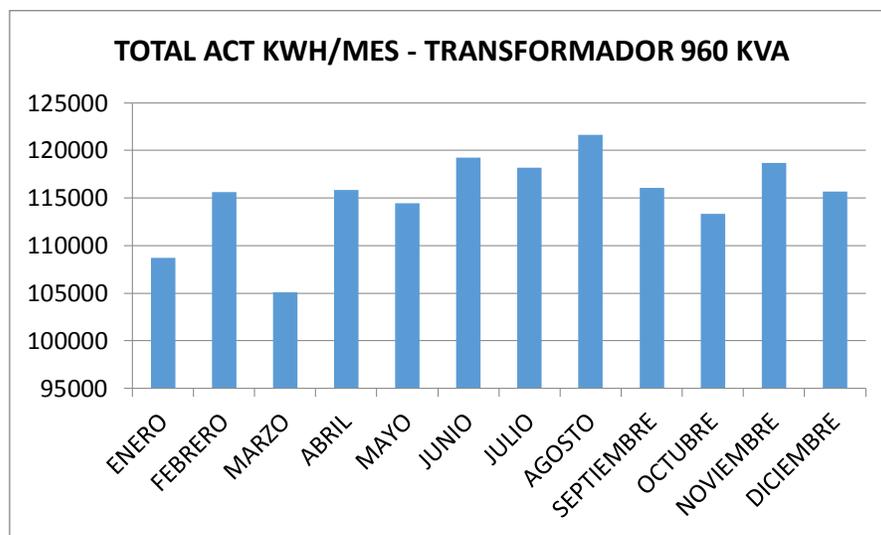


Figura 16: Variación del consumo Energía Eléctrica HVCM año 2013 (T. 960 KVA).

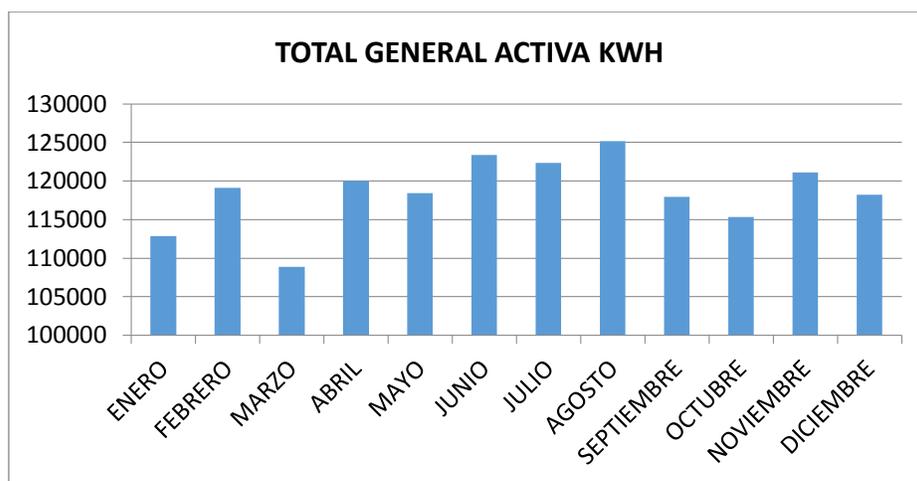


Figura 17: Variación del consumo general de Energía Eléctrica HVCM año 2013.

Colocando como referencia estadística del consumo energético por cama, y por día, según la información del año 2013, y considerando que el índice de ocupación del hospital en el mismo año fue de 95.3%, se puede estimar el siguiente consumo promedio:

- Promedio anual 2013:

$$\frac{E_E}{\text{año}} = 1422768 \frac{kWh}{\text{año}}$$

- Promedio diario 2013:

$$\frac{E_E}{\text{día}} = \frac{1422768 \frac{kWh}{\text{año}}}{365 \text{ días}}$$

$$\frac{E_E}{\text{día}} = 3897.99 \frac{kWh}{\text{día}}$$

- Promedio de consumo diario de energía por cama
- Número de camas en total son 290, sin embargo solo están operativas 250
- El porcentaje de ocupación en el 2013 fue de 95.3%
- El número de camas porcentualmente ocupadas fue de 238 camas

Con la información antes expuesta se procede a realizar el cálculo de energía consumida kWh/(cama/día), teniendo así:

$$\frac{E_E}{\text{cama}/\text{día}} = \frac{3897.99 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}}{238 \text{ camas}}$$

$$\frac{E_E}{\text{cama}/\text{día}} = 16.38 \frac{\text{kWh}}{\text{cama}/\text{día}}$$

- Promedio anual de consumo de energía por cama hospitalaria:

$$\frac{E_E}{\text{cama}/\text{año}} = 16.38 \frac{\text{kWh}}{\text{cama}/\text{día}} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}}$$

$$\frac{E_E}{\text{cama}/\text{año}} = 5.98 \frac{\text{MWh}}{\text{cama}/\text{año}}$$

- Promedio anual de consumo por metro cuadrado:

- Área del hospital = 22346.65 m<sup>2</sup>

$$\frac{E_E}{\text{m}^2/\text{año}} = 16.38 \frac{\text{kWh}}{\text{cama}/\text{día}} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} \times \frac{238 \text{ camas}}{22346.65 \text{ m}^2}$$

$$\frac{E_E}{\text{m}^2/\text{año}} = 63.68 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2/\text{año}}$$

Este promedio de energía consumida por cama y por día se lo debe comparar con estándares internacionales para conocer el nivel de eficiencia que representa el mismo, comparación que se la debe realizar teniendo muy en cuenta condiciones geográficas y meteorológicas de donde se encuentra ubicado el hospital o índice de referencia, el cual otorgará un plan de mejora en el aspecto energético para llegar a un uso óptimo de energía eléctrica.

Debe entenderse que esta medición contempla tanto iluminación y fuerza de manera global, ya que no existen equipos de medición específicos para cada una de estas áreas, por lo que se vuelve muy necesario realizar mediciones in

situ en los equipos eléctricos de potencia como son motores y bombas, ya que los mismos en su mayoría tienen varios años de operación y no han sido sometidos a mantenimientos rigurosos.

## 2.3.3.1.2 Levantamiento del sistema eléctrico

## 2.3.3.1.2.1 Equipo de Generación

CANT	ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	ESTADO	HORAS USO/DÍA	OBSERVACIONES	
1	Grupo Electrógeno	Tipo: Trifásico Potencia nominal: 200 KVA Marca: Selbstregelnder Generator. Motor: AK Voltaje: 220/127 V Corriente: 525 A	Regular.	Esporádico	Tiempo de operación aproximada 30 años. No presenta registro periódico de mantenimiento.	
1	Grupo Electrógeno STEMAC	Tipo: Trifásico Potencia nominal: 55 KVA Marca: NEWAGE Motor: MWM Voltaje: 220/127 V Corriente: 132 A	Regular.	Esporádico	Tiempo de operación aproximada 5 años. No presenta registro periódico de mantenimiento.	

## 2.3.3.1.2.2 Equipo de transformación y distribución

CANT	ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	ESTADO	HORAS USO/DÍA	OBSERVACIONES	
1	Transformador	Tipo: Trifásico Pot. nominal: 960 KVA Marca: ABB. Voltaje Primario: 6200 V Voltaje Secundario: 220/127 V	Regular.	24	Tiempo de operación aproximada 30 años. No presenta registro periódico de mantenimiento.	
1	Transformador	Tipo: Trifásico Pot. nominal: 75 KVA Marca: INATRA. Voltaje Primario: 22000 V Voltaje Secundario: 220/127 V	Bueno	24	Tiempo operación: 5 años. No presenta registro periódico de mantenimiento..	
1	Transformador	Tipo: Trifásico Pot. nominal: 100 KVA Marca: ECUATRAN. Voltaje Primario: 22000 V Voltaje Secundario: 220/127 V	Bueno	24	Tiempo operación: 10 años. No presenta registro periódico de mantenimiento.	
Ampliación de Estación de Transformación (No Operativa al momento)						
						
						
						
						

## 2.3.3.1.2.3 Tableros de distribución y equipamiento.

CANT	ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	ESTADO	HORAS USO/DIA	OBSERVACIONES	
1	Tablero de Distribución General y cableado		Malo	24	Distribución: Transformadores, Rayos X, Iluminación general, Emergencia, Transferencia, Casa de Máquinas, entre otros. Tiempo de operación: aproximada 30 años	  

CANT	ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	ESTADO	HORAS USO/DIA	OBSERVACIONES		
1	Tableros secundarios en general	Centros de cara de diferentes marcas, modelos y calidades.	Buenos, regulares y malos	y 24	Centros de control y protección de los diferentes circuitos.		
 		  		  		   	

CANT	ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	ESTADO	HORAS USO/DIA	OBSERVACIONES
1	Equipamiento en general	Iluminación y fuerza	Buenos, regulares y malos	Equipos en general	
					   

### **2.3.3.2 Sistema térmico.**

#### *2.3.3.2.1 Evaluación inicial*

El vapor es el fluido de trabajo utilizado por las áreas de cocina, lavandería, suministro central (esterilización de equipos) y calentamiento de agua. Según datos facilitados por el departamento de mantenimiento se tiene un consumo de 88125 galones de combustible (Diesel II) tipo industrial en el año 2013. Valor que ha sido registrado con las respectivas facturas, ya que el sistema no cuenta con un sistema de medición y registro para conocer exactamente la cantidad de combustible utilizado. El sistema de vapor fue reemplazado en el año 2009, el cual presenta un buen estado de su aislamiento térmico y mecánico, el cambio se lo realizó debido a que el anterior había cumplido con su vida útil, sin embargo el banco de distribución no fue cambiado y es el que presenta mayor deterioro, no posee aislamiento térmico ni mecánico, razón por la cual existen pérdidas considerables en este punto. Los tanques de condensado están deteriorados y ya no cumplen con su función de manera eficiente y es otro punto de fuga térmica. Con los datos que se dispone se ha obtenido un índice de consumo de energía térmica de 10.95 MWh/cama/año, considerando el detalle del sistema brevemente antes descrito, cabe mencionar que este consumo se podría disminuir hasta alcanzar estándares internacionales que oscilan entre los 4 - 6 MWh/cama/año. Relativamente el consumo del Hospital Vicente Corral Moscoso tiene una buena demanda, ya que un 95% de equipos de lavandería, cocina y suministro centra (autoclaves) utilizan vapor para su funcionamiento.

#### **Eficiencia Térmica de un Caldero**

El proceso de calcular la eficiencia comienza con la determinación, lo más precisa posible, de la cantidad de energía que entra al proceso. Para esto, es necesario conocer cuánto combustible se está quemando y su poder calorífico (PCB), es decir, cuantos joule se suministran por cada kilogramo o metro cúbico de combustible. (CONUEE (Consejo Nacional para el uso Eficiente de Energía, 2009)

La eficiencia de la caldera se mide en porcentaje y se la obtiene de la relación entre la energía que sale del caldero vs. energía que ingresa al caldero.

$$Eficiencia = e = \frac{Energía\ aprovechada}{Energía\ suministrada}$$

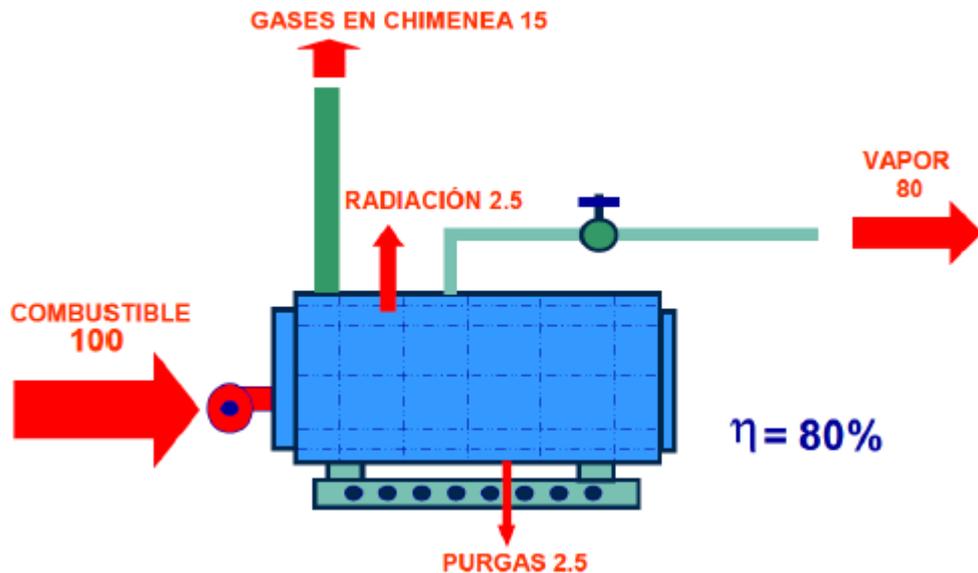


Figura 18: Esquema de eficiencia en un balance térmico. Fuente: CONUEE, 2009

Como regla general y de gran importancia para el aprovechamiento y eficiencia de sistemas térmicos, es que se debe regresar los condensados al sistema a la mayor temperatura posible, pero existe una razón por la que el condensado no puede regresar al tanque a una temperatura muy alta, ya que la misma produce cavitación en las bombas de alimentación hacia la caldera, en caso de que el retorno de condensados este a muy alta temperatura quiere decir que una o varias trampas de vapor no están operando de manera correcta, por eso la importancia de que en cada mantenimiento se realice una correcta revisión de las mismas. En los programas de mantenimiento preventivo, el número de trampas abiertas no debe superar el 5% del total.

Para el ingreso del agua a la caldera se debe calentar la misma hasta su punto de ebullición con el objetivo de eliminar oxígeno y dióxido de carbono que pueden causar corrosión y daño a las tuberías del caldero, por

ello es importante que la calidad del vapor sea 1 (100% vapor sobrecalentado).

Como regla general se tiene que por cada 6°C de temperatura que se debe añadir al agua de alimentación, se reduce la eficiencia del sistema en un 1%. (Ministero de Energía y Minas, 2004)

### Pérdidas de energía

Mediante los mecanismos de radiación y convección es por donde se producen las pérdidas de energía calorífica hacia el medio ambiente.

### Estimación de pérdidas en energía térmica

A continuación en base a diferentes estudios realizados se estimará la cantidad de energía térmica consumida por los procesos de utilizan energía térmica.

La elaboración de un diagrama de flujo de energía térmica facilitará la identificación de los flujos asociados con cada uno de sus usos. El presente diagrama de flujo muestra de manera global todos los flujos existentes en el hospital.

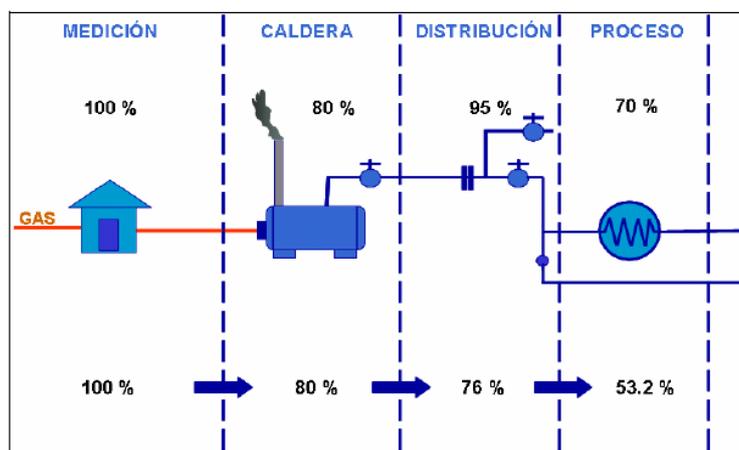


Figura 19: Ejemplo de diagrama general del flujo de energía térmica. Fuente: (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía), 2007)

A continuación se muestra el diagrama específico de los flujos de energía de una caldera.

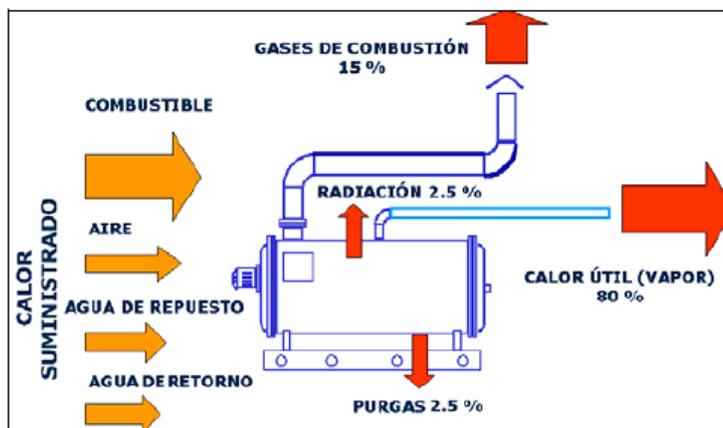


Figura 20: Diagrama de los flujos de energía en una caldera. Fuente: (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía), 2007)

Como principio básico conocemos que la cantidad de energía que sale del sistema debe ser igual a la que entra al mismo. Cuando se conoce la distribución del sistema, así como la dirección de los flujos, es posible detectar oportunidades de recuperación de energía y reducción del consumo.

### ***Identificación del tipo de flujo de energía***

La siguiente tabla nos permite identificar de manera general los flujos de salida de energía térmica en el HVCM, los cuales nos podrán conducir a la detección de ineficiencias y por ende oportunidades de mejorar su eficiencia.

**Tabla 9:**

#### **Identificación de flujo de energía**

TIPO DE FLUJO DE ENERGÍA	EJEMPLO	EQUIPO / FUNCIÓN
Pérdidas de calor en tuberías	Líneas de vapor	Tuberías de vapor y de agua caliente, cualquier tubería caliente
Pérdidas en tanques de calentamiento	Tanques de líquido caliente	Tanques de almacenamiento y de proceso

A continuación se muestra una tabla y dos graficas donde se puede apreciar el consumo mensual y el gasto económico que representa el combustible:

Tabla 10:  
Consumo Diesel II HVCM año 2013.

DIESEL II													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	2013
<b>GALONES</b>	7545	6930	7675	7230	7445	7375	7930	7240	6950	7350	7100	7355	88125
<b>USD/GALON</b>	\$ 0,92	\$ 0,92	\$ 0,92	\$ 0,92	\$ 0,92	\$ 0,92	\$ 0,92	\$ 0,92	\$ 0,92	\$ 0,92	\$ 0,92	\$ 0,92	\$ 0,92
<b>USD</b>	\$ 6.931,59	\$ 6.366,59	\$ 7.051,02	\$ 6.642,20	\$ 6.839,72	\$ 6.775,41	\$ 7.285,29	\$ 6.651,39	\$ 6.384,97	\$ 6.752,45	\$ 6.522,77	\$ 6.757,04	\$ 80.960,44

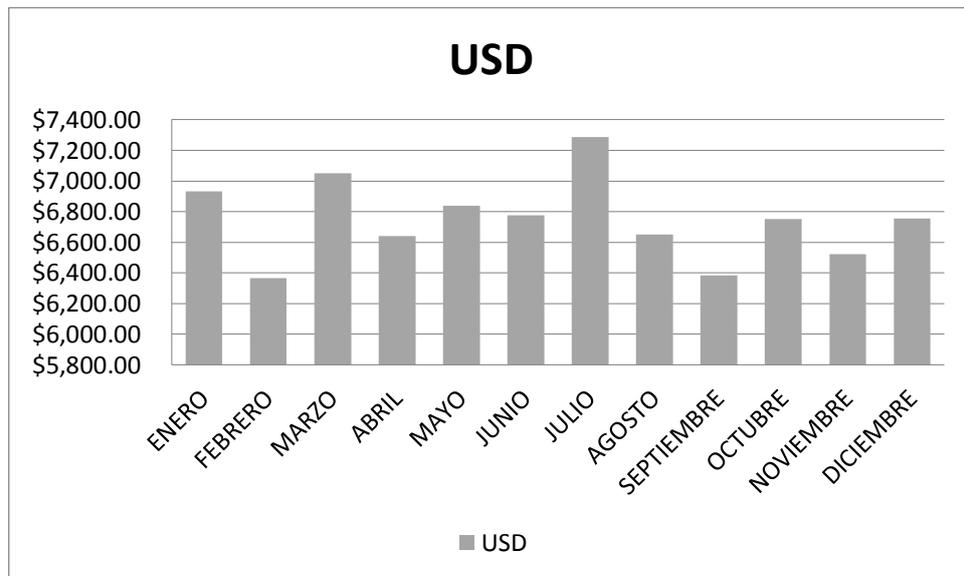
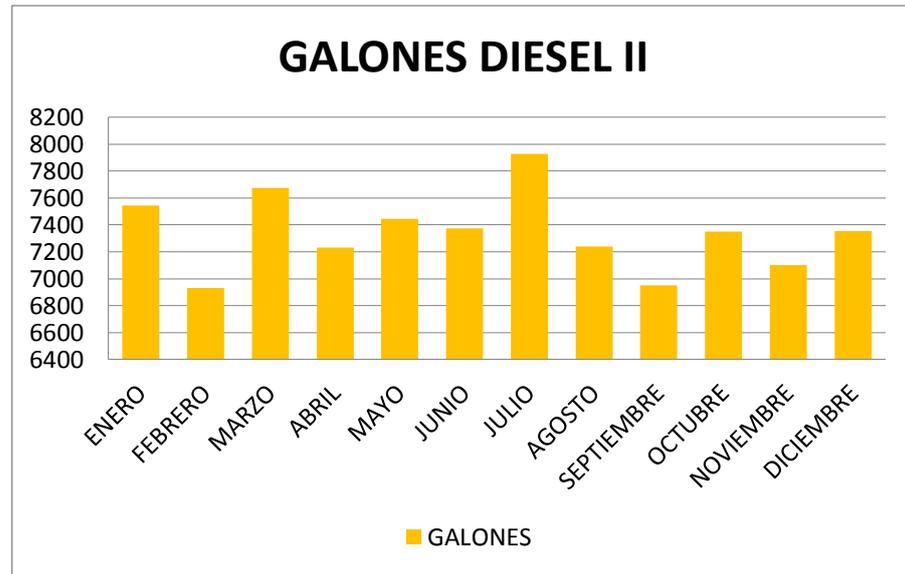


Figura 21: Variación del consumo Energía Térmica HVCM año 2013.

### 2.3.3.2.2 Balance Térmico Situación Actual

Para realizar el balance del sistema térmico, se necesitó la colaboración de los operadores de la caldera, quienes de acuerdo a su registro de datos que deben ir tomando para verificar que el sistema opere correctamente, facilitaron la información de campo que se indica a continuación.

<b>td</b>	↑	Temperatura tapa delantera
<b>tp</b>	↑	Temperatura tapa posterior
<b>d</b>	↑	Temperatura domo
<b>c</b>	↑	Temperatura condensado
		Presión (Bar)

Medición de temperatura en la caldera					
Hora	ttd	ttp	td	tc	P. (bar)
5:00	52,3	83,6	38,9	58,0	0,0
6:00	73,0	118,1	44,7	55,1	6,7
7:00	79,7	129,0	43,9	89,3	5,9
8:00	109,1	156,5	49,9	96,8	4,1
9:00	111,3	159,6	50,9	98,8	4,1
10:00	118,2	161,2	51,4	96,7	4,1
11:00	119,0	160,0	53,0	97,6	4,1
12:00	119,6	157,6	53,5	97,8	4,2
13:00	101,0	159,1	54,5	98,5	4,1
14:00	99,8	162,2	55,6	98,0	4,1
15:00	101,9	179,2	54,1	98,5	5,0
16:00	97,7	165,9	55,6	95,6	5,0
17:00	96,0	133,2	53,9	93,5	4,0
PROM	98,3	148,1	50,8	90,3	4,3

**Tabla 11:**

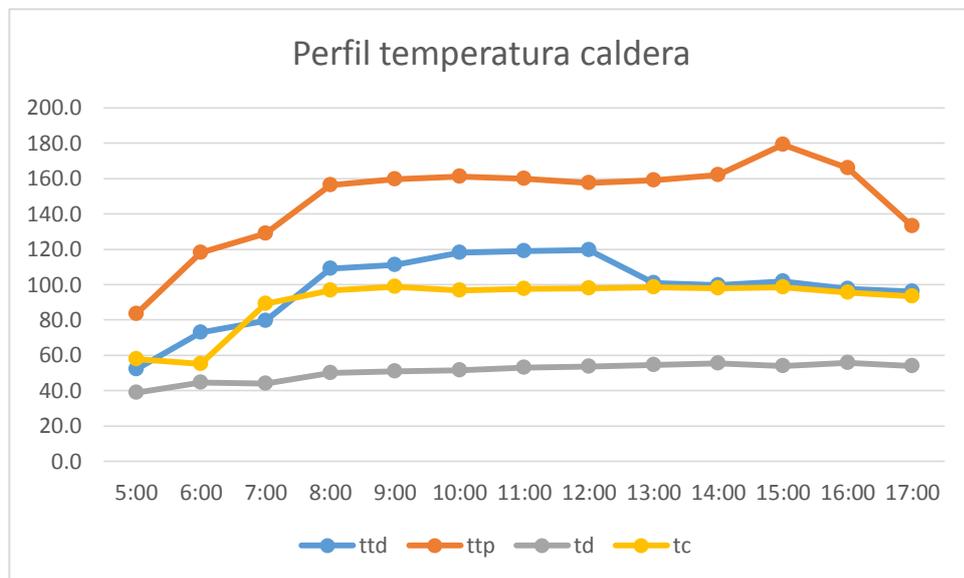
**Medición de temperatura en la caldera. Fuente: HVCM**

**Tabla 12:**  
**Longitud equivalente del sistema de vapor de Nutrición y Lavavajillas.**

Lavandería Nutrición y Lavavajillas				
Tubería		Accesorios		
Diámetro (pulg)	Longitud (m)	Codos	Neplos	Tee
3"	151,95	27	21	22

**Tabla 13:**  
**Longitud equivalente del sistema de vapor de Nutrición y Lavavajillas.**

Suministro Central (Esterilización)				
Tubería		Accesorios		
Diámetro	Longitud	Codos	Neplos	Tee
2"	169,17	30	23	9



**Figura 22: Perfil de temperatura de operación de la caldera.**

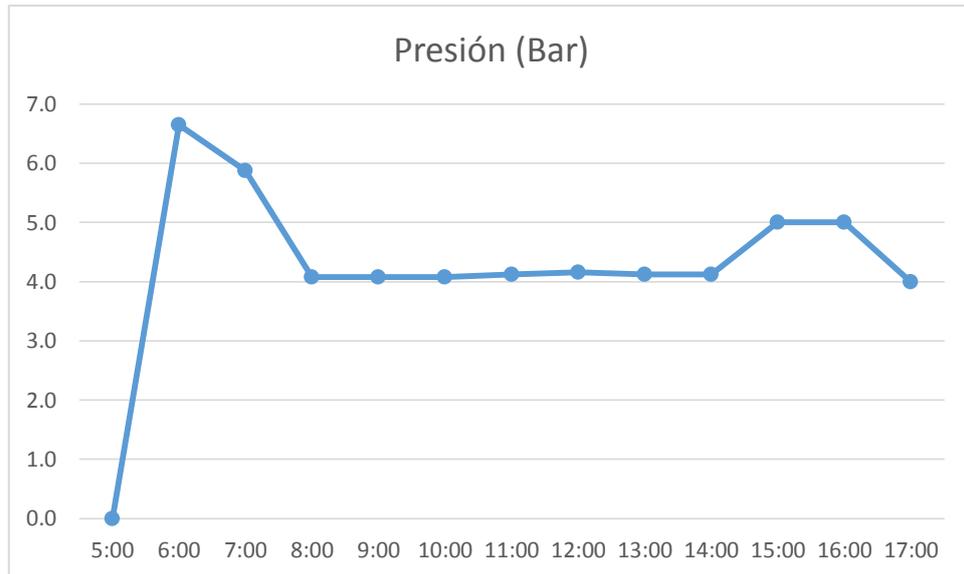


Figura 23: Perfil de presiones de operación de la caldera.

Cálculo de índice de consumo térmico:

- Eficiencia medida del caldero a través del método de análisis de gases de combustión: 76%
- Consumo mensual promedio de combustible mensual global: 7343.75 galones.
- Consumo anual (2013) de combustible: 88125 galones
- Poder calorífico del diesel tipo II:  $PC = 43.10 \frac{MJ}{Kg}$ .
- Densidad del diésel tipo II:  $\rho = 832 \frac{Kg}{m^3}$

$$e = \frac{Q_{vapor}}{Q_{combustible}} \quad [Ecuación 2.1]$$

Donde:

$e$  = eficiencia de combustión.

$Q_{vapor}$  = Cantidad de vapor generada

$Q_{combustible}$  = Cantidad de combustible consumida

$$Q_{combustible} = mxPC \quad [Ecuación 2.2]$$

Donde:

$m = \text{masa de combustible}$

$PC = \text{Poder calorífico del combustible}$

$$m = \rho * V \quad [\text{Ecuación 2.3}]$$

- Conversión de unidades:

m <sup>3</sup>	gl
1	264,2
MJ	KWH
1	0,2727

De la ecuación 2.3

$$m = \rho * V = 832 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 333.6 \frac{\text{m}^3}{\text{año}} = 277555.2 \frac{\text{Kg}}{\text{año}}$$

De la ecuación 2.2

$$\begin{aligned} Q_{\text{combustible}} &= 277555.2 \frac{\text{Kg}}{\text{año}} * 43.10 \frac{\text{MJ}}{\text{Kg}} \\ &= 11962629.1 \frac{\text{MJ}}{\text{año}} \end{aligned}$$

De la ecuación 2.1

$$Q_{\text{vapor}} = e Q_{\text{combustible}}$$

$$Q_{\text{vapor}} = 0.76 * 11962629.1 \frac{\text{MJ}}{\text{año}} = 9091598.1 \frac{\text{MJ}}{\text{año}}$$

$$Q_{\text{vapor}} = 2479278.8 \frac{\text{KWh}}{\text{año}} = 2479.27 \frac{\text{MWh}}{\text{año}}$$

Num. Camas	250
% ocupación 2013	95,3%
No. camas ocupadas	238

$$E_T = \frac{Q_{\text{vapor}}}{\text{Numero camas} * \% \text{ocupación}} \quad [\text{Ecuación 2.4}]$$

Por lo tanto la energía térmica por cama y por año es:

$$E_T (\text{caldero}) = \frac{2479.27 \frac{\text{MWh}}{\text{año}}}{250 * 95.3\%} = 10.41 \frac{\text{MWh}}{\text{cama}} / \text{año}$$

$$\frac{E_T(\text{caldero})}{\text{m}^2/\text{año}} = 10.41 \frac{\text{MWh}}{\text{cama}/\text{año}} \times \frac{238 \text{ camas}}{22346.65 \text{ m}^2} \times \frac{1000 \text{ kWh}}{\text{MWh}}$$

$$\frac{E_T(\text{caldero})}{\text{m}^2/\text{año}} = 110.94 \frac{\text{KWh}}{\text{m}^2}/\text{año}$$

Con este cálculo preliminar de la energía emitida desde el caldero y basándonos en el proceso según indica la figura 6, el caldero tiene una eficiencia del 80%, es sistema de distribución un 95% y en los diferentes procesos de uso una eficiencia alrededor del 70% según análisis realizados por parte del HVCM en el periodo de estudio, se contabilizó el número de accesorios y la longitud total de la tubería tal como se indican en las tablas 12 y 13, en donde de igual manera según datos del personal del HVCM se obtiene un promedio de pérdidas de 3%, la cual es bastante aceptable y concuerda con el estado bueno en el que se encuentran las tuberías y su aislamiento, de igual manera el HVCM indicó que en el año se obtuvo alrededor del 83.9% durante el proceso y equipos según datos de fabricante y del HVCM.

$$E_T(\text{caldero}) = \frac{2479.27 \frac{\text{MWh}}{\text{año}}}{250 \times 95.3\%} = 10.41 \frac{\text{MWh}}{\text{cama}}/\text{año}$$

$$E_T(\text{distribución}) = 10.41 \frac{\text{MWh}}{\text{cama}}/\text{año} * 0.025 = 0.26 \frac{\text{MWh}}{\text{cama}}/\text{año}$$

$$E_T(\text{distribución}) = 10.41 + 0.26 = 10.67 \frac{\text{MWh}}{\text{cama}}/\text{año}$$

$$E_T(\text{proceso}) = E_T(\text{distribución}) * 0.839$$

$$E_T(\text{proceso}) = 10.67 \frac{\text{MWh}}{\text{cama}}/\text{año} * 0.839 = 8.95 \frac{\text{MWh}}{\text{cama}}/\text{año}$$

$$E_T(\text{global}) = E_T(\text{caldero}) + E_T(\text{distribución}) + E_T(\text{proceso})$$

$$E_T(\text{global}) = 10.67 \frac{\text{MWh}}{\text{cama}}/\text{año} + 0.26 \frac{\text{MWh}}{\text{cama}}/\text{año} + 8.95 \frac{\text{MWh}}{\text{cama}}/\text{año}$$

$$E_T(\text{global}) = 19.88 \frac{\text{MWh}}{\text{cama}}/\text{año}$$

$$\frac{E_T(global)}{m^2/año} = 19.89 \frac{MWh}{cama/año} \times \frac{238 camas}{22346.65 m^2} \times \frac{1000kWh}{MWh}$$

$$\frac{E_T(global)}{m^2/año} = 211.73 \frac{KWh}{m^2/año}$$

2.3.3.2.2.1 Cálculo de la masa diaria de combustible que se está consumiendo diariamente.

Consumo promedio= 7343.75 gal/mes= 244.79 gal/día=0.9265 m<sup>3</sup>/día.

$$m_{combustible} = V * \rho = 0.9265 m^3 * 832 \frac{Kg}{m^3} = 770.87 \frac{Kg}{día}$$

La siguiente tabla corresponde al consumo de vapor requerido del Hospital de acuerdo a su equipamiento:

**Tabla 14:**  
**Listado de equipos que emplean vapor. Fuente: HVCM**

PISO	DEPARTAMENTO	NOM. DE EQUIPO	MODELO	CANTIDAD	CONSUMO KG/HR	HORAS DE USO DIARIO	CONSUMO DIARIO	% EFICIENCIA EQUIPOS
0 PLANTA BAJA	SUMINISTRO	AUTOCLAVE	TIPO 1	2	35	6	210	86
0 PLANTA BAJA	SUMINISTRO	AUTOCLAVE	TIPO 2	2	40	6	240	85
-1 SUBSUELO	COCINA	MARMITA DE VAPOR CENTRAL		1	160	7	1015	82
-1 SUBSUELO	COCINA	HORNO DE VEGETALES		1	25	4	45	82
-1 SUBSUELO	COCINA	HORNO DE COCCION		1	24	4	96	83
-1 SUBSUELO	LAVANDERIA	LAVADORA DE ROPA		2	32	8	256	85
-1 SUBSUELO	LAVANDERIA	SECADORA DE ROPA	TIPO 1	2	60	6	360	83
-1 SUBSUELO	LAVANDERIA	SECADORA DE ROPA	TIPO 2	1	50	5	250	84
-1 SUBSUELO	LAVANDERIA	PLANCHADORA DE ROPA (FUERA DE SERVICIO)		1	65		0	80
-1 SUBSUELO	CUARTO DE MAQUINAS	TANQUE DE AGUA CALIENTE		1	90	12	1080	82
-1 SUBSUELO	CUARTO DE MAQUINAS	DESTILADOR DE AGUA		1	30	0,2 5	7,5	83
-1 SUBSUELO	COCINA	MARMITA DE VAPOR CENTRAL		1	145	7	1015	85
-1 SUBSUELO	COCINA	HORNO DE VEGETALES		1	15	3	45	85
							4619,5	83.9

De acuerdo a los datos facilitados por el Departamento de Mantenimiento del HVCM se registra un requerimiento diario de vapor de 4619.50 Kg vapor.

Cálculo de Q necesario para llevar 4619.50 Kg hasta el punto de ebullición a 1 bar de presión:

$$Q = m \times Cp \times \Delta T \quad [\text{Ecuación 2.5}]$$

$Q = \text{cantidad de calor}$

$m = \text{masa de agua}$

$Cp = \text{capacidad calorífica específica a presión constante}$

$\Delta T = \text{diferencial de temperatura}$

El tanque de condensado registra una temperatura de 82°C.

$$Q = 4619.5 \text{ Kg} \times 4.2 \frac{\text{KJ}}{\text{KgK}} \times (92 - 82) = 194.019 \text{ MJ}$$

La presión del vapor de agua es de 4 bares, con la que opera en condiciones normales el caldero). De tablas termodinámicas con presión P=4bar. (Cengel, Y., 2003) (Cengel, Y., 2007) (Cengel, Y., 2009)

$$T = 143.6^\circ\text{C};$$

$$\Delta hv = 2738.6 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}$$

$$Q = m \times \Delta hv \quad [\text{Ecuación 2.6}]$$

Donde

$\Delta hv = \text{diferencial de entalpia de vapor}$

Por lo tanto, sustituyendo los valores de la ecuación 2.6, tenemos:

$$Q = 4619.5 \text{ Kg} * 2738.6 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} = 12650.96 \text{ MJ}$$

$$Q \text{ total} = Q \text{ latente} + Q \text{ sensible} \quad [\text{Ecuación 2.7}]$$

$$Q \text{ total} = 194.019 \text{ MJ} + 12650.96 \text{ MJ} = 12844.98 \text{ MJ}$$

Calculo de la masa de combustible necesaria para generar 12844.98 MJ

Del apartado anterior tenemos que la eficiencia del sistema térmico de 57.9%.

Cantidad de calor demandado  $Q_{total} = Q_{demandado} = 12844.98MJ$

$$e = \frac{Q_{vapor}}{Q_{combustible}} \quad [\text{Ecuación 2.8}]$$

Donde

$e = \text{eficiencia de la combustión}$

$Q_{vapor} = \text{cantidad de calor de vapor}$

$Q_{combustible} = \text{cantidad de calor del combustible}$

De la ecuación 2.8 se tiene

$$Q_{combustible} = \frac{Q_{vapor}}{e}$$

$$Q_{combustible} = \frac{12844.98 \frac{MJ}{\text{día}}}{0.579} = 22184.76 \frac{MJ}{\text{día}} * 365 \text{ días} = 8097439.9 \frac{MJ}{\text{año}}$$

$$mc = \frac{Q_{combustible}}{PC} = \frac{22184.76 \frac{MJ}{\text{día}}}{43.10 \left( \frac{MJ}{kg} \right)} = 514.7 \frac{kg}{\text{día}}$$

$$V_c = \frac{mc}{\rho_c} = \frac{451.55 \frac{kg}{\text{día}}}{832 \frac{kg}{m^3}} = 0.618 \frac{m^3}{\text{día}}$$

$$V_c = 163.45 \frac{gal}{\text{día}} \text{ para producir energía térmica.}$$

El porcentaje de diésel tipo II destinado para producción de energía térmica es del 66% del consumo global.

$$\begin{aligned} Q_{combustible} &= 8097439.9 \frac{MJ}{\text{año}} * \frac{1(kWh)}{3.6MJ} = 2249288.86 \frac{kWh}{\text{año}} \\ &= 2249.28 \frac{MWh}{\text{año}} \end{aligned}$$

- El porcentaje de ocupación en el 2013 fue de 95.3%

- El número de camas porcentualmente ocupadas fue de 238 camas

$$ET = \frac{Q_{combustible}}{\# \text{ de camas} * \% \text{ ocupación}}$$

$$ET = \frac{2249.28 \frac{MWh}{año}}{250 * 0.953}$$

Se obtiene una energía térmica de:

$$ET = 9.45 \frac{Mwh}{cama} / año$$

Para un área de 22346.65 m<sup>2</sup>, se obtiene:

$$ET = 9.45 \frac{MWh}{cama/año} \times \frac{238 \text{ camas}}{22346.65 \text{ m}^2} \times \frac{1000kWh}{MWh}$$

$$ET = 100.65 \frac{KWh}{m^2} / año$$

## 2.3.3.2.3 Levantamiento del sistema de vapor

## Equipo de Generación

CANT	ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	ESTADO	HORAS USO/DIA	OBSERVACIONES
1	Caldera de vapor	Tipo: Piro tubular. Potencia: 250Hp Max W.P: 200Lbs Capacidad: 8375000 Max consumo: 60 GPH Marca: Eclipse. Combustible: Diesel II industrial	Regular	De respaldo	Tiempo de operación aproximadamente 35 años. Fabricado en 1969.
1	Caldera de vapor	Tipo: Piro tubular. Capacidad: 6277000BTU/HR Consumo: 45 gph Marca: Cleaver Brooks. Combustible: Diesel II industrial	Regular	12	Tiempo de operación aproximadamente 25 años. Fabricado en 1986
1	Caldera de vapor	Tipo: Piro tubular. Max consumo: 74.5 GPH Capacidad: 140000 BTU/GAL Cap. Max. Vapor: 9625 LB/HR Marca: York Shipley Global. Combustible: Diesel II industrial	Bueno	12	Tiempo de operación aproximadamente 5 años. Fabricado en 2008.

## 2.3.3.2.4 Levantamiento del sistema de bombeo de agua

CANT	ELEMENTO	CARACTERISTICAS TECNICAS	ESTADO	HORAS USO/DIA	OBSERVACIONES
1	Sistema de Bombeo	Tipo: centrífugas. Potencia eléctrica: 7.5 Hp. Marca: GE Rev: 3495 RPM.	Bueno	12	Tiempo de operación aproximadamente 15 años.
1	Sistema de Bombeo	Tipo: centrífuga. Potencia eléctrica: 25 Hp. Marca: Baldor Rev: 3500 rpm. Eficiencia: 88.5% FP: 0.88	Bueno	12	Tiempo de operación aproximadamente 10 años.
1	Sistema de Bombeo	Tipo: centrífuga. Potencia eléctrica: 10 Hp. Marca: Baldor Rev: 3450 rpm. Eficiencia: 82.5% FP: 0.9	Bueno	12	Tiempo de operación aproximadamente 10 años.
1	Sistema de Bombeo	Tipo: centrífuga. Potencia eléctrica: 25 Hp. Marca: Baldor Rev: 3500 rpm. Eficiencia: 88.5% FP: 0.88	Bueno	12	Tiempo de operación aproximadamente 10 años.



Cuarto de calderos, tanques de condensado y sistema de distribución, se debe considerar que ciertas partes del sistema de vapor y agua caliente fueron sustituidas en el año 2009, sin embargo aún existen equipos antiguos como bien se pueden observar en las fotografías abajo expuestas. Todos los equipos que operan con vapor tanto en el área de cocina, lavandería y suministro central tienen una operación promedio de 12 horas diarias.



### **2.3.3.3 Sistema de vacío y aire comprimido.**

El sistema de vacío y aire comprimido cuenta con sistemas de respaldo, y sus equipos tienen el nombre de bomba dúplex de vacío y compresor dúplex para aire comprimido. La central de vacío y aire comprimido suministra a todas las áreas del hospital que necesitan, principalmente podemos mencionar las siguientes: quirófanos, emergencia, infectología, UCI adultos, UCI pediatría, centro obstétrico. El sistema no posee ningún instrumento de medición por lo que se desconoce completamente el consumo global y por ende sus horas de operación.



**Imagen 1: Sistema de vacío**



Imagen 2: Sistema de aire comprimido

#### **2.3.3.4 Sistemas de gases medicinales.**

En el sistema de gases medicinales se cuenta con oxígeno, CO<sub>2</sub>, óxido nitroso, los cuales se encuentran instalados en una central y distribuyen hacia las diferentes áreas que necesiten de los mismos. El tanque criogénico de O<sub>2</sub> tiene una capacidad de 2923 litros, de manera global el sistema de gases medicinales no representa un consumo energético considerable.



Imagen 3: Central de gases medicinales



Imagen 4: Tanque Criogénico de O2

### **2.3.3.5 Sistema de agua potable y residual.**

Según Normativas Internacionales un Centro Hospitalario y Centros de Salud deben contar con un suministro de agua potable durante todo el tiempo, con la fiabilidad necesaria y con la calidad requerida para su consumo seguro. A su vez es de obligatoriedad contar con la implementación de sistemas de agua potable de emergencia, tales como cisternas de almacenamiento de capacidad adecuada para abastecer del suministro aún en condiciones desfavorables dando prioridad a las áreas críticas.

Dependiendo de la calidad de agua potable suministrado por la red pública, de ser el caso se implementará sistemas adicionales para cumplir con la calidad necesaria.

Las exigencias de calidad de agua de ciertos equipos para su utilización, requiere de procedimientos específicos para la obtención de los parámetros de calidad seguros para su aplicación. Procedimientos extra

como ablandamiento, clorificación, filtrado, ósmosis inversa y esterilización por luz ultravioleta son muy comunes en el ámbito hospitalario.

En relación al tratamiento de aguas residuales, se conoce el elevado nivel de contaminación y de riesgo que representan las aguas residuales hospitalarias pudiendo causar daños a terceros con enfermedades biológicas, bacterianas, entre otras.

Por lo que se debe dar estricto cumplimiento a las normas de seguridad y salud ocupacional haciendo imprescindible realizar el tratamiento previo de estos desechos antes de su disposición final en la red de agua sanitaria local. El Hospital debe disponer de un sistema de tratamiento de agua residual mediante métodos físicos y químicos que neutralicen los potenciales contaminantes antes de incorporarse a la red pública.

#### 2.3.3.5.1 Consumo Histórico de Agua Potable 2013

La información presentada a continuación fue facilitada por el Hospital Vicente Corral Moscoso y validada de acuerdo a los registros históricos de ETAPA EP.

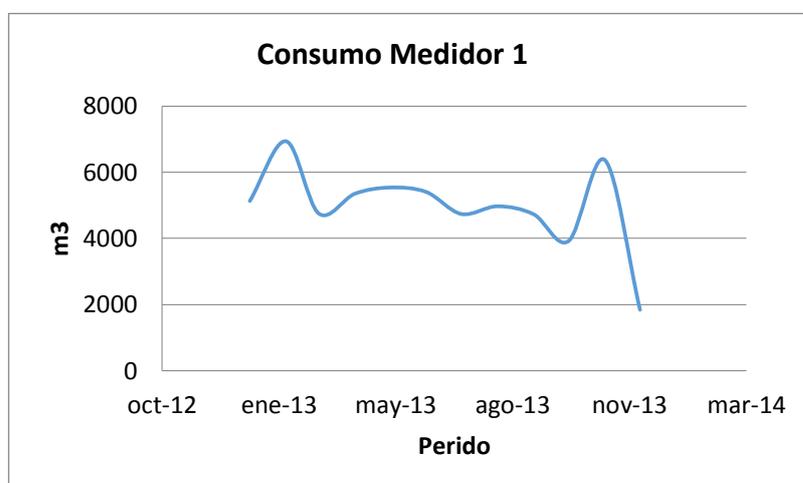


Figura 24: Consumo Agua Potable Medidor 1.

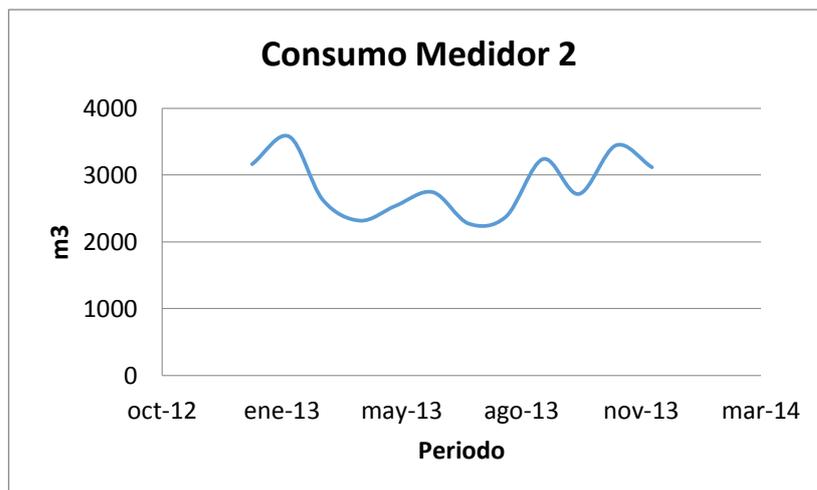


Figura 25: Consumo de Agua Potable Medidor 2.

De acuerdo a los registros el consumo global del Hospital Vicente Corral Moscoso fue de 93846 m<sup>3</sup> en el año 2013.

#### 2.3.3.6 Otros Sistemas

El hospital cuenta con algunos sistemas adicionales que energéticamente no son representativos, entre los que podemos mencionar, telefonía, audio, extracción de aire, climatización, de los cuales los dos últimos están fuera de servicio y existen equipos puntuales para realizar estas funciones y operan esporádicamente.

#### 2.4 Selección de los sistemas potencialmente gestionables.

Luego de realizar un análisis general del comportamiento y la composición de la matriz energética del hospital Vicente Corral Moscoso, se puede decir con certeza que los sistemas energéticos potencialmente gestionables son el eléctrico y térmico, los cuales a simple vista se presentan como los sistemas de mayor incidencia en el consumo energético y debido a esta razón son los que necesitan de una gestión energética para mejorar su rendimiento, y por ende la economía del hospital siempre enfocados al servicio del público en general y al cuidado del medio ambiente con la aplicación de eficiencia energética e implementación de energía renovable en los casos que sean posibles.

### 2.4.1 Cálculo de índices de desempeño energético.

Los índices de desempeño energético hospitalario miden el consumo de energía por paciente o por cama hospitalaria (MWh/cama/año), y el consumo de energía por área de construcción (kWh/m<sup>2</sup>/año). Para poder realizar un análisis comparativo de los indicadores energéticos entre hospitales hay que considerar los siguientes factores ya que estos son de gran influencia mucho sobre los mismos:

- El tamaño del hospital, en superficie; así como en número de camas.
- Las funciones realizadas en el edificio, según se trate de un hospital básico, general, de especialidades.
- La ubicación del hospital, que determinará las condiciones climáticas.
- Los servicios complementarios que posee el hospital como la lavandería, la cocina, la zona de esterilización.
- Los recursos energéticos de los que se dispone, tanto propios como exteriores: electricidad, diésel.

Para el cálculo de los índices de desempeño energético en el sistema eléctrico y térmico se va a tomar en cuenta los cálculos desarrollados al inicio del presente estudio, para poder compararlos con estándares internacionales con la finalidad de determinar los potenciales sistemas gestionables, de manera que se pueda evidenciar la mejoría de la propuesta de eficiencia energética que esta tesis persigue.

Realizando una comparación con indicadores de desempeño energético hospitalario a nivel internacional e ingresando con los datos del índice de consumo eléctrico que actualmente maneja el hospital, se tiene lo siguiente:

$$E_T = 9.45 \frac{MWh}{cama} / año \qquad E_E = 5.98 \frac{MWh}{cama} / año$$

$$E_T = 100.65 \frac{kWh}{m^2} / año \qquad E_E = 63.68 \frac{kWh}{m^2} / año$$

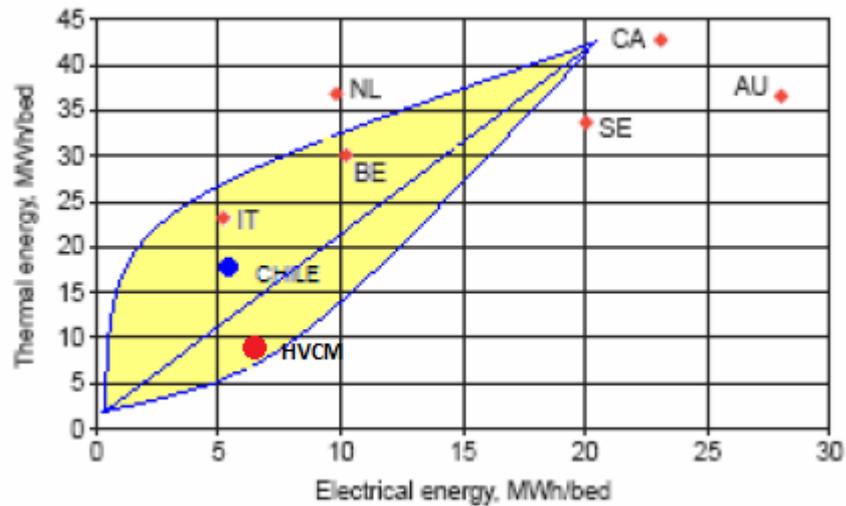


Figura 26: Indicadores consumo energético 2013 por cama. Fuente: (CADET, 1997)

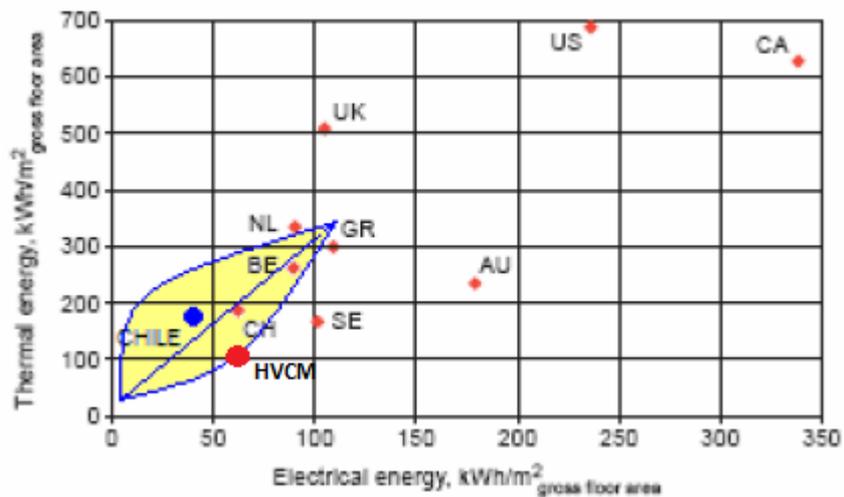


Figura 27: Indicadores consumo energético anual actual por área de superficie. Fuente: (CADET, 1997)

El siguiente caso presenta los índices que debería tener el hospital según la cantidad de energía requerida global requerida.

$$ET = 9.45 \frac{Mwh}{cama} / año$$

$$ET = 100.65 \frac{KWh}{m^2} / año$$

## 2.4.2 Análisis de Calidad de Energía Eléctrica

Para indicar el consumo real se hicieron diversas mediciones en los parámetros de calidad de Energía y consecuentemente una toma de carga.

La calidad de energía es la ausencia de interrupciones, sobretensiones, caídas de tensión, deformaciones producidas por armónicos

en la red y variaciones de voltaje en la señal eléctrica suministrada al usuario.

Esta calidad de energía se ha visto afectada por el incremento del número de cargas sensibles en los sistemas eléctricos, las mismas que son las llamadas cargas perturbadoras, de características normalmente no lineales.

Hay muchas causas naturales o errores humanos que pueden producir deficiencias en la Calidad: Unas son las Interferencias Electromagnéticas debidas a rayos o a las mismas características no lineales de los modernos equipos basados en microelectrónica y las otras son las interrupciones del servicio, o mejor conocidos en el lenguaje popular como apagones que pueden deberse a sobrecargas en las redes de distribución, animales, caídas de árboles, rayos. Los efectos son variados: desde pérdidas de alimentos congelados en un pequeño caserío o en una industria pesquera, pérdidas millonarias en un proceso de manufactura, o degradación, mal funcionamiento o falla de dispositivos, equipos o sistemas basados en microelectrónica como computadores, teléfonos, fax, televisores, equipos de comunicación, equipos de control, etc.

A pesar del vertiginoso avance de la electrónica en las últimas décadas, la ciencia y la tecnología modernas no han logrado diseñar y construir equipos y dispositivos electrónicos que sean Compatibles Electromagnéticamente, es decir, que tengan la capacidad de operar satisfactoriamente dentro de un ambiente electromagnético. Operar satisfactoriamente significa no interferir en otros equipos o dispositivos eléctricos o electrónicos y, en caso de ser interferido, no se degraden o fallen.

Una de las consecuencias más notorias de una mala calidad de energía eléctrica es la presencia de distorsiones armónicas fuera de tolerancias aceptables, lo que conlleva a fallas en las máquinas electrónicas y otros equipos sensibles de industrias u oficinas. Por esto es imprescindible un estudio de calidad que nos informe el estado actual de nuestros circuitos

eléctricos, y con esto poder dar las soluciones que nos permitan evitar las fallas de estos equipos.

#### **2.4.2.1 Objetivo de la Calidad de Energía**

El análisis se enfoca principalmente a los parámetros mayormente influyentes en el correcto funcionamiento de los equipos instalados en el Hospital. En cuanto a perturbaciones se consideran: armónicos de tensión y corriente, así como niveles de severidad de flicker o parpadeo luminoso.

Las mediciones son evaluadas en intervalos de medición de 10 minutos. Estas mediciones serán presentadas en parámetros medidos vs. Tiempo en tablas numéricas, así como en forma de gráficos.

#### **2.4.2.2 Definiciones de Perturbaciones**

- **FLICKER:** Se refiere a las fluctuaciones en el nivel de voltaje. Estas son debidas a la conexión de cargas cíclicas como hornos eléctricos o por oscilaciones subarmónicas (subarmónicas se refiere a señales de frecuencia menor a la fundamental). Por lo general este efecto se observa fácilmente en el cambio de intensidad bajo y alto de lámparas y ruido acelerado y desacelerado de motores.
- **ARMÓNICOS:** Las perturbaciones más importantes que afectan a la forma de onda son los armónicos. Se trata de perturbaciones de frecuencia relativamente baja. Sus efectos se dejan sentir por lo general hasta un máximo de 2500 Hz y suelen ser responsables de sobrecalentamiento de transformadores y líneas de distribución, originan corrientes y pérdidas elevadas en el neutro de algunas instalaciones, disparos por sobrecorriente de algunas protecciones, disparo de relés diferenciales, etc. No obstante, a pesar de lo que a veces se afirma, rara vez son la causa de fallos intempestivos tales como “reset” de equipos electrónicos, autómatas, etc. Estos últimos suelen ser debidos a fenómenos EMI de más alta frecuencia.
- **EVENTOS:** Es cualquier disturbio que afecta el flujo normal de potencia en un sistema eléctrico, tales como sags (caídas súbitas de tensión), swells y surges (incrementos súbitos de tensión) e interrupciones de corta o larga duración (ausencia completa del flujo

eléctrico). El sag es un decremento momentáneo (varios ciclos de duración) en el nivel de voltaje y se produce por la conexión de grandes cargas, descargas atmosféricas y fallas en la red eléctrica, en cambio, el swell es un incremento del voltaje de varios ciclos de duración y es ocasionado por la desconexión de cargas grandes y no llega a ser un sobrevoltaje.

### 2.4.2.3 Características del Sistema

En la siguiente tabla se presentan los datos característicos de ambos puntos de medición.

**Tabla 15:**  
**Características del Sistema Eléctrico**

CARACTERÍSTICAS GENERALES:		CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:	
Dirección:	Av. El Paraiso	Transformadores:	3632P y 17883P
Provincia:	Azuay	Potencia:	960 kVA y 50 kVA
Cantón:	Cuenca	Alimentador:	DCSA013 (0324)
Parroquia:	Huaynacapac	Registrador:	Fluke 1744
Sector:	El Paraiso	Tensión:	220V fase - fase
Zona:	U (Urbano)		127V fase - neutro

### 2.4.2.4 Análisis del Sistema

A continuación se analizan los parámetros más importantes que involucran la Calidad de Energía, y se presentan los resultados en forma gráfica y tabular que facilitan su interpretación.

Los indicadores de Calidad de Energía son comparados con límites normalizados, tal como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 16:**  
**Resumen de los Indicadores de Calidad y sus límites**

INDICADORES	PERTURBACIONES	LIMITES
N.T	Nivel de tensión	(+10% Vn)
N.T	Nivel de tensión	(-10% Vn)
Pst	Flicker	1 en el 5% de tiempo
F.P	Factor de potencia	1
THDv	Distorsión armónica de tensión	8%
THDi	Distorsión armónica de corriente	No hay límite normalizado

### 2.4.2.5 Reportes de las Mediciones

En las figuras 28 y 29 se presentan un resumen de los indicadores de Calidad de Energía registrados en comparación con los límites establecidos para cada uno de ellos. Las barras rojas indican el porcentaje de muestras que sobrepasan el valor límite para cada indicador, mientras que las barras azules indican el máximo valor registrado sobre el límite establecido.

De manera general en la gráfica se observa que este consumidor presenta a todos los indicadores de calidad dentro de los límites establecidos por el Ente Regulador, de todas maneras se efectuará un análisis minucioso de la tensión, que es el problema que les afecta.

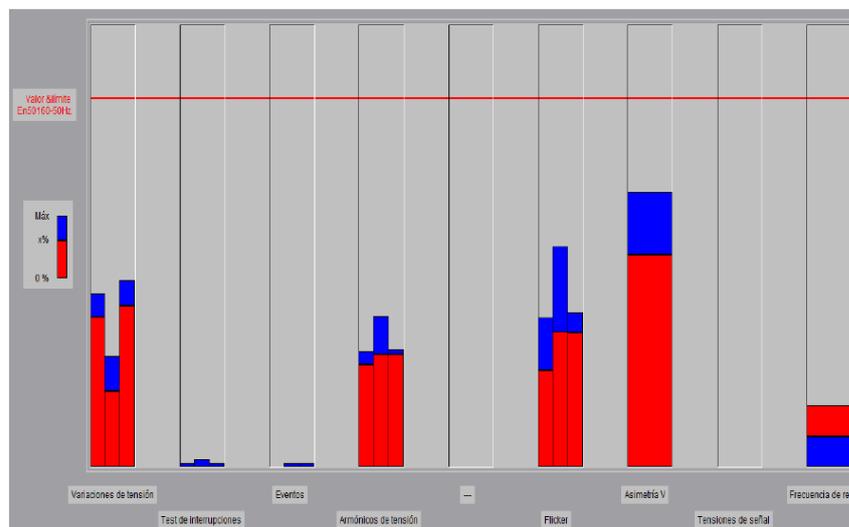


Figura 28: Resumen gráfico general, T3632P (960kVA)

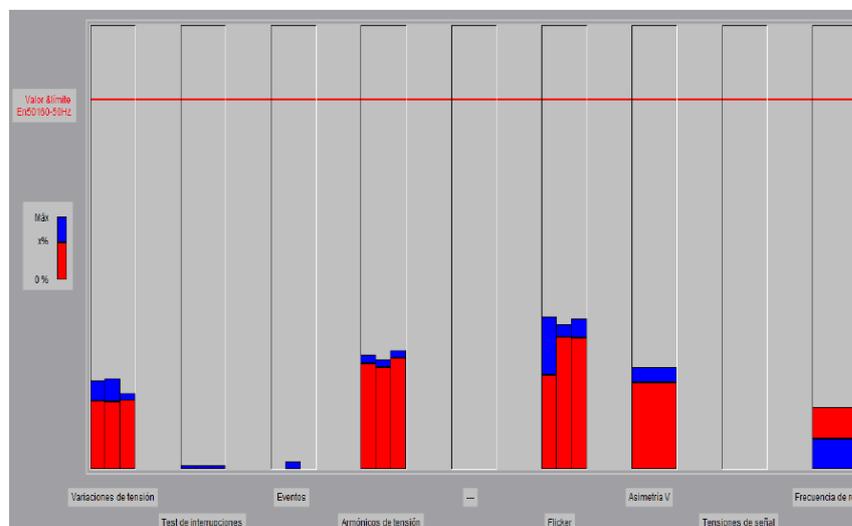


Figura 29: Resumen gráfico general, T17883P (50kVA)

En las Tablas 17 y 18 se presenta un resumen numérico de cada parámetro registrado durante la medición con sus respectivos valores mínimos, promedios y máximos, así como los porcentajes de incumplimiento. En estas tablas se observa que los niveles de tensión se encuentran dentro de los límites normalizados por el CONELEC en ambos transformadores.

Parámetros			Valor máximo			Valor x%		
	Unidad	En50160-50Hz.gwd	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Variaciones de tensión		127V						
Máximo 100% / 95%	% [Vn]	+10 / +10	4.71	2.99	5.07	4.06	2.05	4.36
Mínimo 100% / 95%	% [Vn]	-15 / -10	-0.67	-3.69	-0.55	-0.67	-2.02	-0.55
Test de interrupciones < 0%	Número	100	1	2	1			
Eventos	Número	100	0	1	1			
Armónicos de tensión								
9. armónicos 100% / 95%	% [Vn]	1.5 / 1.5	0.47			0.42		
15. armónicos 100% / 95%	% [Vn]	0.5 / 0.5		0.21	0.16		0.15	0.15
Armónicos de corriente	A			No				
Flicker PIt 100% / 95%	PIt	1 / 1	0.406	0.599	0.418	0.262	0.367	0.364
Asimetría V 100% / 95%	%	2 / 2		1.49			1.15	
Tensiones de señal	% [Vn]			No				
Frecuencia		60 Hz						
Máximo 100% / 99.5%	%	+4 / +1		0.33			0.17	
Mínimo 100% / 99.5%	%	-6 / -1		-0.33			-0.17	

 Valor máximo mayor que el valor límite  
 Valor x% (95% / 99.5% / 99%) mayor que el valor límite

**Tabla 17: Resumen tabular de los Indicadores de Calidad, T3632P (960kVA)**

Parámetros			Valor máximo			Valor x%		
	Unidad	En50160-50Hz.gwd	L1	L2	L3	L1	L2	L3
Variaciones de tensión		127V						
Máximo 100% / 95%	% [Vn]	+10 / +10	2.39	2.45	1.81	1.84	1.81	1.81
Mínimo 100% / 95%	% [Vn]	-15 / -10	-2.53	-2.63	-3.08	-1.84	-1.80	-1.86
Test de interrupciones < 0%	Número	100	1	1	1			
Eventos	Número	100	0	2	0			
Armónicos de tensión								
5. armónicos 100% / 95%	% [Vn]	6 / 6	1.86	1.78	1.92	1.72	1.66	1.80
Armónicos de corriente	A			No				
Flicker PIt 100% / 95%	PIt	1 / 1	0.412	0.393	0.406	0.255	0.357	0.355
Asimetría V 100% / 95%	%	2 / 2		0.55			0.47	
Tensiones de señal	% [Vn]			No				
Frecuencia		60 Hz						
Máximo 100% / 99.5%	%	+4 / +1		0.33			0.17	
Mínimo 100% / 99.5%	%	-6 / -1		-0.33			-0.17	

 Valor máximo mayor que el valor límite  
 Valor x% (95% / 99.5% / 99%) mayor que el valor límite

**Tabla 18: Resumen tabular de los Indicadores de Calidad, T17883P (50kVA)**

#### 2.4.2.5.1 Niveles de Tensión

En la tabla 19 se presenta el resumen de los niveles de tensión registrados durante esta medición de ambos transformadores, en la misma se observan los valores mínimos, promedios y máximos. La medición se

efectúa en las bajantes de los transformadores, por lo tanto el nivel de tensión promedio es de 220 V fase-fase y 127 V fase-neutro.

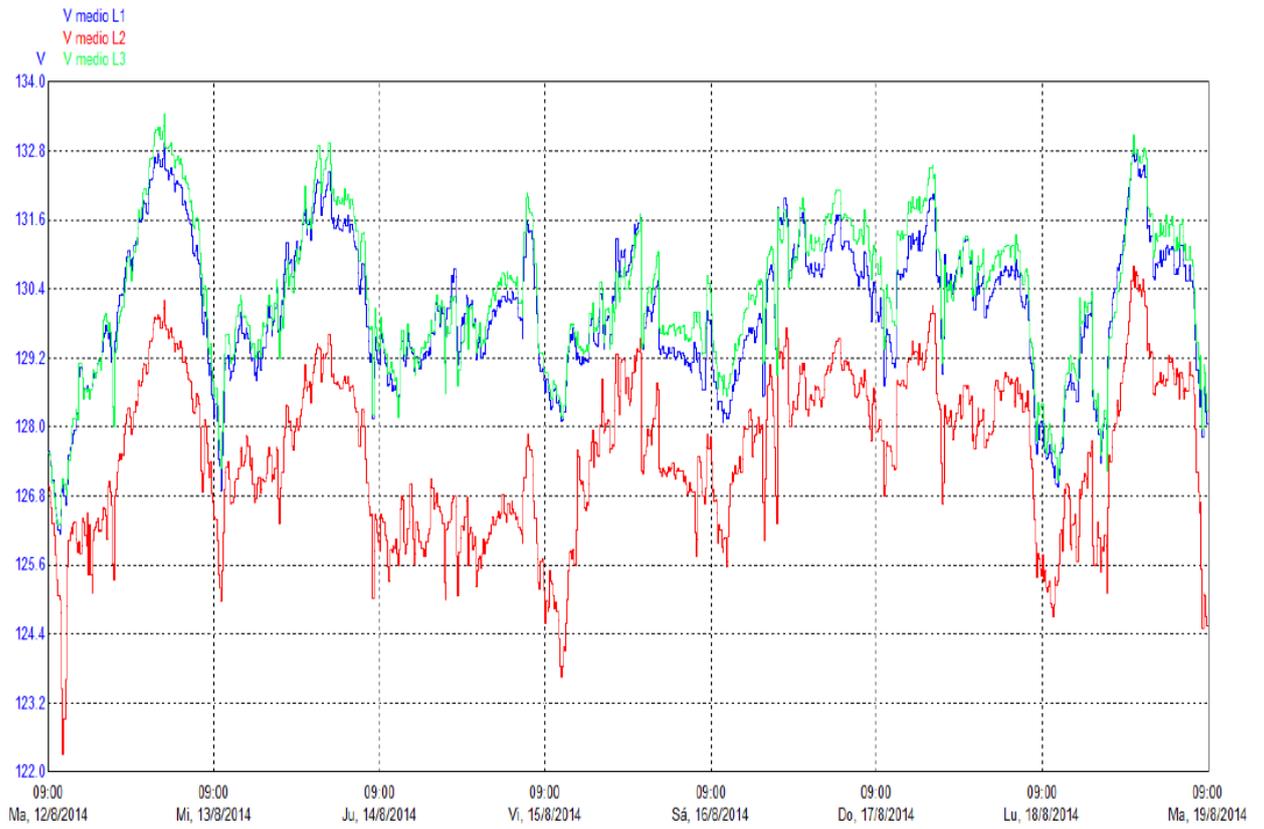
Esta tabla refleja que la tensión promedio en el Hospital se encuentra oscilando alrededor de 127 V y que los valores mínimos y máximos no exceden el límite del 10%, es decir, se encuentra oscilando dentro de los respectivos límites tanto para incrementos (139.72 V), como para caídas de tensión (114.32 V).

La norma establece que para que exista incumplimiento en este indicador del total de muestras por lo menos el 5% de éstas deben exceder alguno de los límites, en este caso ninguna de las 1008 muestras tomadas excede el límite, es decir existe el 100% de cumplimiento en ambos transformadores.

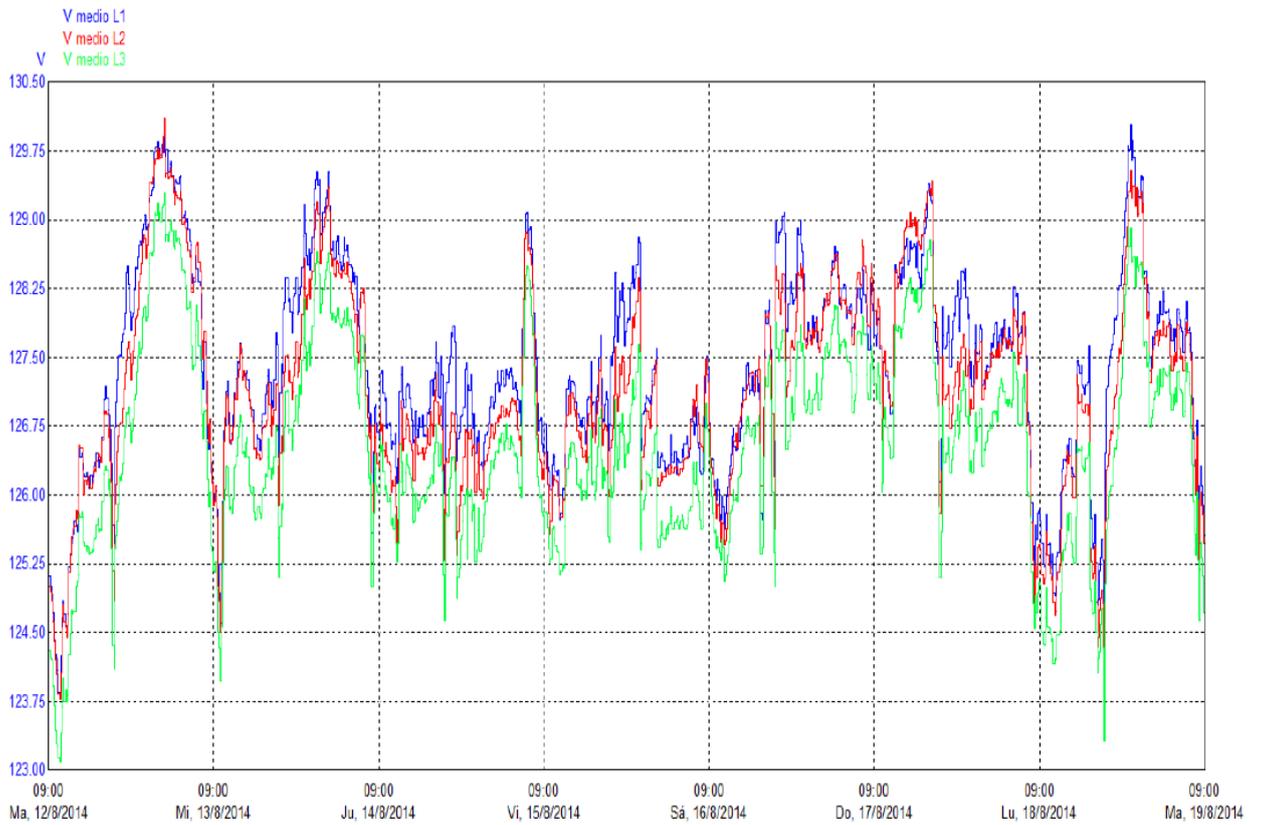
En las figuras 30 y 31 se presentan las curvas de tensión para cada transformador, en la misma se observa que el perfil de tensión se encuentra oscilando por lo general alrededor del valor nominal (127 V), además se puede ver que esta curva refleja una alta variabilidad de la tensión propia del comportamiento de las cargas instaladas en el Hospital, cuyos picos los registra durante los intervalos de mayor demanda.

**Tabla 19:**  
**Resumen del Nivel de Tensión**

<b>Resumen del Nivel de Tensión T3632P</b>			
<b>FASE</b>	<b>Vmin</b>	<b>Vpro</b>	<b>Vmax</b>
A	123.78	127.39	130.04
B	123.78	127.16	130.11
C	123.09	126.56	129.3
<b>Resumen del Nivel de Tensión T17883P</b>			
<b>FASE</b>	<b>Vmin</b>	<b>Vpro</b>	<b>Vmax</b>
A	123.78	127.39	130.04
B	123.78	127.16	130.11
C	123.09	126.56	129.3



**Figura 30: Nivel de tensión promedio T3632P (960kVA).**



**Figura 31: Nivel de tensión promedio T17883P (50kVA).**

La variabilidad de la tensión puede verse reflejada por el equipo de monitoreo como eventos que pueden afectar la Calidad de Energía, durante la medición se registraron pocos eventos entre ellos 1 sags y 1 swell en el T3632P los mismos que tienen su origen durante la conexión y desconexión del equipo de monitoreo, mientras que en el Transformador 17883P se registraron 2 sags en la fase B, tal como se muestra en la tabla 19. Para determinar el origen de los sags del T17883P se realiza un análisis comparativo entre la carga y el evento durante los intervalos en que se presentaron (18/08/2014 a las 08:04 y 12:21), sin embargo, se llega a la conclusión de que la carga no es la que genera estos eventos.

Se debe tener presente que un sag se produce cuando la tensión cae a un nivel por debajo del 90% de la tensión normal durante no más de un minuto, mientras que el swell se produce cuando la tensión supera el 110% de la tensión. Sin embargo, la mayoría de estos eventos de tensión duran menos de una décima parte de un segundo antes de que el voltaje estándar de la fuente de alimentación se restablezca.

#### 2.4.2.5.2 Niveles de Carga

En la tabla 20 se presenta un resumen de los niveles de carga registrados durante esta medición, en la misma se observan los valores mínimos, promedios y máximos registrados, estos valores demuestran un comportamiento desbalanceado de la carga, en especial en el T17883P. El perfil de carga se muestra en las figuras 32 y 33.

**Tabla 20:**  
**Resumen de la Carga**

<b>Resumen del Nivel de Corriente T3632P</b>			
<b>FASE</b>	<b>I<sub>min</sub></b>	<b>I<sub>pro</sub></b>	<b>I<sub>max</sub></b>
A	157.60	283.30	708.60
B	175.80	326.90	835.40
C	285.00	427.99	846.60
<b>Resumen del Nivel de Corriente T17883P</b>			
<b>FASE</b>	<b>I<sub>min</sub></b>	<b>I<sub>pro</sub></b>	<b>I<sub>max</sub></b>
A	16.50	36.40	56.40
B	32.70	54.62	76.70
C	47.00	70.56	88.60

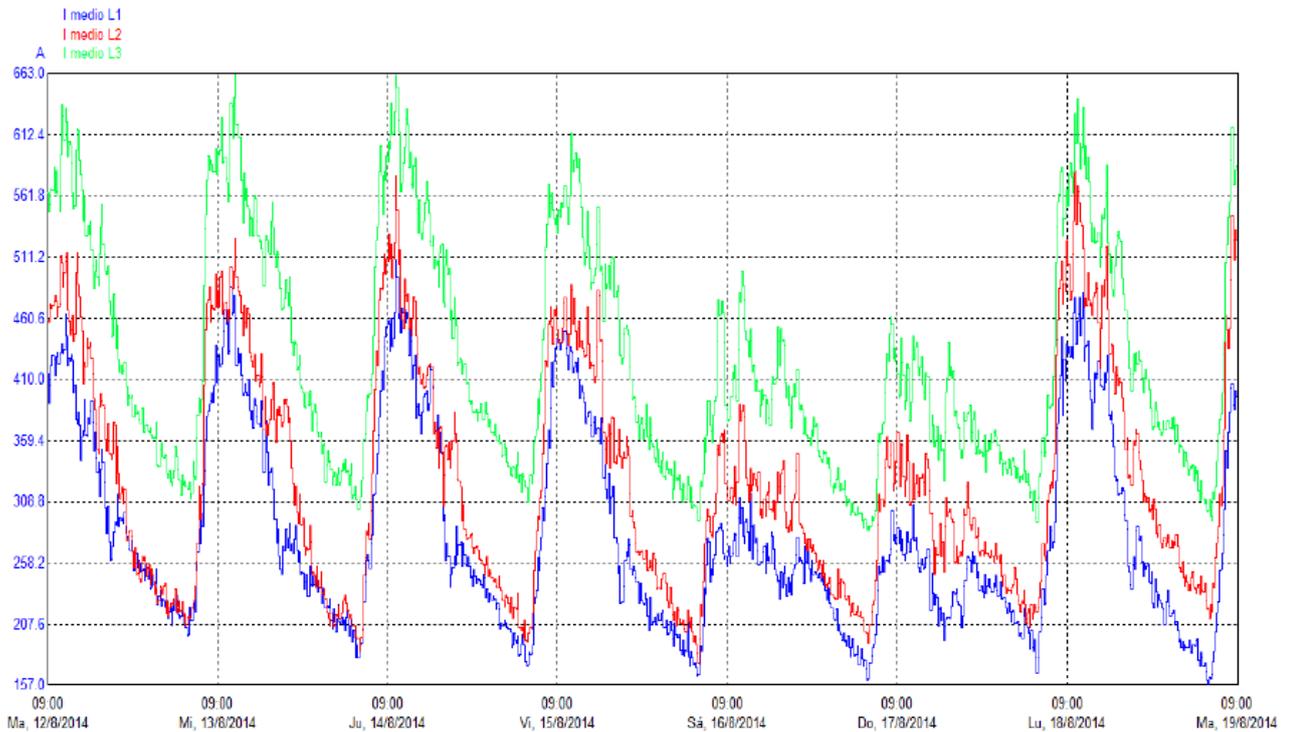


Figura 32: Nivel de corriente promedio, T3632P (960kVA).

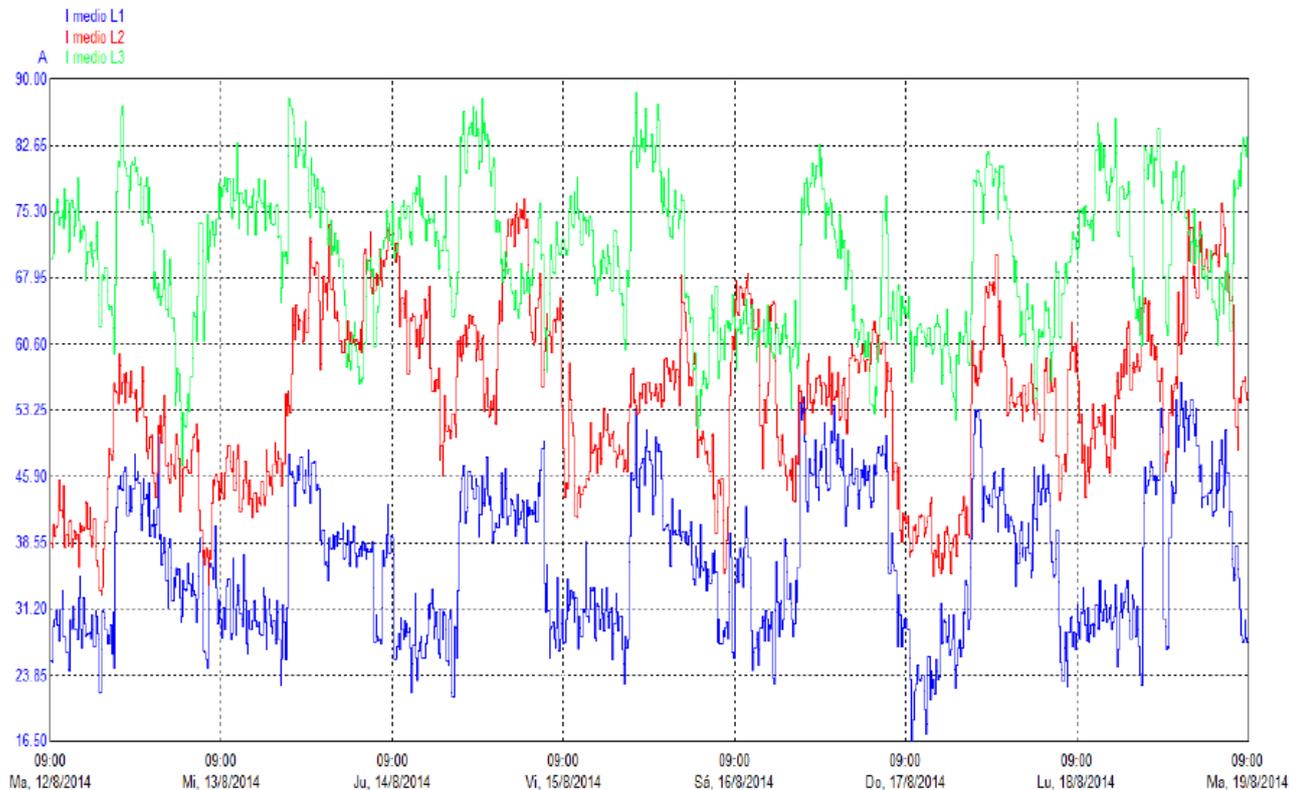


Figura 33: Nivel de corriente promedio, T17883P (50kVA).

La configuración de los transformadores trifásicos permite la conexión de la carga de fase a neutro para abastecer cargas monofásicas, bifásicas y trifásicas, las variaciones en las cargas monofásicas causan que las

corrientes en los conductores trifásicos sean diferentes, produciendo diferentes caídas de tensión, además, causan que las tensiones de fase lleguen a estar desequilibradas, tal como se vio en las gráficas 19 y 20. No puede haber el equilibrio perfecto ya que las cargas están cambiando continuamente e ingresan de manera aleatoria; sin embargo, se debe equilibrar el sistema en función de la potencia de la carga y de su comportamiento, de tal manera que el desequilibrio entre fases sea el menor posible.

Se debe tomar en cuenta que de existir un sistema de compensación de reactivos los fusibles estropeados en bancos de condensadores trifásicos también pueden desequilibrar la carga y por ende causar un desequilibrio en la tensión.

#### 2.4.2.5.3 Nivel de Severidad de Corta Duración (Pst):

En la tabla 21 se puede observar un resumen de los valores registrados del nivel de severidad de corta duración (flicker) considerando todo el periodo de medición, en la misma se observan los valores mínimos, promedios y máximos, además se puede ver que solo en la fase B del transformador 3632P existe una muestra que excede el límite unitario, generando un 0.1% de muestras que supera el límite establecido por el Ente Regulador para este indicador, lo cual no se considera incumplimiento porque no supera el 5% de muestras.

**Tabla 21:**  
**Nivel de Flicker (Pst)**

<b>Resumen del Nivel de Flicker T3632P</b>			
<b>FASE</b>	<b>Pst(min)</b>	<b>Pst(pro)</b>	<b>Pst(max)</b>
A	0.00	0.20	0.90
B	0.00	0.22	1.32
C	0.00	0.2	0.94
<b>Resumen del Nivel de Flicker T17883P</b>			
<b>FASE</b>	<b>Pst(min)</b>	<b>Pst(pro)</b>	<b>Pst(max)</b>
A	0.00	0.15	0.93
B	0.00	0.14	0.88
C	0.00	0.09	0.92

#### 2.4.2.5.4 Distorsión Total de Armónicos (THD)

En la tabla 22 se muestra un resumen de los valores registrados de THDv para los dos transformadores, en la misma se observan los valores mínimos, promedios y máximos, como se ve ninguno supera el límite del 8% establecido para este indicador.

**Tabla 22:**

#### Nivel de Distorsión Armónica (THDv)

<b>Resumen de Distorsión Armónica de Tensión T3632P</b>			
<b>FASE</b>	<b>THDv(min)</b>	<b>THDv(pro)</b>	<b>THDv(max)</b>
A	1.06	1.47	1.97
B	0.88	1.23	1.60
C	0.86	1.28	1.67
<b>Resumen de Distorsión Armónica de Tensión T17883P</b>			
<b>FASE</b>	<b>THDv(min)</b>	<b>THDv(pro)</b>	<b>THDv(max)</b>
A	1.07	1.51	1.91
B	0.94	1.41	1.83
C	1.22	1.66	1.98

La mayoría de los equipos electrónicos tales como computadores personales, máquinas de rayos X, UPS's y otros, cuentan con una fuente regulada por conmutación (switch-mode power supply). Estas fuentes demandan corriente en un pulso corto de cada medio ciclo, de tal manera que cuando el voltaje se encuentra cerca de su valor máximo, la corriente demandada por estas fuentes tienen una alta distorsión armónica total y un alto contenido de tercera armónica; sin embargo, en este caso como la puesta a tierra es efectiva, estos armónicos son descargados a tierra.

Las figuras 34 y 35 muestran el comportamiento de los armónicos individuales de corriente para ambos transformadores.

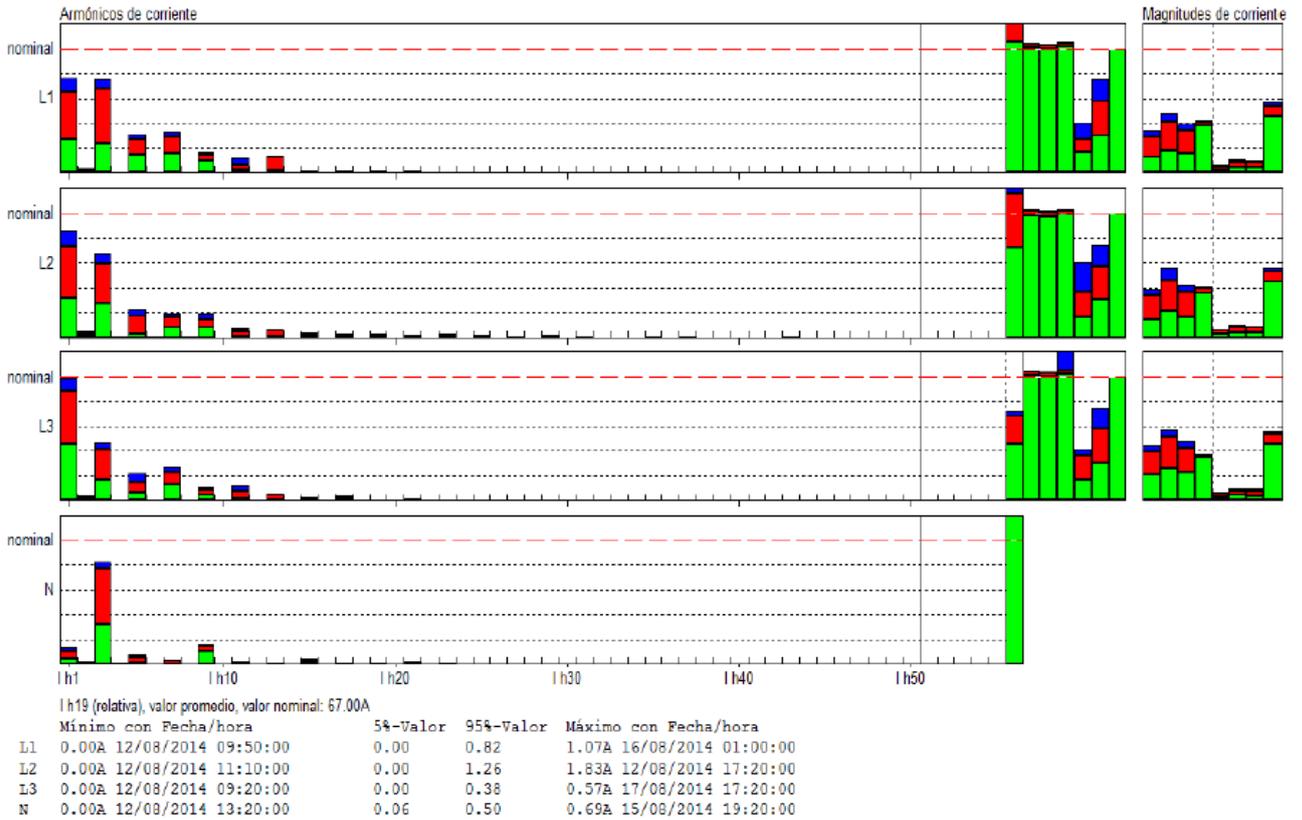


Figura 34: Armónicas Individuales de Corriente, T3632P

La tasa de distorsión armónica de intensidad (THDi) del transformador T3632P alcanza como máximo los valores de: 17.9% en la fase A, 13.4% en la fase B y 7.24% en la fase C, mientras que en el transformador T17883P se registran 15.9% en la fase A, 19.2% en la fase B y 16.1% en la fase C. En realidad, no existe un porcentaje de THDi normalizado, como sucede con el THDv, para indicar a partir de qué valor se considera peligroso, eso depende de la carga, pero la experiencia hace tomar como límite el 15%.

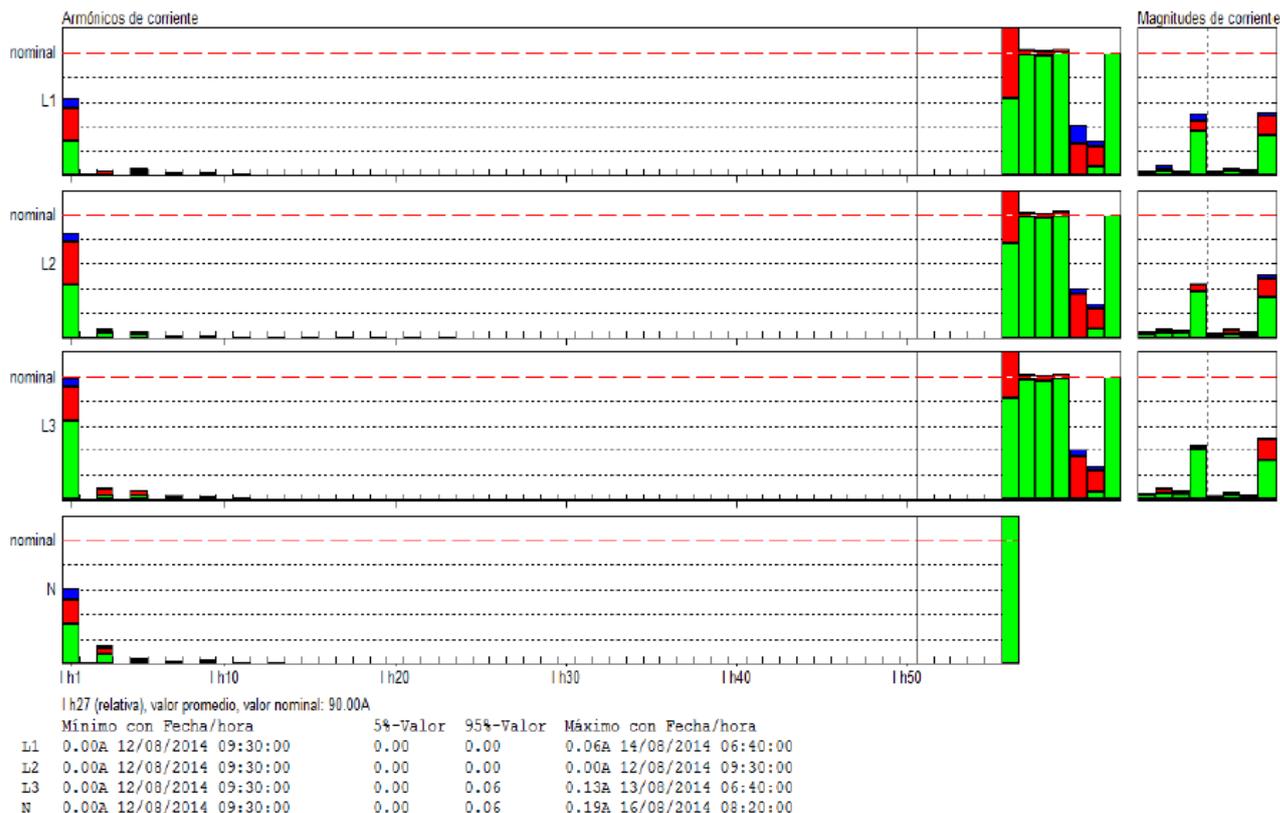


Figura 35: Armónicas Individuales de Corriente, T17883P

#### 2.4.2.5.5 Análisis de Factor de Potencia

En las tablas 23 y 24 se exponen los porcentajes de incumplimiento del factor de potencia para cada fase, donde se observan los valores mínimos, promedios y máximos; mediante estos valores, se puede determinar que no existe incumplimiento en ninguno de los transformadores por cuanto los valores exceden el límite de 0.92 establecido por el Ente Regulador para este indicador.

En las figuras 36 y 37 se presentan las curvas del factor de potencia total, donde se puede observar que éste tiene un comportamiento altamente variable durante todos los días y que registra los valores más bajos durante los intervalos de mayor demanda, sin embargo, no se registra incumplimiento.

**Tabla 23:**  
Resumen del Factor de Potencia, T3632P

<b>FACTOR DE POTENCIA - FASE A</b>			
<b>-F.P. = 0.99</b>			
<b>Min↓</b>	<b>Máx↓</b>	<b>Min↑</b>	<b>Máx↑</b>
0.959	0.996	-0.996	-0.934
17/8/2014 10:30	15/8/2014 19:20	12/8/2014 19:00	19/8/2014 5:00
<b>FACTOR DE POTENCIA - FASE B</b>			
<b>F.P. = 0.94</b>			
<b>Min↓</b>	<b>Máx↓</b>	<b>Min↑</b>	<b>Máx↑</b>
0.878	0.974	---	---
17/8/2014 9:50	14/8/2014 23:00	---	---
<b>FACTOR DE POTENCIA - FASE C</b>			
<b>F.P. = 1.00</b>			
<b>Min↓</b>	<b>Máx↓</b>	<b>Min↑</b>	<b>Máx↑</b>
0.978	0.999	-0.999	-0.992
17/8/2014 7:10	12/8/2014 16:30	12/8/2014 17:20	19/8/2014 3:00

**Tabla 24:**  
Resumen del Factor de Potencia, T17883P

<b>FACTOR DE POTENCIA - FASE A</b>			
<b>-F.P. = 1.00</b>			
<b>Min↓</b>	<b>Máx↓</b>	<b>Min↑</b>	<b>Máx↑</b>
0.962	1.000	-1.000	-0.943
15/8/2014 17:50	12/8/2014 10:30	12/8/2014 11:00	13/8/2014 2:20
<b>FACTOR DE POTENCIA - FASE B</b>			
<b>F.P. = 0.99</b>			
<b>Min↓</b>	<b>Máx↓</b>	<b>Min↑</b>	<b>Máx↑</b>
0.965	1.000	---	---
17/8/2014 12:40	14/8/2014 2:10	---	---
<b>FACTOR DE POTENCIA - FASE C</b>			
<b>F.P. = 0.99</b>			
<b>Min↓</b>	<b>Máx↓</b>	<b>Min↑</b>	<b>Máx↑</b>
0.951	0.998	---	---
16/8/2014 4:00	13/8/2014 6:50	---	---

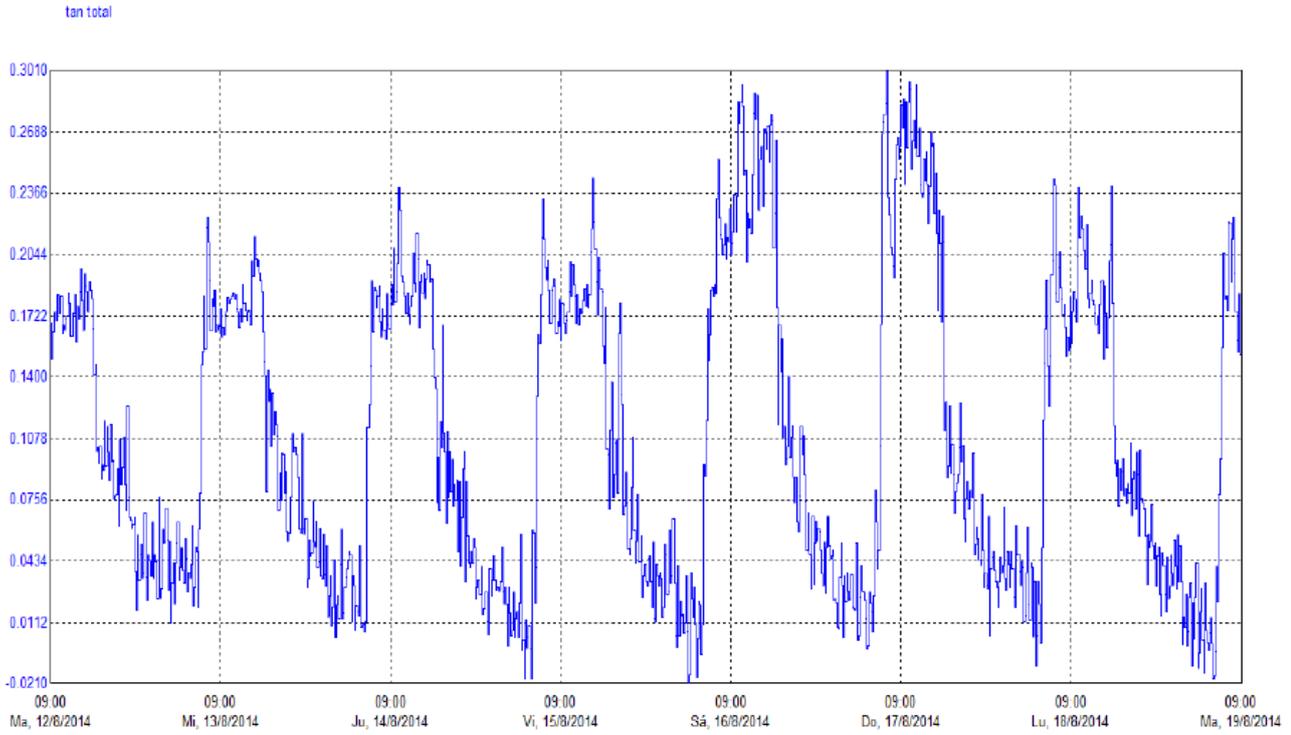


Figura 36: Factor de Potencia, T3632P.

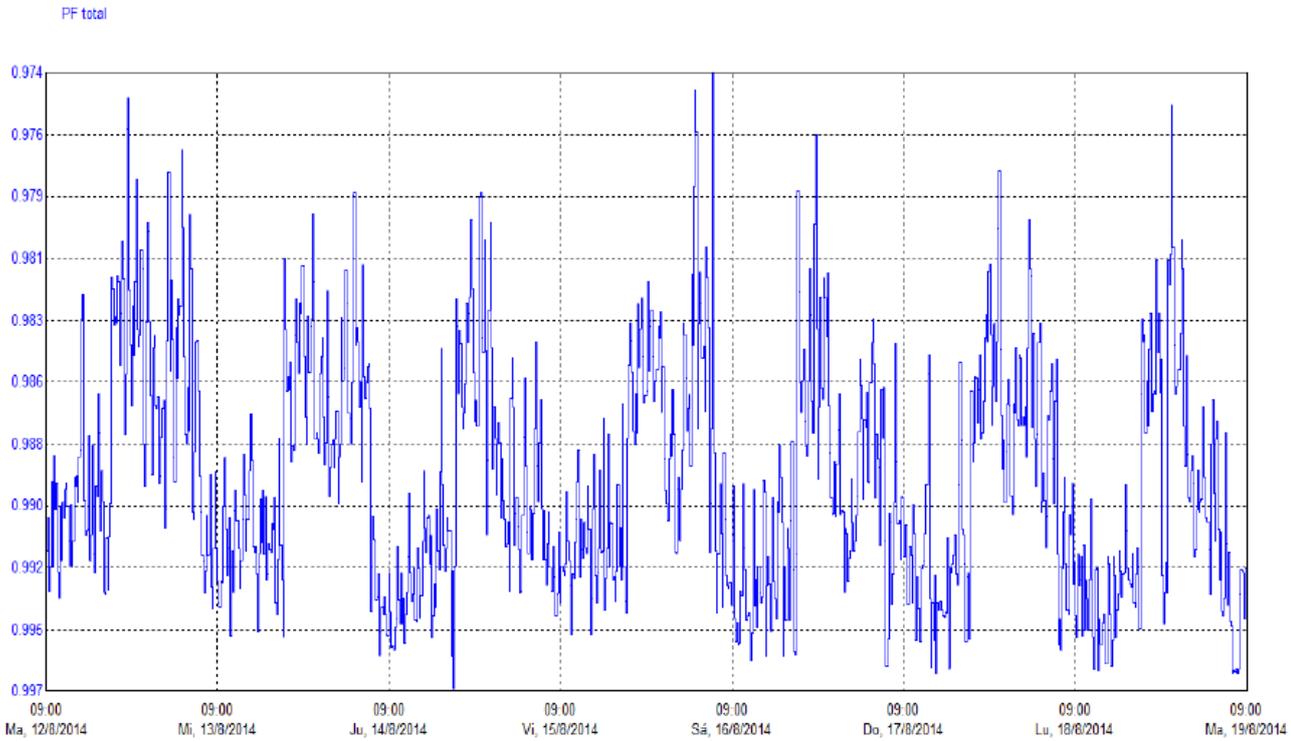


Figura 37: Factor de Potencia, T17883P.

### **2.4.3 Balance Energético del Sistema Eléctrico.**

Con los resultados actuales de consumo energético, a partir de las mediciones de calidad de energía realizadas en el Hospital Vicente Corral Moscoso, se procede a plantear el balance energético del sistema. Para dicho propósito se dividirá la carga según su uso y ubicación

#### ***2.4.3.1 Iluminación***

El consumo eléctrico debido a la iluminación representa el 52.55% de la energía consumida por el Hospital en un año de uso.

**Tabla 25:**  
**Energía Eléctrica anual debido a la Iluminación.**

Categoría	Luminaria Incandescente [100W]			Luminaria Fluorescente T12 [2x40W]			Lampara Gleditica [80W]			Apilique de pared fluorescente [23W]			Luz de vigilia incandescente [60W]			Apilique de pared incandescente [60W]			CARGA TOTAL INSTALADA POR PISO [KW]	ENERGIA POR PISO DIARIO [KWH/DIA]	ENERGIA POR PISO ANUAL [KWH/ANO]
	Cantidad	Carga Instalada [W]	Horas de uso Diario [h]	Energía Diaria [KWh]	Horas de uso Diario [h]	Carga Instalada [W]	Energía Diaria [KWh]	Cantidad	Carga Instalada [W]	Horas de uso Diario [h]	Energía Diaria [KWh]	Cantidad	Carga Instalada [W]	Horas de uso Diario [h]	Energía Diaria [KWh]	Cantidad	Carga Instalada [W]	Horas de uso Diario [h]			
Planta 1	36	3600	5	18	465	2137.5	13	391	8	6.255	17	391	12	13.458	6	360	6	2.16	462.12	1671.603	
Planta 2	36	3600	6	21.6	307	2520	16	782	8	3.128	34	782	12	0.72	15	900	8	7.2	452.376	15580.74	
Planta 3	36	3600	8	30.4	250	2000	16	391	8	3.128	17	391	14	29.4	10	600	8	4.8	361.448	13198.52	
Planta 4	13	1300	5	6.5	156	1560	12	782	7	5.474	34	782	14	30.24	20	1200	10	1.2	20.462	234.334	
Planta 5	6	600	5	3	115	900	12	1932	7	13.524	84	1932	14	30.24	2	1200	10	1.2	15.092	169.164	
Planta 6	5	500	5	2.5	109	870	12	1886	6	11.316	82	1886	14	30.24	2	1200	10	1.2	13.886	146.896	
Planta 7	14	1400	5	7	97	770	12	1127	6	6.762	17	1127	14	14.28	5	300	10	3	11.607	124.162	
Planta 8	17	1700	5	8.5	91	728	12	1518	6	9.108	66	1518	14	20.16	2	120	10	1.2	12.058	125.128	
<b>TOTAL</b>						<b>1794.4</b>					<b>55568</b>			<b>138.72</b>		<b>3036</b>			<b>138.72</b>	<b>747639.7</b>	
						Porcentaje Consumo%					Porcentaje Consumo%					Porcentaje Consumo%				Porcentaje Consumo%	
						84.67%					2.71%					1.48%				6.77%	

### 2.4.3.2 Equipos (Tomas de Fuerza)

La energía que alimenta a los equipos a lo largo del hospital en el año representa el 44.61%, en el anexo respectivo se enlista todas las cargas pertenecientes al hospital.

**Tabla 26:**  
**Energía Eléctrica anual debido a equipos.**

PISO	Energía diaria [KWH]	Energía Año [KWH/año]
SUBSUELO	781.84052	285371.7898
PLANTA BAJA 1	144.4556	52726.294
PLANTA BAJA 2	414.6881	151361.1565
PLANTA 1	194.4747518	70983.28441
PLANTA 2	9.129	3332.085
PLANTA 3	33.536	12240.64
PLANTA 4	92.116	33622.34
PLANTA 5	68.6635	25062.1775
<b>TOTAL ANUAL</b>		<b>634699.7672</b>

### **3. CAPITULO 3: PROPUESTA Y DESARROLLO DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS EN LOS SISTEMAS ENERGÉTICOS.**

A continuación se explica formas simples para estimar la cantidad de energía involucrada en cada uno de los procesos y flujos de energía. Los métodos que se indican son generales y pueden ser usados para estimar la cantidad de energía en un proceso de transferencia de calor interno y externo.

#### **3.1 Sistema Térmico**

Se presentan algunos mecanismos de pérdida y ganancia de calor durante el proceso de generación y distribución de vapor, mismos que depende de sus características y condiciones a las que se encuentra operando el sistema.

##### **3.1.1 Conducción**

La transferencia de calor mediante el proceso de conducción, tiene lugar a través de elementos sólidos tales como paredes, techos y ventanas. La transferencia de calor se lo efectúa desde el lado más caliente hacia el lado más frío.

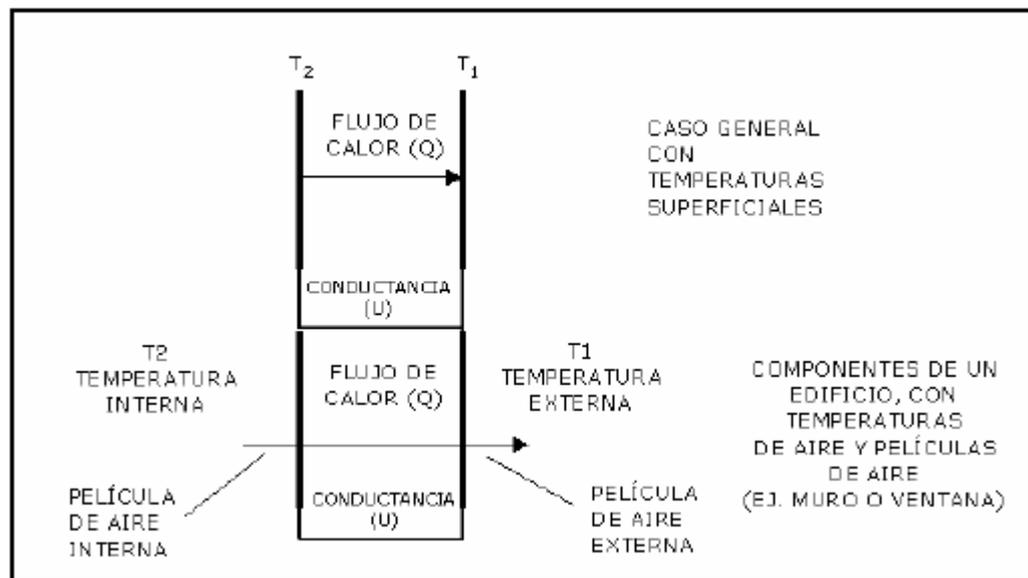


Figura 38: Transferencia de calor por conducción  $T_2 > T_1$ . Fuente: (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía), 2007)

La conductancia está determinada por el tipo y naturaleza que se encuentra entre las dos zonas con temperaturas diferentes, es común referirse al valor de aislamiento o valor - R del material, en lugar de denominar como la conductancia. En el sistema métrico este valor es llamado - RSI. (La resistencia térmica y la conductancia están inversamente relacionadas). En la figura 13, se dan detalles sobre los valores estimados de conductancia y aislamiento para varios materiales. Este método de estimación puede usarse cuando se conozcan las temperaturas de superficie del material a través del cual se conduce el calor.

Para determinar la conductividad térmica es necesario partir indicando que es una medida de capacidad del material para conducir el calor en presencia de un diferencial de temperatura entre sus dos lados. Se expresa como flujo el flujo de calor por unidad de espesor de material, por grado de diferencia de temperatura. La unidad es  $W/m^{\circ}C$  o  $Btu/(ft\ h\ ^{\circ}F)$ . La conductancia del material se especifica como el flujo de calor por unidad de superficie, por grado de diferencia de temperatura. Las unidades de conductancia son  $W/m^2^{\circ}C$  o  $Btu/(ft^2\ h\ ^{\circ}F)$ .

### 3.1.2 Temperaturas

En ciertas ocasiones es posible sustituir las temperaturas de aire de las superficies T2 y T1, donde se puede tomar en cuenta el efecto aislante del aire adyacente a las superficies internas y externas. Los diagramas del Anexo 1 indican los valores de la resistencia y la conductancia para estas capas de aire.

Ecuación para determinar el grado de transferencia de calor:

$$Q = U * A * (T2 - T1) \quad \text{Watts (W)}$$

Calor total transferido:

$$Calor = Q * \frac{t}{1000} \quad \text{Kilowatt-hora (kWh)}$$

$$Calor = Q * t * 3600 \quad \text{Joules (J)}$$

Donde

$$t = \text{tiempo en horas}$$

$$U = \text{Conductancia} \frac{W}{m^2} ^\circ C$$

### 3.1.3 Flujos Fríos o Calientes

El flujo de fluidos a diferentes temperaturas es muy común en los procesos. Para el presente caso se usa agua, misma que es uno de los fluidos más utilizados para transportar calor.

El siguiente método de estimación puede ser usado para varios propósitos, como por ejemplo:

- Determinar las pérdidas de calor en las salidas del flujo caliente.

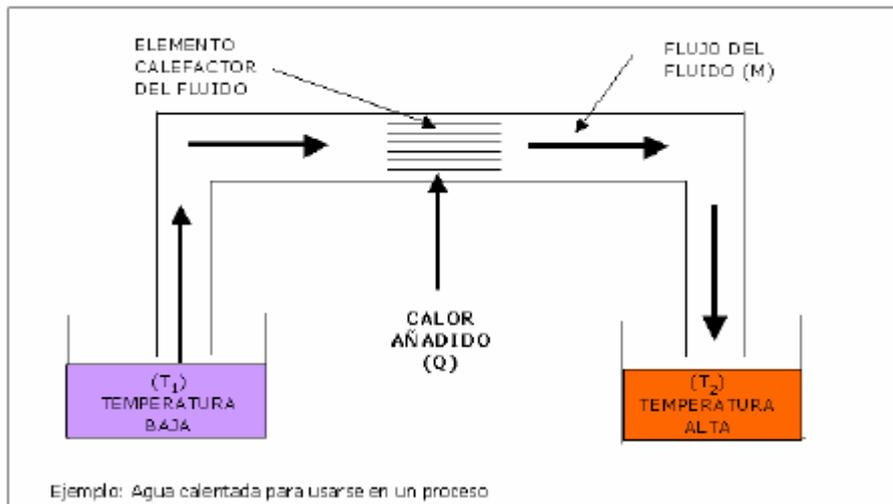


Figura 39: Energía térmica en fluido caliente o frío. Fuente: (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía), 2007)

$$Q = M * C * (T_2 - T_1)$$

Donde:

$$Q = \text{Flujo de calor kW}$$

$$M = \text{Flujo másico } \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$C = \text{Calor específico } \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}^{\circ}\text{C}$$

### 3.1.4 Flujo Másico

El flujo de masa se determina multiplicando el volumen de flujo por la densidad del fluido. La unidad del flujo másico en el sistema internacional es Kilogramos por metro cúbico ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ ). Para el presente caso el agua tiene una densidad de 1.0 kg/L.

$$\text{Flujo másico} = \text{Volumen del flujo } \left(\frac{\text{L}}{\text{s}}\right) * \text{densidad } \left(\frac{\text{kg}}{\text{L}}\right)$$

### 3.1.5 Pérdidas de Calor en Tuberías

Para el transporte de fluidos se necesitan tuberías, las mismas que sufren ganancias o pérdidas de calor, dependiendo de la diferencia de temperaturas que exista entre el interior y exterior de la tubería.

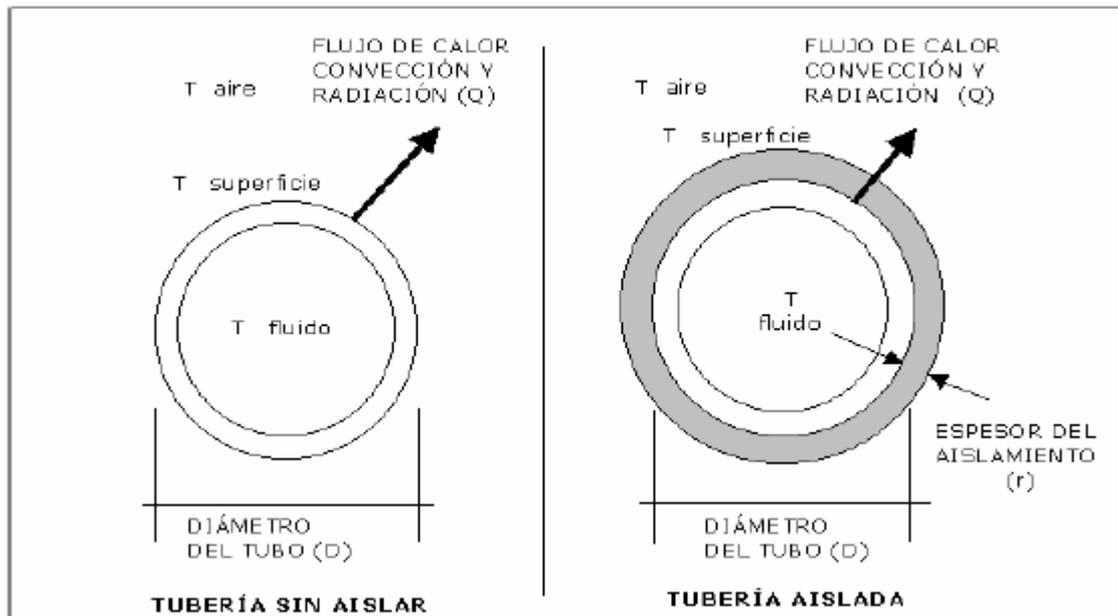


Figura 40: Pérdidas de calor en tuberías. Fuente: (CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía), 2007)

Método simplificado para estimar las pérdidas de calor, se basa en las temperaturas del fluido y se asume que:

- La temperatura de la superficie de la tubería (desnuda) es la misma que la del fluido.
- La temperatura del aire que la rodea (ambiente) es aproximadamente de 18°C.
- El mecanismo de transferencia de calor es una mezcla de radiación, conducción y convección.

### 3.1.5.1 Factor de pérdida de calor en Tuberías

Las tablas y graficas del anexo 1, junto con la temperatura del fluido y el diámetro de ésta, determinan el valor del factor de pérdida de calor en watt-hora y por metro de tubería. Al momento de utilizar las gráficas verifíquese que las mismas se apliquen bien de acuerdo a su aislamiento, y los tipos de materiales de aislamiento y espesores de tuberías.

$$Q = F * L$$

Donde:

$$Q = \text{Flujo de calor } W$$

$F = \text{Factor de pérdida de calor } W/m$

$L = \text{Longitud de la tubería } m$

### 3.1.6 Pérdidas de Calor en Tanques

Al igual que las tuberías, los tanques que contienen fluidos pueden presentar ganancias o pérdidas de calor, las cuales dependerán de las temperaturas a las que se encuentren los recipientes tanto en su interior como en su exterior. Este método para estimar las pérdidas es simplificado por lo que se basa en la temperatura del fluido y se asume que el aire que lo rodea es cercano a los 18°C.

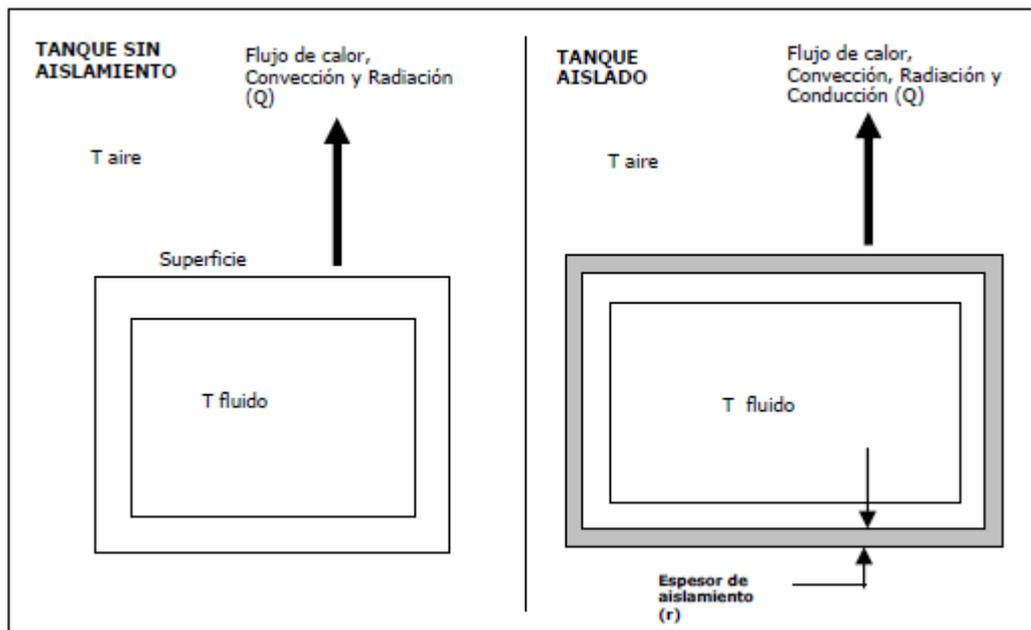


Figura 41: Pérdidas de calor en tanques.

#### 3.1.6.1 Factor de pérdida de calor en Tanques

Las tablas y graficas del anexo 1 para el caso de los tanques junto con la temperatura del fluido o del tanque, determinan el valor del factor de pérdida de calor en watt-hora y por metro cuadrado de superficie. Al momento de utilizar las gráficas verifíquese que las mismas se apliquen bien de acuerdo a su aislamiento, y los tipos de materiales de aislamiento y espesores.

$$Q = F * S$$

$$Q = \text{Flujo de calor } W$$

$$F = \text{Factor de pérdida de calor } W/m$$

$$L = \text{Longitud de la tubería } m$$

### 3.1.7 Fugas de vapor y venteos

El vapor es utilizado para transportar energía térmica en grandes cantidades hacia los diferentes puntos del hospital. El vapor es generado en las calderas para lo cual es necesario quemar combustible para elevar la temperatura del vapor hasta su punto de uso, además de suministrar a presión requerida por cada uno de los equipos y sistemas. Este método es una aproximación, y no considera la entalpía del agua usada para generar vapor.

#### 3.1.7.1 Entalpía del vapor

La entalpía del vapor es el calor total contenido en el agua y en el vapor, para este caso se asume el presente método con vapor saturado.

$$Q = M * \frac{h}{3600} \text{ kW}$$

$$M = \text{Flujo de vapor } \frac{kg}{h}$$

$$h = \text{Entalpía del vapor } \frac{kJ}{kg}$$

Para el presente método explicado, se debe mencionar que son simples estimaciones que se pueden realizar y por lo tanto no deben usarse como métodos de diseño bajo ningún concepto. No obstante es una herramienta muy útil para identificar las oportunidades de ahorro de energía y de esta manera mejorar la eficiencia de equipos y procesos que es lo que se busca con el presente trabajo. Todos estos métodos asumen condiciones estáticas en lapsos de tiempo definidos, los cuales concuerdan de cierta manera con la operación del sistema en el hospital, además de contar con una temperatura promedio general durante todo el año, ya que no existe estaciones completamente definidas. En los casos que se presenten condiciones extremas climáticas será necesario repetir las estimaciones con los nuevos valores.

### 3.1.8 Sistema Térmico Propuesto

Luego de revisar los principales puntos de pérdidas y ganancias de energía, o de localizar posibles focos de pérdida de la misma, se determina que actuar sobre los puntos antes mencionados mejorará la eficiencia del sistema térmico entre un 6 a 8% mediante los procesos y mecanismos que se indican en el siguiente capítulo. Llegando a tener una mejora en los procesos, misma que estimamos que puede llegar a ser de 66% de eficiencia del sistema térmico. Los puntos donde se pretende mejorar la eficiencia son: en la generación con un 3 a 4 %, distribución 1 % y en el proceso y/o equipos se estima que mejorará entre un 2 a 3%.

$$Q_{combustible} = \frac{Q_{vapor}}{e}$$

$$Q_{combustible} = \frac{12844.98 \frac{MJ}{\text{día}}}{0.66} = 19462.1 \frac{MJ}{\text{día}} * 365 \text{ días} = 7103663.2 \frac{MJ}{\text{año}}$$

$$Q_{combustible} = 7103663.2 \frac{MJ}{\text{año}} * \frac{1(kWh)}{3.6MJ} = 1973239 \frac{kWh}{\text{año}} = 1973.2 \frac{MWh}{\text{año}}$$

- El porcentaje de ocupación en el 2013 fue de 95.3%
- El número de camas porcentualmente ocupadas fue de 238 camas

$$ET = \frac{Q_{combustible}}{\# \text{ de camas} * \% \text{ ocupación}}$$

$$ET = \frac{1973.2 \frac{MWh}{\text{año}}}{250 * 0.953}$$

Se obtiene una energía térmica de:

$$ET = 8.3 \frac{Mwh}{\text{cama}} / \text{año}$$

Para un área de 22346.65 m<sup>2</sup>, se obtiene:

$$ET = 8.3 \frac{MWh}{\text{cama} / \text{año}} * \frac{238 \text{ camas}}{22346.65 \text{ m}^2} * \frac{1000kWh}{MWh}$$

$$ET = 88.3 \frac{KWh}{\text{m}^2} / \text{año}$$

## **3.2 Sistema Eléctrico**

### **3.2.1 Iluminación**

El objetivo de diseñar ambientes de trabajo adecuados para la visión no es proporcionar simplemente luz, sino permitir que las personas reconozcan sin error lo que ven, en un tiempo adecuado y sin fatigarse. Ya que el 80% de la información requerida para llevar a cabo un trabajo se adquiere por medio de la vista.

La falta de visibilidad y el deslumbramiento son causa de accidentes.

La visibilidad depende de: Tamaño del objeto con el que se trabaja, la distancia a los ojos, persistencia de la imagen, intensidad de la luz, color de la pieza, contraste cromático y luminoso con el fondo.

#### **3.2.1.1 La Luz**

La luz es energía electromagnética visible por el ojo humano, con un rango de longitud de onda entre 0.38 y 0.78  $\mu\text{m}$  ( $10^{-6}$  m). Las fuentes de luz suelen ser superficies a alta temperatura, como el Sol ( $T = 5500$  °K) o el filamento de las lámparas incandescentes ( $T = 3300$  °K), que emiten un espectro continuo con longitudes de onda entre 0.3 y 3  $\mu\text{m}$  del que sólo es visible el rango luminoso, denominado espectro luminoso.

El ojo humano es capaz de distinguir las diferentes longitudes de onda del espectro luminoso y las percibe como el color de la luz, correspondiendo los colores violeta azul a las longitudes más cortas (cerca de 0.4  $\mu\text{m}$ ) y los colores naranja-rojo a las longitudes más largas (cerca de 0.70  $\mu\text{m}$ ).

El conjunto de los colores del arco iris se distribuye de forma continua en el espectro luminoso, y cuando la distribución de la energía en cada longitud de onda es similar a la luz del Sol se percibe el conjunto como luz blanca. Las luces monocromáticas son radiaciones con una única longitud de onda, mientras que las fuentes térmicas de luz emiten radiación en todas las longitudes de onda del rango visible, por lo que se dice que tienen un espectro continuo. Ciertas fuentes de luz de descarga emiten radiación en

sólo algunas longitudes de onda del rango visible, denominándose por ello espectro discontinuo. La similitud del espectro de una fuente de luz discontinua con la luz solar se denomina índice de Rendimiento de color  $R_g$ , siendo  $R_g = 1$  para la luz natural o de lámparas incandescentes y  $R_c = 0$  para la luz monocromática, como las lámparas de sodio de baja presión, mientras que las lámparas fluorescentes tienen un  $R_g$  entre 0.7 y 0.9. La tonalidad de color del espectro continuo de una luz se puede determinar por su Temperatura de color  $T_c$  ( $^{\circ}\text{K}$ ), correspondiendo a la luz de día una  $T_c = 5500^{\circ}\text{K}$ . Las lámparas incandescentes tienen una  $T_c = 3000^{\circ}\text{K}$  aproximadamente, con una tonalidad rojiza (colores cálidos), mientras que la luz de la bóveda celeste tiene una  $T_c$  del orden de  $10000^{\circ}\text{K}$ , de tono azulado (colores fríos).

### 3.2.1.2 *Magnitudes de la Luz*

Se han comentado algunas magnitudes cualitativas de la luz, como la longitud de onda ( $\lambda$ ,  $\mu\text{m}$ ), el rendimiento de color ( $R_g$ ) o la temperatura de color ( $T_c$   $^{\circ}\text{K}$ ). La medición de la cantidad de luz se fundamenta en la Intensidad ( $I$ ), siendo la candela ( $\text{Cd}$ ) una de las unidades fundamentales del Sistema Internacional. Existen otras magnitudes derivadas como el Flujo, la Luminancia, la Iluminancia o el Rendimiento luminoso, que se definen a continuación:

La **intensidad luminosa** ( $I$ ) es la energía luminosa emitida en una dirección. Su unidad es la **candela** ( $\text{cd}$ ), que es una unidad fundamental del S.I., y es aproximadamente la intensidad emitida por una vela.

El **flujo luminoso** ( $\Phi$ ) es la cantidad de energía luminosa emitida por una fuente. Su unidad es el **lumen** ( $\text{lm}$ ), que es la energía emitida por un foco con intensidad de 1 candela ( $\text{cd}$ ) en un ángulo sólido de 1 estereorradián ( $1 \text{ m}^2$  a 1 m de distancia).

La **iluminancia** ( $E$ ) o nivel de iluminación es la cantidad de luz que recibe una superficie, su unidad es el **lux** ( $\text{lx}$ ), que es el flujo luminoso recibido por unidad de superficie ( $\text{lux} = \text{lumen}/\text{m}^2$ ). En luminotecnia es muy útil la ley  $E = I \cos\varphi / d^2$ .

La **luminancia** ( $L$ ) o **brillo** es la intensidad ( $I$ ) o flujo de luz ( $\Phi$ ) emitido por unidad de superficie. Sus unidades son el Stilb ( $\text{cd}/\text{cm}^2$ ) y el Lambert ( $\text{lm}/\text{cm}^2$ ).

El **rendimiento luminoso** ( $R$ ) es el flujo emitido por unidad de potencia de las fuentes luminosas ( $\text{lm}/\text{W}$ ). Por ejemplo, una lámpara incandescente tiene  $R = 14 \text{ lm}/\text{W}$ .

### 3.2.1.3 Propiedades de los Materiales

Las superficies iluminadas se pueden comportar de manera diferente ante la luz, distinguiéndose las superficies *opacas* en que la luz se *absorbe* o *refleja*, y los materiales *traslúcidos* en que además otra parte se *transmite*. Los coeficientes del flujo de luz incidente se denominan absorción  $\alpha$ , reflectancia  $\gamma$  y transmitancia  $\tau$  respectivamente.

$$\alpha + \gamma + \tau = 1$$

Además, la luz reflejada se puede reemitir en la misma dirección en las superficies *especulares*, o dispersarse en todas direcciones en las superficies *difusas*. En el caso de materiales traslúcidos, la luz se puede transmitir en la misma dirección en las superficies *transparentes*, o dispersarse en todas direcciones en los materiales *opalinos*. En la práctica, muchos objetos dispersan la luz de forma combinada, como las superficies *satinadas* o los materiales *esmerilados*.

### 3.2.1.4 Sistemas de iluminación

Son cinco los sistemas para iluminar un local, definidos en base a la cantidad de luz directa, indirecta, difusa o una combinación de éstas, que llega al ambiente o área en particular. En la decoración de interiores puede utilizarse cualquiera de estos sistemas, ya sea uno solo o varios en un mismo espacio.

- **Iluminación Directa:** El flujo de la luz se dirige casi completo y directamente sobre la zona a iluminar. Con este sistema se aprovecha entre un 90 y un 100 % de la luz. Se trata de una luz que generalmente está dada por pantallas colgantes o apliques en

paredes, sin difusor entre la lamparita y la zona iluminada. Las sombras que se producen son duras e intensas. Los contrastes entre luz y sombras deben estar armonizados o calculados para no provocar un efecto violento.

- **Iluminación Indirecta:** El 90 a 100 % de la luz se dirige hacia el techo y se distribuye luego en el ambiente por refracción. Se utilizan aparatos que en su parte inferior están cerrados y el flujo lumínico se dirige hacia arriba sin difusor. Produce un ambiente agradable, con una luz suave y sin sombras. Conviene que el techo esté pintado en colores claros.
- **Iluminación Semi-Directa:** Es una iluminación directa pero con un difusor o vidrio traslucido entre la lamparita y la zona a iluminar, que hace que entre un 10 a 40 % de la luz llegue a la superficie u objetos procedentes de un reflejo previo en las paredes. Las sombras que se crean no son tan duras y la posibilidad de deslumbramiento es menor.
- **Iluminación Semi-Indirecta:** Es una iluminación que en su parte inferior ilumina con un difusor sobre la zona a iluminar (como en la iluminación semi-directa) y por arriba envía luz al techo sin difusor (como en la iluminación indirecta). Se utilizan lámparas difusas en el borde inferior pero abiertas en la parte de arriba. Genera un efecto grato sin deslumbramientos y con sombras suaves.
- **Iluminación Difusa o Mixta:** En este tipo de iluminación el 50 % de la luz se dirige difusa hacia el techo, y de allí es reflejada, y el otro 50 % se dirige difusa hacia la zona a iluminar. Una bocha de vidrio blanco, por ejemplo, es un tipo de iluminación difusa; envía el flujo de luz a toda la habitación pero difuminado. Aquí no hay sombras y se produce una luz agradable pero poco decorativa ya que no se destacan ni sobresalen las formas.

### 3.2.2 Niveles Lumínicos Recomendados en un Hospital

Son los niveles según cual se podrán realizar las tareas en las diversas áreas del hospital de acuerdo a su necesidad de iluminación:

**Tabla 27:**  
**Niveles Lumínicos Recomendados en un Hospital. Fuente ISO 8995/CIE S 008: 2003**

29. EDIFICACIONES PARA EL CUIDADO DE LA SALUD				
Salas de espera	200	22	80	Iluminancia a nivel del piso
Corredores: durante el día	200	22	80	Iluminancia a nivel del piso
Corredores: durante la noche	50	22	80	Iluminancia a nivel del piso
Locales de día	200	22	80	Iluminancia a nivel del piso
Oficina del personal	500	19	80	
Locales del personal	300	19	80	
Guardias hospitalarias:				
- Iluminación general	100	19	80	Iluminancia a nivel del piso
- Iluminación para la lectura	300	19	80	
- Exámenes sencillos	300	19	80	
Reconocimiento y tratamiento	1 000	19	90	
Iluminación nocturna, iluminación de observación	5	19	80	
Baños y tocadores para pacientes	200	22	80	
Local de exámenes generales	500	19	90	
Exámenes de oídos y ojos	1 000		90	Luminaria local para los exámenes
Prueba de lectura y visión de colores con pancartas visuales	500	16	90	
Localizadores con aumentadores de imágenes y sistemas de TV	50	19	80	Para trabajo con TPV, ver 4.10
Locales de diálisis	500	19	80	
Locales de dermatología	500	19	90	
Locales de endoscopías	300	19	80	
Locales de enyesar	500	19	80	
Baños de médicos	300	19	80	
Masaje y radioterapia	300	19	80	
Salas pre-operatorias y de recuperación	500	19	90	
Quirófano	1 000	19	90	
Cavidad de operaciones	Especial			Em = 10 000 lux – 100 000 lux
Cuidado intensivo:				
- Iluminación general	100	19	90	A nivel del piso

- Exámenes sencillos	300	19	90	A nivel de cama
- Reconocimiento y tratamiento	1 000	19	90	A nivel de cama
- Guardia nocturna	20	19	90	
Dentistas:				
- Iluminación general	500	19	90	La iluminación debe estar libre de deslumbramiento para el paciente.
- En el paciente	1 000		90	Luminaria local para examen
- Cavidad de operación	5 000		90	Se pueden requerir valores mayores de 5 000 lux
- Maquinado de diente blanco	5 000		90	Tcp > 6 000 K
Inspección de colores (laboratorios)	1 000	19	90	Tcp > 5 000 K
Cuartos de esterilización	300	22	80	
Cuartos de autopsias y morgue	500	19	90	
Mesa de autopsias y mesa de disección	5 000		90	Se pueden requerir valores mayores de 5 000 lux

### 3.2.3 Fuentes Luminosas

La finalidad de una fuente luminosa es la producción de luz, y la eficacia con la que una lámpara lleva a cabo su cometido se expresa por el cociente de dividir la emisión luminosa en lúmenes por la potencia consumida en vatios. Si se pudiese desarrollar una fuente luminosa que radiara toda la energía que recibiese como luz monocromática amarilla verdosa en la región de máxima sensibilidad del ojo (5500 °K) produciría aprox. 680 lúmenes por cada vatio de potencia consumido. Una fuente teórica de luz blanca de eficacia máxima, emitiendo solamente energía visual sin ningún rayo infrarrojo ni ultravioleta produciría alrededor de 220 lúmenes por vatio. En la práctica todas las fuentes luminosas producen considerables cantidades de infrarrojos, y como además se pierde siempre inevitablemente alguna energía por conducción o convección ninguna lámpara actual se aproxima a ese máximo teórico de eficacia.

### 3.2.3.1 Lámpara Incandescente

Fuente o dispositivo de iluminación en la que la luz se produce por un filamento calentado a incandescencia al paso de una corriente eléctrica. Los materiales de filamento más típicos son el Wolframio y el Tungsteno, los cuales soportan elevadas temperaturas de fusión (3.410 °C) para que la proporción entre la energía luminosa y la energía térmica generada por el filamento aumente a medida que se incrementa la temperatura, obteniéndose la fuente luminosa más eficaz a la temperatura máxima del filamento.

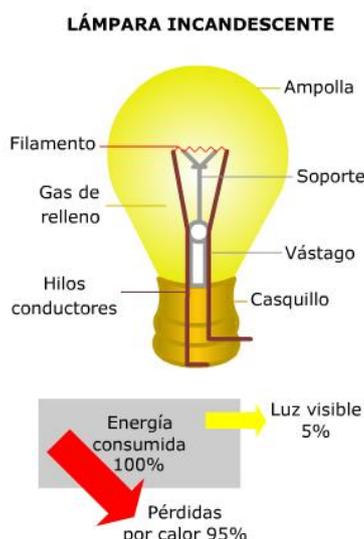


Figura 42: Lámpara Incandescente

**Tabla 28:**  
**Características de lámparas incandescentes**

Parámetro	Característica
Temperatura del color	Entre 1.100 y 3.200 K
Índice de reproducción del color	Entre 85 y 100 (muy bueno - excelente)
Potencias típicas	25, 40, 60, 75, 100, 150, 200 W
Flujo luminoso *	228, 386, 622, 688, 1.292, 1.950, 2.900 lúmenes
Rendimiento luminoso *	9,1 - 9,6 - 10,4 - 9,2 - 12,9 - 13 - 15,5 lúmenes/vatio
Vida útil	E promedio 1.000 h (2.000 h si son halógenas)
Influencia del voltaje	Debe ser lo más cercano posible el valor nominal de la lámpara (+ ó - 5% del nominal).
Características eléctricas	Se puede alimentar tanto en CC como en CA. No produce efecto estroboscópico.
Aplicaciones	Alumbrado doméstico y señalización. No son rentables para alumbrado de grandes espacios con alto nivel de iluminación, ni para naves industriales o locales comerciales con alturas superiores a 4 m.

### 3.2.3.2 Lámpara Fluorescente (*Baja Intensidad de Descarga*).

La lámpara fluorescente es otro tipo de dispositivo de descarga eléctrica empleado para aplicaciones generales de iluminación. Se trata de una lámpara de vapor de mercurio de baja presión contenida en un tubo de vidrio, revestido en su interior con un material fluorescente conocido como fósforo. La radiación en el arco de la lámpara de vapor hace que el fósforo se torne fluorescente. La mayor parte de la radiación del arco es luz ultravioleta invisible, pero esta radiación se convierte en luz visible al excitar al fósforo.

Una variedad importante de las lámparas fluorescentes son las compactas (ahorradoras o electrónicas), las cuales representa un importante adelanto tecnológico en cuanto a espacio, rendimiento luminoso y ahorro de energía. Disponibles en una variedad de diseños y formas físicas, las lámparas fluorescentes compactas han llevado al diseño de iluminación de la nueva generación para un rango completo de aplicaciones comerciales, residenciales e industriales, y brindan ahorro en energía y una mayor vida útil respecto a las bombillas incandescentes. De hecho, una lámpara fluorescente compacta puede brindar los mismo Lúmenes que una bombilla incandescente a casi un cuarto de la demanda de potencia.

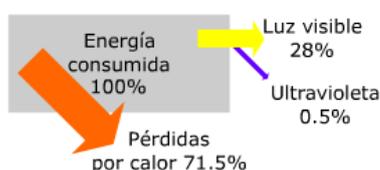
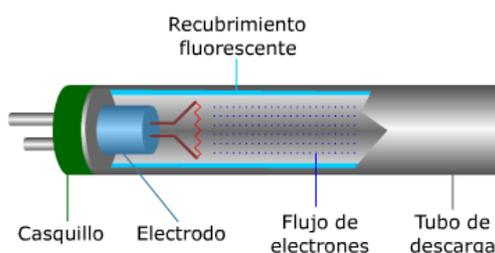


Figura 43: Lámpara Fluorescente

**Tabla 29:**  
**Características de la Lámpara Fluorescente**

Parámetro	Característica
Temperatura del color	Luz blanca día: $T_c > 5.000\text{ K}$ - Blanco neutro: $3.000\text{ K} < T_c < 5.000\text{ K}$ - Blanco cálido: $T_c < 3.000\text{ K}$ .
Índice de reproducción del color	Luz blanca día: 85 a 100 - Blanco neutro: 70 a 84 - Blanco cálido: 40 a 69
Flujo luminoso	7 veces mayor comparado con el que producen las lámparas incandescentes de igual potencia.
Rendimiento luminoso	El rendimiento luminoso inicial (nominal) en este tipo de lámpara tiende a disminuir por depreciación luminosa. Debido al potente arco eléctrico que se produce en los electrodos y a las características de la atmósfera de gas, se vaporiza el electrodo desprendiendo partículas metálicas que ennegrecen el extremo del tubo. □ Lámpara fluorescente compacta: 50 a 90 lm/W  □ Lámpara fluorescente: 60 a 95 lm/W
Efecto estroboscópico	Las lámparas de descarga no poseen inercia luminosa, como sucede con las incandescentes, por ello, cuando la corriente pasa por cero, la lámpara no emite radiaciones. Este fenómeno casi no es apreciado por el ojo humano, excepto en aquellos casos en los que se iluminan objetos en movimiento y dan la impresión de estar parados o se mueven intermitentemente.
Vida útil	La vida promedio suele ser de 7.000 horas para un encendido cada 3 horas. Para encendidos cada 10 horas, la vida útil aumenta en un 40%
Temperatura	Este tipo de lámpara ofrece el mayor flujo luminoso cuando la temperatura ambiente es cercana a los 77 °F (25 °C). Para temperaturas alejadas de este valor se requiere que las lámparas sean encapsuladas.
Influencia del voltaje	Debe ser lo más cercano posible el valor nominal de la lámpara (+ ó - 5% del nominal). En estas lámparas, al contrario de lo que sucede con las incandescentes, la vida y el rendimiento luminoso disminuyen al disminuir el voltaje.
Características eléctricas	Puesto que las lámparas de descarga no se conectan directamente a la red, como sucede con las incandescentes, requieren al inicio de su operación de un equipo auxiliar eléctrico que consta de reactancia, cebador y condensador.
Aplicaciones	La gran diversidad de tonos, su alto rendimiento y la buena calidad de luz ( $T_c > 5.000\text{ K}$ ), hacen que sean de aplicación general para fines generales de alumbrado. Y, particularmente, en oficinas, almacenes, comercio, escuela, hospitales, gimnasios,, industrias, etc.; donde la altura del montaje no supere los 5 m.

### 3.2.3.3 Lámparas de Alta Intensidad de Descarga (HID).

Las lámparas de alta intensidad de descarga (HID) se basan en la luz emitida por medio de un gas o vapor que ha sido excitado por medio de una corriente eléctrica. Es necesario un balasto para encender la lámpara y regular su operación. Las lámparas de alta intensidad de descarga tienen

grandes ventajas en la eficiencia energética sobre los incandescentes en donde es aplicable. La de mercurio a alta presión, la de halogenuros metálicos y las de sodio a alta y baja presión son clasificadas como lámparas de descarga de alta intensidad.

**Vapor de Mercurio a Alta Presión:** Su funcionamiento se basa en el mismo principio de la fluorescente de baja intensidad de descarga, pero con la ventaja de que el color es corregido al elevar la presión del gas de mercurio (mayor longitud de onda y mayor potencia). No son tan eficientes en cuanto a salida de luz y energía como las lámparas de haluro metálico y las de sodio a alta presión, además, debido al alto contenido de mercurio en su bulbo, este tipo de lámpara es prohibido en algunos países y tiende a desaparecer por la presión de la regulación ambiental. En la figura se observan los elementos constructivos más importantes así como la distribución de energía (en %) para una lámpara de mercurio de alta presión.

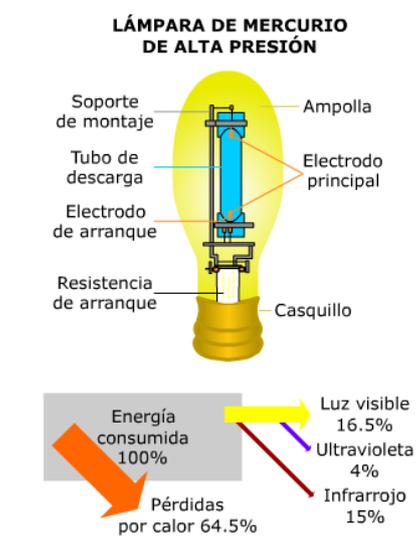


Figura 44: Lámpara de descarga de alta presión

**Halogenuros Metálicos:** Son lámparas de vapor de mercurio a alta presión que además contiene halogenuros de tierras raras como el dysprosio (Dy), holmio (Ho) y el tulio (Tu). Con ello se consigue aumentar considerablemente el rendimiento luminoso y aproximar el color a la luz diurna solar. Se utilizan también diversas combinaciones de halogenuros (sodio, yodo, ozono) a los que se les añade escandio, talio, indio, litio, etc.

#### LÁMPARA DE HALUROS METÁLICOS

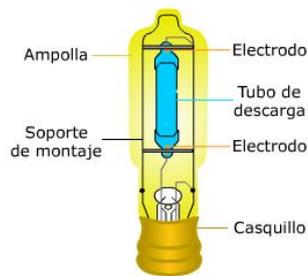


Figura 45: Lámpara de descarga de Halogenuros Metálicos

**Vapor de Sodio a Alta Presión:** En este tipo de lámpara la luz se produce por la descarga eléctrica a través del metal de sodio (principalmente) y de mercurio junto con un gas noble (xenón o argón), vaporizados a alta presión, que aumenta la longitud de onda. Los gases que acompañan al sodio aumentan las radiaciones del espectro con cierta continuidad, que permiten distinguir todos los tipos de colores de la radiación visible. Son altamente eficientes, (hasta 140 lúmenes por vatio), y producen un tibio color dorado. En la figura se observan los elementos constructivos más importantes así como la distribución de energía (en %) para una lámpara de vapor de sodio a alta presión.

#### LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESIÓN

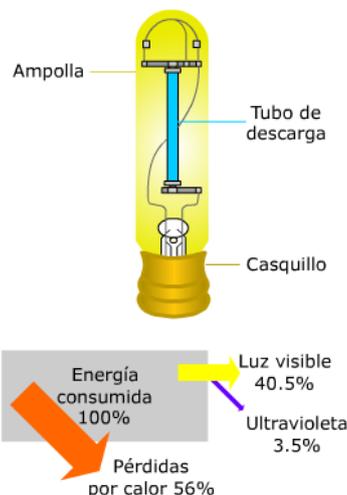


Figura 46: Lámpara de Vapor de Sodio a Alta presión

**Vapor de Sodio a Baja Presión:** La luz se produce por la descarga eléctrica a través del metal de sodio vaporizado a baja presión, que produce radiaciones visibles en longitudes de onda casi monocromáticas, comprendidas entre 589 y 589,6 nm.

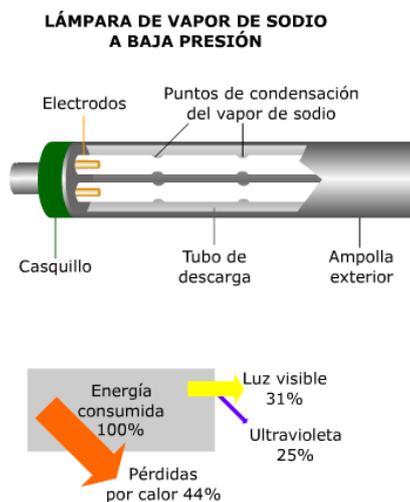


Figura 47: Lámpara de vapor de Sodio a Baja presión

En la siguiente tabla se describen las características más importantes de las lámparas de alta intensidad de descarga (HID):

**Tabla 30:**  
**Características de Lámparas de descarga**

Parámetro	Tipo de lámpara HID				
	Vapor de Hg alta presión	Luz mezcla	Vapor de Na baja presión	Vapor de Na alta presión	Halogenuros metálicos
Temperatura del color	3.000 a 4.500 K	2.900 K	-	2.100 K	6.000 K
Índice de rep. del color	40 a 69	60	20 a 32	40 a 69	85 a 100
Flujo luminoso	6.300 a 58.000 Lm	3.100 a 14.000 Lm	1.800 a 33.000 Lm	3.500 a 130.000 Lm	17.000 a 80.000
Potencia	50 a 1000 W	160 a 500 W	18 a 180 W	50 a 1.000 W	250 a 1.000 W
Rendimiento luminoso	50,4 a 58 Lm/W	20 a 40 Lm/W	130 a 200 Lm/W	80 a 140 Lm/W	68 a 105 Lm/W
Vida útil	6.000 a			24.000 horas	16.000 a

	9.000 horas				20.000 horas
Tiempo de encendido		2 minutos	10 minutos		
Influencia del voltaje	+ó - 5% del voltaje nominal				
Reactancia	Sí	-	Sí	Sí	Sí
Cebador	No	Sí	No	No	Sí
Capacitor	Sí, para corregir fp	-	Sí, para corregir fp	Sí, para corregir fp	Sí, para corregir fp

**Lámpara Tipo LED.** El LED (Light Emissor Diode - Diodo Emisor de Luz) es un tipo especial de diodo, que trabaja como uno común, pero que al ser atravesado por la corriente eléctrica emite luz. Existen diodos LED de varios colores y dependen del material con el cual fueron construidos. Hay de color rojo, verde, amarillo, ámbar, infrarrojo (GaAs, GaAsP, y GaP). A diferencia de las lámparas incandescentes y fluorescentes, casi toda la energía utilizada por el LED es convertida en luz en lugar de calor, lo cual los hace muy eficientes.

Tiene enormes ventajas sobre las lámparas comunes, como su bajo consumo de energía, su mantenimiento casi nulo y con una vida aproximada que varía de 50.000 a 100,000 horas. Tiene un rendimiento luminoso de 15 a 130 Lm/W.

### 3.2.4 Comparación entre Tubos Fluorescentes

#### 3.2.4.1 T12 VS T8 VS T5

La diferencia principal: el tamaño y la eficiencia. La letra T “indica la forma de la bombilla (tubular) y el número después de la” T “representa el diámetro de la bombilla en octavos de pulgada (una bombilla de T5 es 5 / 8 pulgadas). La bombilla de luz fluorescente T12 es la más antigua y más común de los bulbos tubulares. También es el menos eficiente.

Después de esto vino la bombilla fluorescente T8 que encaja en el aparato mismo que el T12 pero utiliza potencia aproximadamente 20% menos para producir la misma cantidad de bombilla. La luz fluorescente que es más reciente es la bombilla T5 que lo que no funcionará en la T12 y T8 accesorios bombilla porque es más corta y tiene una disposición de las patillas diferentes. Las lámparas T5 ofrecen una eficiencia aún mayor (HE) y ofrece también una versión de alto rendimiento (HO), que produce aproximadamente el doble de la cantidad de luz que el T5 estándar.

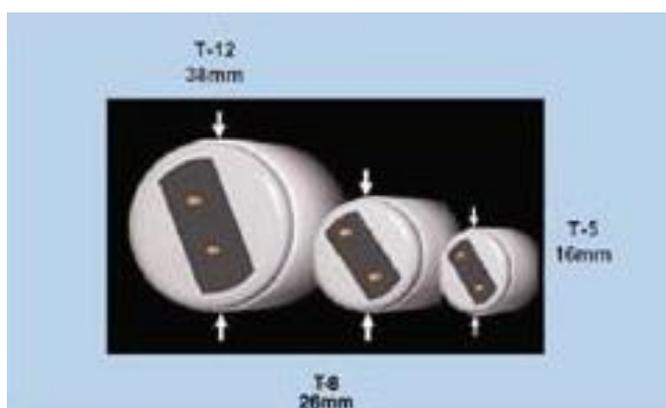


Figura 48: Comparación entre tubos T12-T8-T5

A Continuación se muestra una tabla comparativa

**Tabla 31:**

**Tabla comparativa entre tubos T12-T8-T5**

LÁMPARA	FLUJO lm	RENDIMIENTO lm/W	TEMP. Color °K	VIDA ÚTIL HR	LARGO cm
T-12 39W	2600	66	6000	9,000	117
T-8 32W	2950	92	4100	20,000	121
T-5 28W	2900	103.6	4100	16,000	115

Como resultado de la tabla, podemos indicar que el sistema óptimo es el T5, que además de las ventajas descritas en el cuadro presenta las siguientes mejoras:

- Reducción del diámetro del tubo en un 40% (16 mm) y optimización de la longitud en 50 mm, es decir, luminarias más pequeñas y compactas.
- Incremento de la eficiencia hasta en un 105 lm/w.

- Cambio de la temperatura óptima de flujo de 25°C a 35°C, resultando en la misma luminancia para todas las potencias.
- Además, el sistema T5HO entrega un 80% más de luz en el rango de 5°C a -50°C y puede funcionar en temperaturas ambiente de más de 65°C.
- De igual modo, podemos decir que el balasto óptimo es el electrónico, porque:
  - Su consumo y peso son menores.
  - Se puede controlar la cantidad de luz de las lámparas.
  - Puede tener comunicación con otros equipos.
  - Incrementa la frecuencia común desde 50 Hz a más de 50 kHz, lo que resulta en un aumento de un 10% del flujo luminoso.
  - En comparación al balasto magnético convencional, el menor factor de potencia del balasto electrónico reduce las pérdidas, lo que se traduce en un menor nivel de calentamiento dentro de la luminaria y, por ende, en una mayor vida útil de la luminaria y del cableado.
  - El encendido y funcionamiento del ballast se produce en 0,5 segundos y sin pestañeos. De igual modo, evita el efecto estroboscópico y no provoca vibraciones mecánicas en las luminarias.
  - La corriente más baja contribuye a una vida útil de la lámpara más larga y a una menor reducción del flujo luminoso en el tiempo.
  - El ballast electrónico inmediatamente desconecta las lámparas con fallas, previniendo que parpadeen y se recalienten.

#### **3.2.4.2 El problema del Mercurio (Hg)**

Los tubos tienen como componente el elemento químico Mercurio, el cual produce daños serios en los seres humanos y en el ambiente, y 1 mg puede contaminar 30.000 litros de agua. Como norma general, podemos decir que los tubos fluorescentes no se deben quebrar por ningún motivo.

Según la norma medioambiental europea, en particular las directivas ROHS y WEEE, los contenidos de Mercurio en lámparas fluorescentes deben ser menores a 5 mg.

Según estas regulaciones, un tubo de 36w del tipo ecológico contiene aproximadamente 3,5 mg de Hg, mientras que en el caso de los tubos estándares T10 y T12 de 40w, el contenido está entre 6 y 12 mg, aproximadamente. En cambio, las nuevas tecnologías de tubos T5 tienen menos de 1,4 mg por tubo.

### **3.2.5 Sensores de Movimiento**

Los sensores de presencia han sido diseñados pensando en el ahorro de energía y comodidad para el usuario, debido a que al sensor la presencia de una persona en el área controlada, éstos encienden automáticamente la luz y así de igual forma, apagan la luz una vez desocupada dicha área. De esta manera podemos evitar que se consuma energía eléctrica innecesaria en áreas de poco tránsito; o bien en lugares donde, por olvido o descuido, se deja la luz encendida. Además de los ahorros de energía que se pueden lograr debido a la reducción en consumos innecesarios, se puede añadir el ahorro que se tiene al alargar la vida de las luminarias. También podemos agregar el ahorro del tiempo que el personal de mantenimiento invierte en cambiarlas.

La gama de sensores pueden funcionar con diferentes tecnologías:

–PIR (rayos infrarrojos pasivos)

–Ultrasónica

–Dual

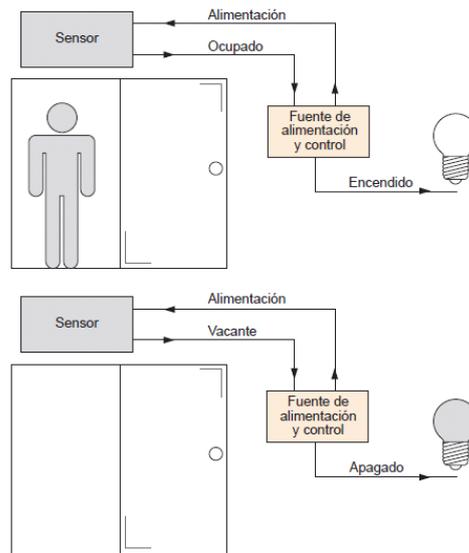


Figura 49: Funcionamiento de un Sensor de presencia

Actualmente el ahorro de energía es ya una realidad que ha entrado en todos los sectores de la vida cotidiana. Además de buscar ahorrar energía en la industria u oficina, también a nivel personal ya se ha hecho latente esta necesidad. El ahorro de energía se vuelve vital día tras día, y el beneficio que procura es actualmente medible. Si pensamos en un futuro cercano, podemos ver que el cuidado del medio ambiente ya no está para ignorarlo; y si a esto aumentamos que la economía mundial se encuentra en la misma situación, nos damos cuenta que el ahorro monetario y energético es importante. Debemos generar una cultura de ahorro de energía, no sólo para nuestro beneficio, sino para el mundo y por el mundo.

### 3.2.5.1 El ahorro de energía con sensores

Normalmente la iluminación consume de un 80% a un 90% de la electricidad de un edificio, si no cuenta con aire acondicionado (CONAE).

Con cualquiera de las tres tecnologías, se puede lograr los siguientes ahorros:

- Oficinas 15 a 75%
- Oficinas abiertas 5 a 60%
- Salas de conferencias 20 a 65%
- Baños 30 a 75%

- Pasillos 30 a 60%
- Salón de clases 10 a 75%
- Salones de reunión 40 a 65%
- Almacenes 50 a 75%

### **3.2.6 Software para Planificación de Iluminación**

Actualmente es de gran importancia la planificación de la iluminación no solo por tener resultados rápidos sino más bien para poder evaluar el número y tipo de luminaria a emplear en las diferentes zonas que intervienen en nuestro diseño.

DIALux es un software gratuito para el cálculo y la visualización de proyectos de iluminación. Este programa es del Instituto Alemán de Luminotecnia Aplicada (Deutsches Institut für angewandte Lichttechnik) DIAL. El software DIALux permite el análisis cuantitativo rápido y sin problemas de un proyecto, y cuenta con una funcionalidad sencilla de renderización 3D. El formato de datos ULD para luminarias comprende la geometría 3D de la luminaria, la distribución de intensidad luminosa y la descripción del artículo. Los paquetes PlugIn de los fabricantes de luminarias comprenden datos de planificación adicionales, como lo son el factor de mantenimiento o los valores UGR.

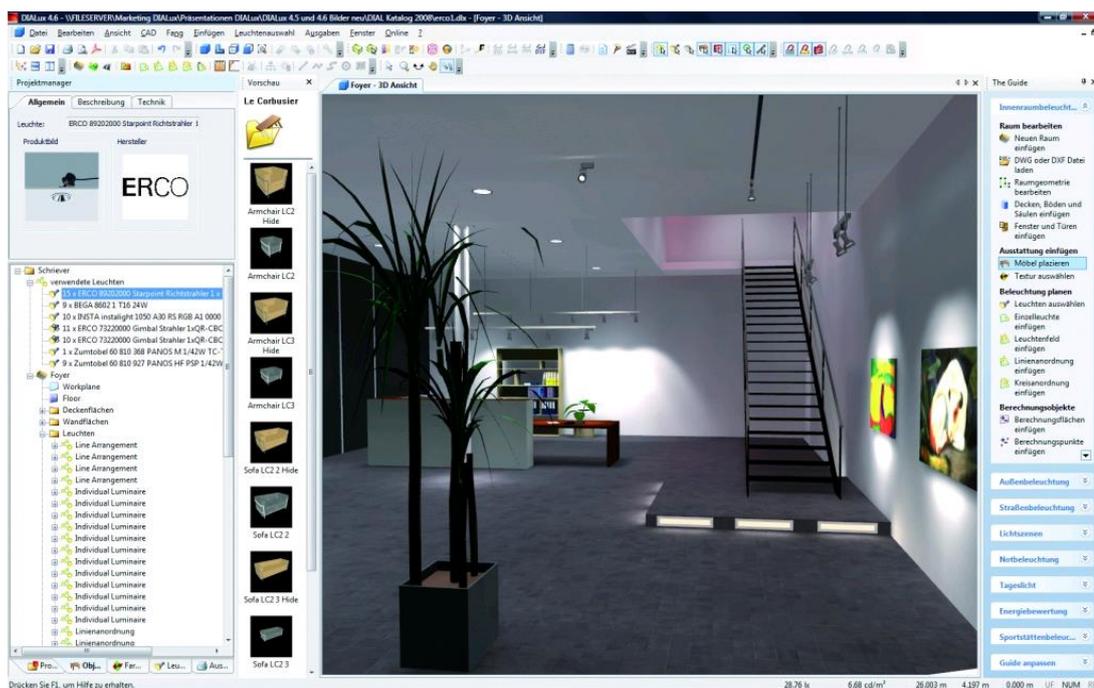


Figura 50: Software para planificación de iluminación. Fuente (DALUX)

### 3.2.7 Iluminación Propuesta

Se propone a continuación la manera de mejorar mejor el sistema de iluminación del Hospital Vicente Corral Moscoso, con esta finalidad se prevé el cambio de tecnología de las lámparas, es decir se conservara la instalación y las carcassas de las luminarias existentes, las alternativas de cambio se indicaran en los siguientes apartados.

#### 3.2.7.1 Situación actual de la iluminación

En base a la simulación realizada como muestreo de la iluminación actual cuyo en dos zonas de la planta baja, el pasillo que debería alcanzar los 200 luxes y el Cuarto de Esterilización que tendría que alcanzar los 300 luxes (ver Tabla 27), los resultados se muestran a continuación:

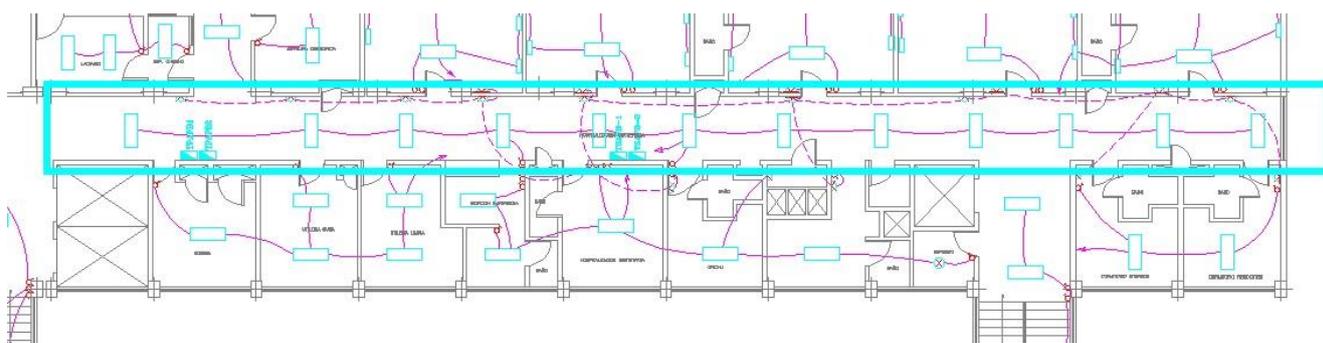


Figura 51: Situación Actual, Pasillo, Planta Baja

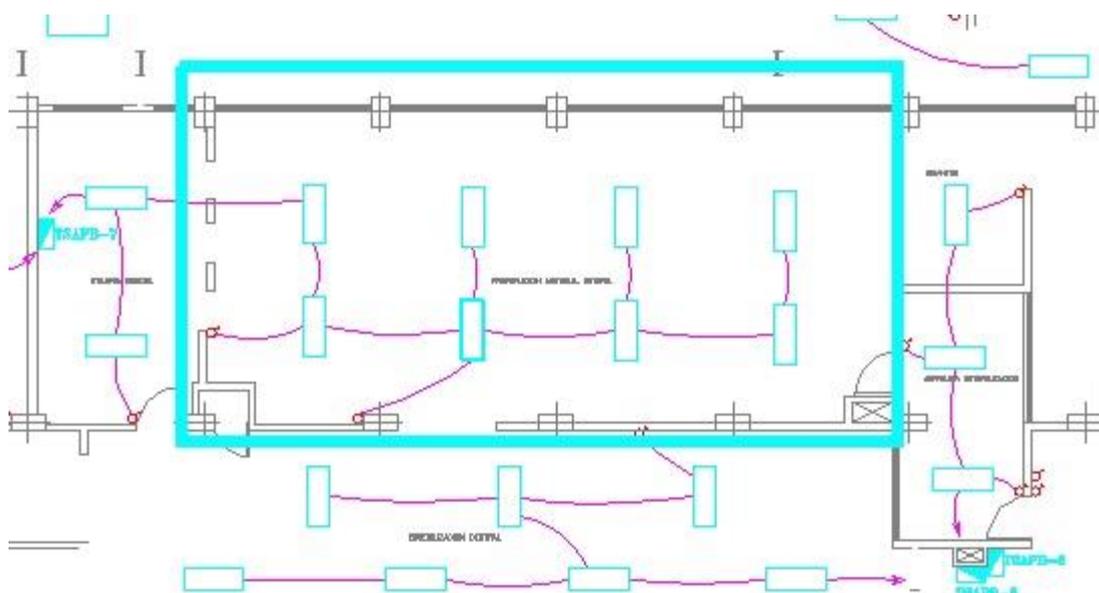
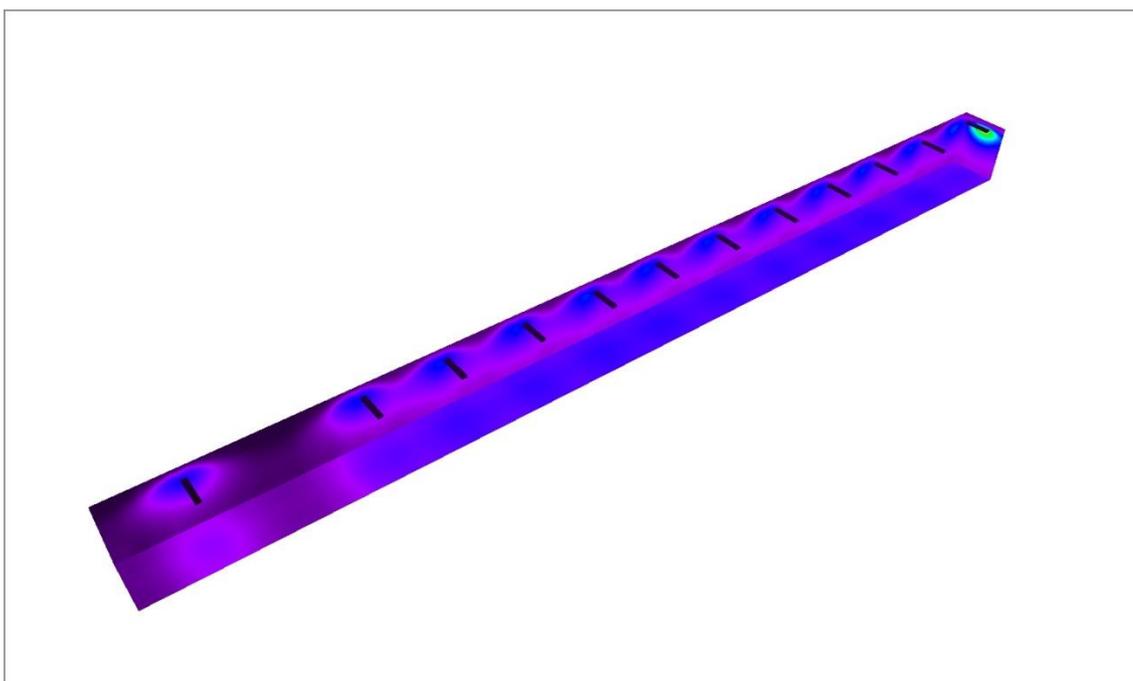


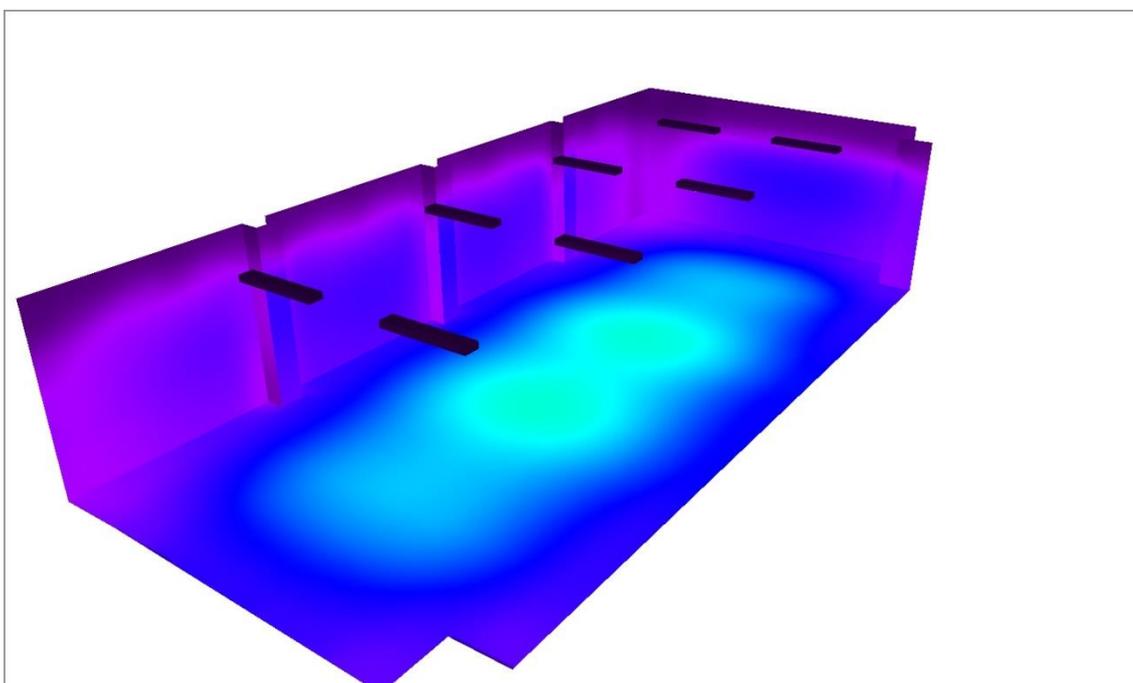
Figura 52: Situación Actual, Preparación Material Estéril, Planta Baja

	350.00 lx
	306.25 lx
	262.50 lx
	218.75 lx
	175.00 lx
	131.25 lx
	87.50 lx
	43.75 lx
	0.00 lx

Figura 53: Nivel Lumínico en base a la simulación



**Figura 54: Resultados de la Simulación: Situación Actual, Pasillo, Planta Baja**



**Figura 55: Resultados de la Simulación: Situación Actual, Preparación Material Estéril, Planta Baja**

En base a las simulaciones se puede decir que no se está cumpliendo el nivel lumínico recomendado con las luminarias actuales ya que se alcanza en pasillos los 87 luxes y en el Cuarto de Material Estéril los 130 luxes.

**3.2.7.2 Sustitución de T12 a T8**

Los resultados de la sustitución de Tecnología T12 a T8 son:

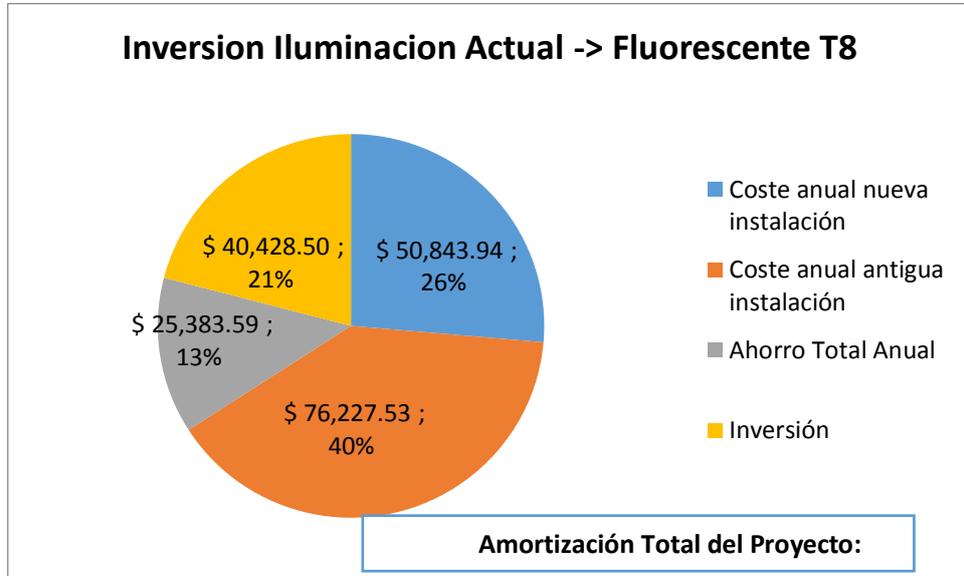


Figura 56: Sustitución de Tecnología T12 a T8

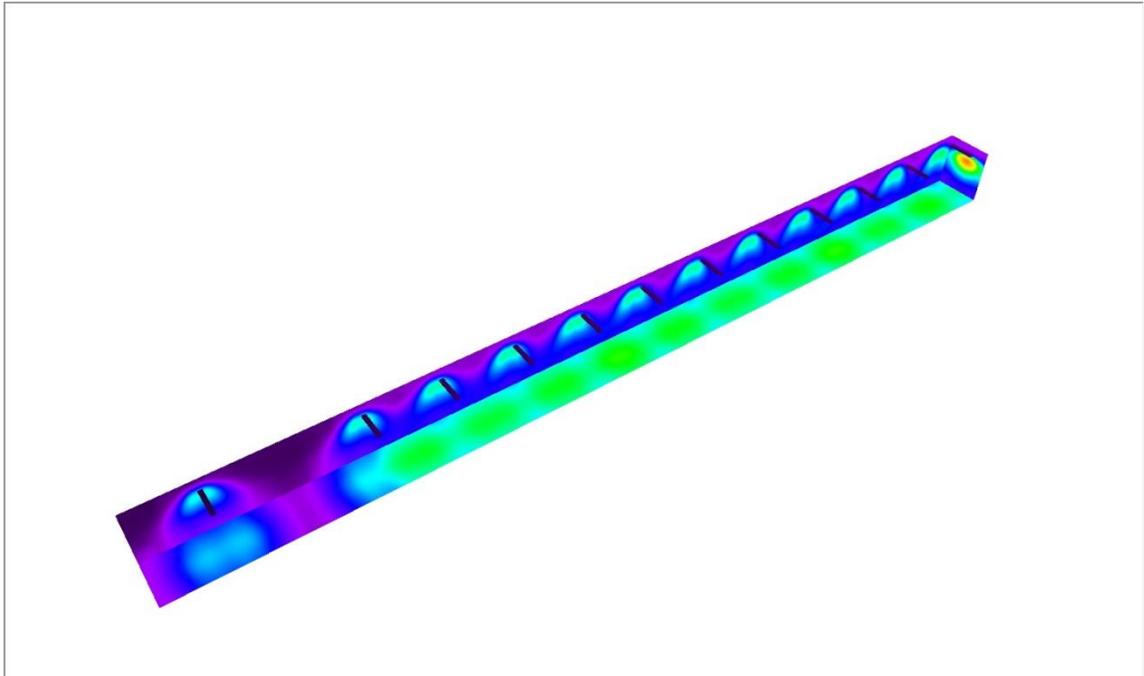


Figura 57: Resultados de la Simulación: Sustitución por T8, Pasillo, Planta Baja

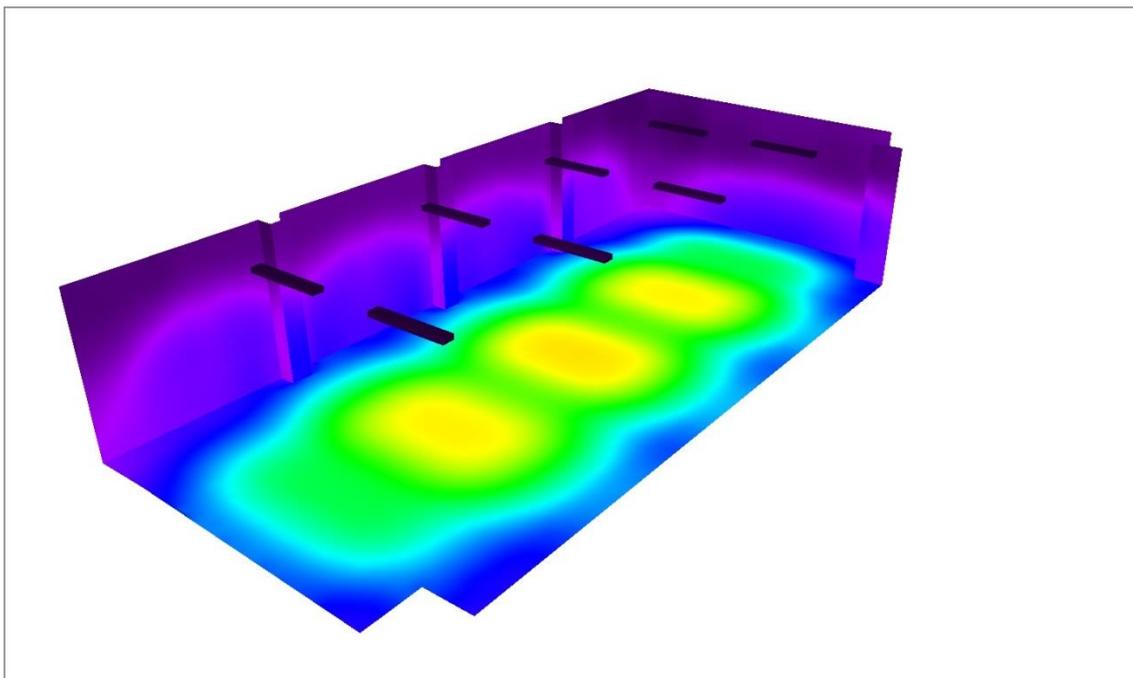


Figura 58: Resultados de la Simulación: Sustitución T8, Preparación Material Estéril, Planta Baja

En base a las simulaciones con la sustitución de lámparas a T8 se alcanza en pasillos los 175 luxes y en el Cuarto de Material Estéril los 220 luxes.

### 3.2.7.3 Sustitución de T12 a T5

Los resultados de la sustitución de Tecnología T12 a T5 son:

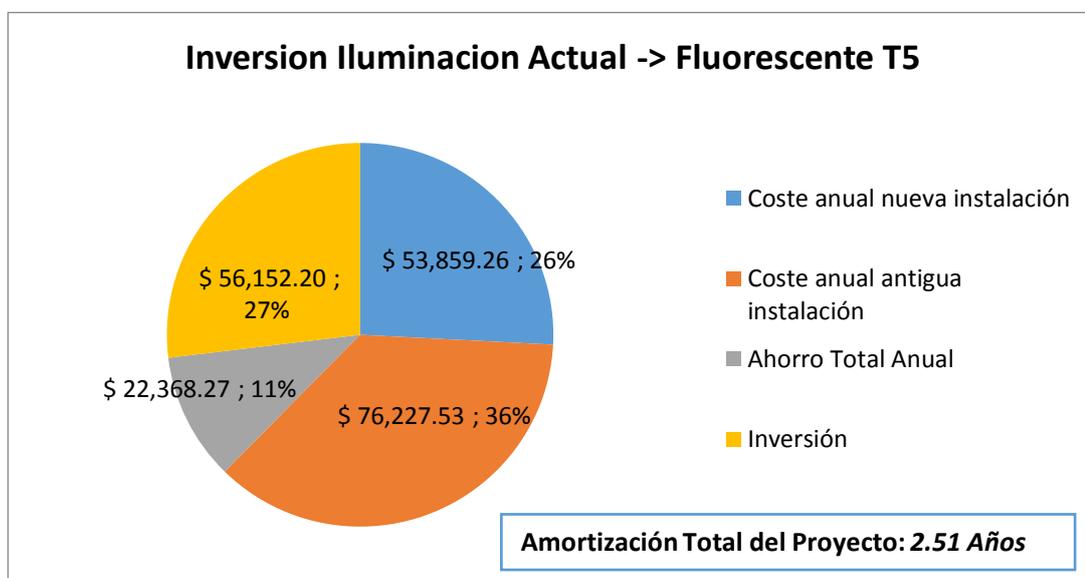


Figura 59: Sustitución de Tecnología T12 a T5

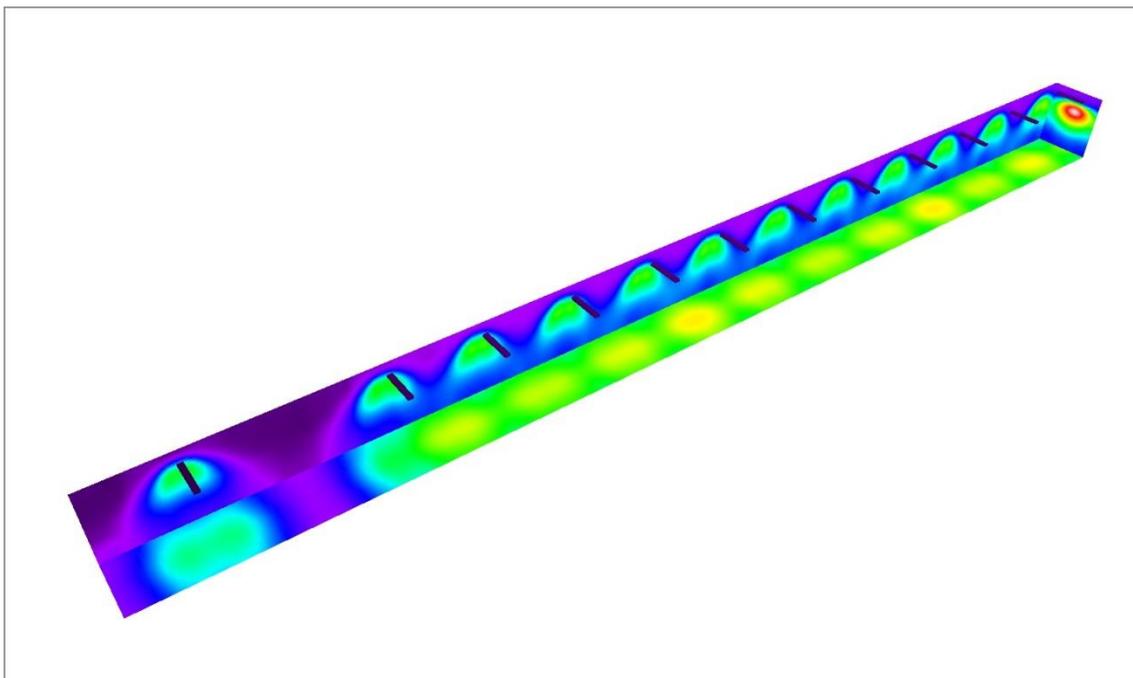


Figura 60: Resultados de la Simulación: Sustitución por T5, Pasillo, Planta Baja

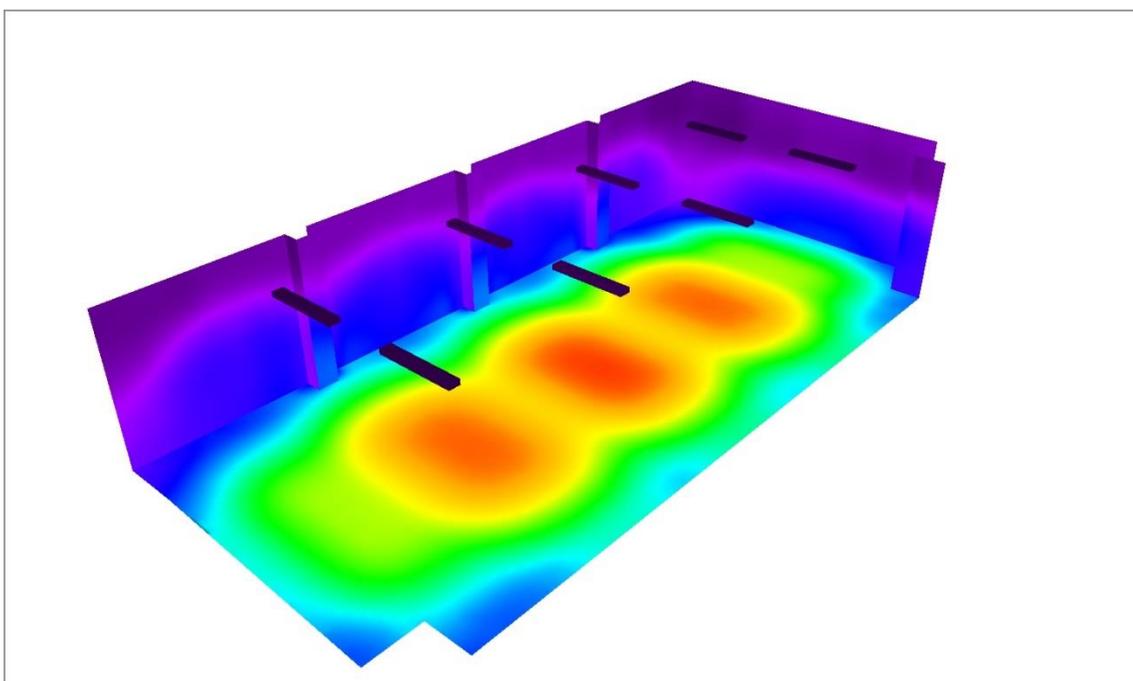


Figura 61: Resultados de la Simulación: Sustitución T5, Preparación Material Estéril, Planta Baja

En base a las simulaciones con la sustitución de lámparas a T8 se alcanza en pasillos los 200 luxes y en el Cuarto de Material Estéril los 260 luxes.

### 3.2.7.4 Sustitución de T12 a LED

Los resultados de la sustitución de Tecnología T12 a LED son:

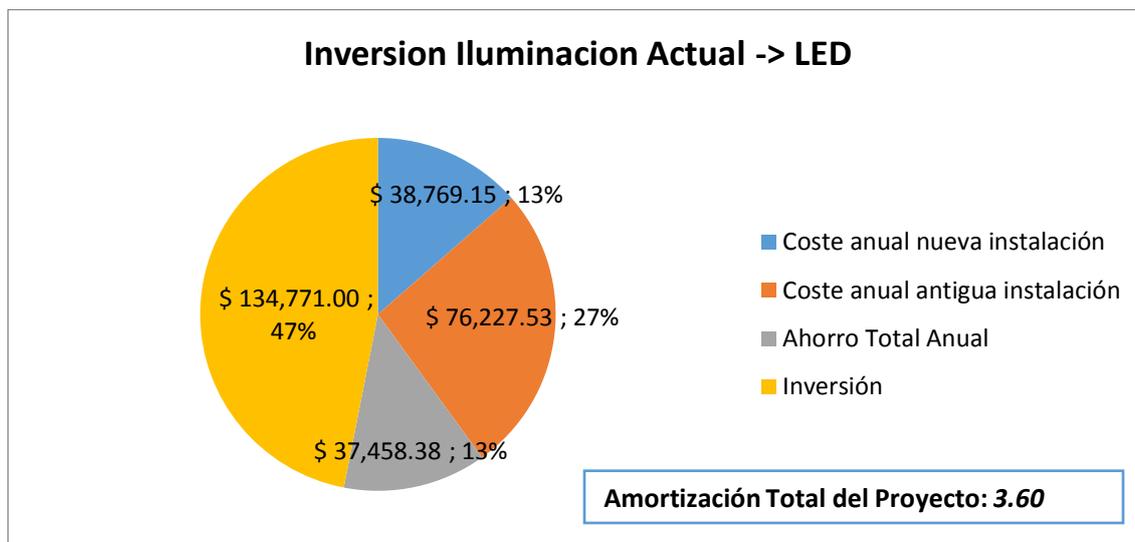


Figura 62: Sustitución de Tecnología T12 a LED

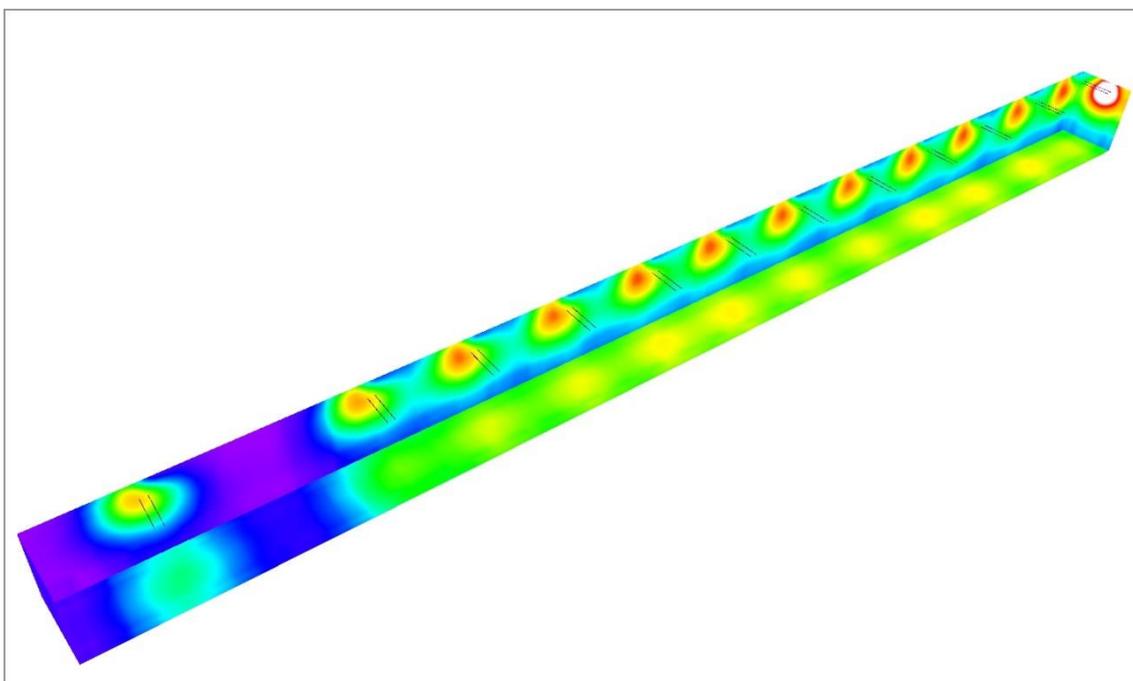


Figura 63: Resultados de la Simulación: Sustitución por LED, Pasillo, Planta Baja

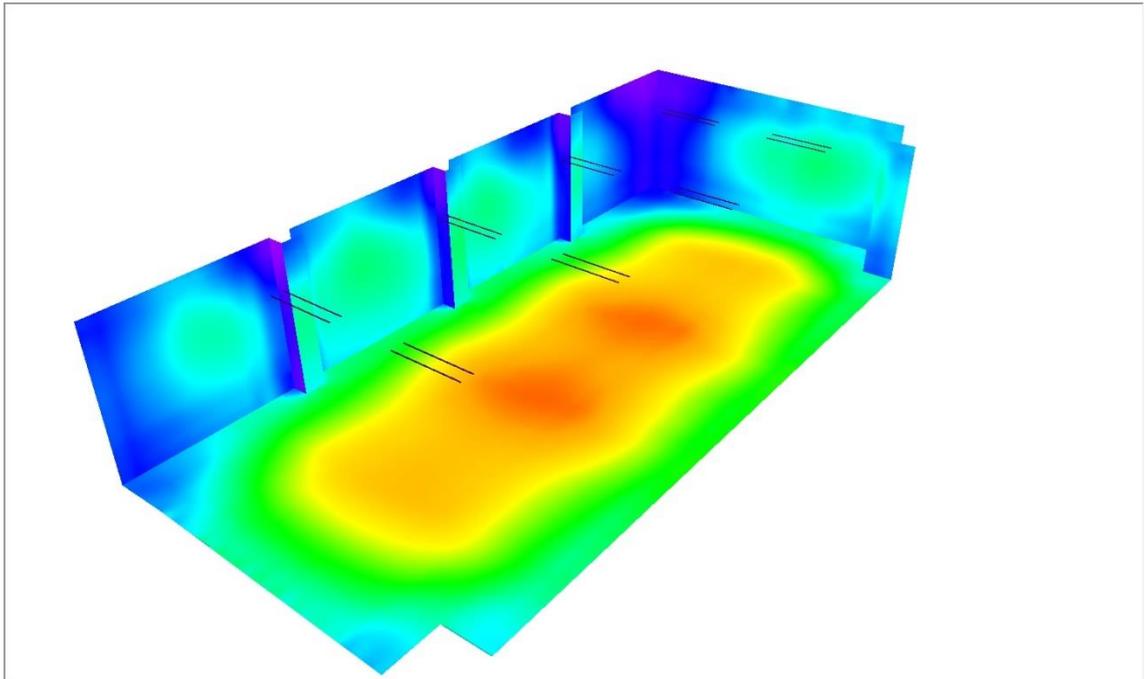


Figura 64: Resultados de la Simulación: Sustitución LED, Preparación Material Estéril, Planta Baja

En base a las simulaciones con la sustitución de lámparas a LED se alcanza en pasillos los 200 luxes y en el Cuarto de Material Estéril los 250 luxes.

### 3.2.8 Sistema de Iluminación Elegido

Tomando en cuenta todas estas propuestas de mejoramiento por cambio de tecnología, se determina que es un cambio viable el hecho de sustituir las lámparas por lámparas de tecnología **LED** ya que el tiempo de retorno de la inversión es de **3.60 años**. De acuerdo al anexo 3 la energía consumida anualmente sería de 341,491.81 kWh/año, es evidente que si se emplea sensores de movimiento se tendría un ahorro mayor en las zonas de circulación (pasillos) pero para el presente análisis no se considerara ya que demandaría instalación de tubería, conductores y costos de mano de obra adicionales.

De acuerdo al apartado 2.3.3.1.1 la energía consumida al año fue:

$$\frac{E_E}{\text{año}} = 1.422,768 \frac{kWh}{\text{año}}$$

La misma que está compuesta de la siguiente manera

$$E_E = E(\text{iluminacion}) + E(\text{equipos}) + E(\text{perdidas})$$

$$1.422,768 \frac{kWh}{año} = 747,639.7 \frac{kWh}{año} + 634,699.77 \frac{kWh}{año} + E(\text{perdidas})$$

$$E(\text{perdidas}) = 40,428.53 \frac{kWh}{año}$$

Por lo que la energía eléctrica debido a perdidas (efecto Joule, fugas, etc) están en el orden del 2.84%, estando dentro del rango aceptable de las mismas.

Partiendo del sistema elegido (sustitución por lámparas LED) los valores de los índices energéticos se modificarían de la siguiente manera:

$$E_E = E(\text{iluminacion}) + E(\text{equipos}) + E(\text{perdidas})$$

$$E_E = E(\text{iluminacion}) + E(\text{equipos}) + 0.028E_E$$

$$E_E = \frac{E(\text{iluminacion}) + E(\text{equipos})}{0.972}$$

$$E_E = \frac{341,491.81 \frac{kWh}{año} + 634,699.77 \frac{kWh}{año}}{0.972}$$

$$\frac{E_E}{año} = 1.004,312.33 \frac{kWh}{año}$$

$$\frac{E_E}{dia} = 1.004,312.33 \frac{kWh}{año} \times \frac{año}{365 dia}$$

$$\frac{E_E}{dia} = 2751.54 \frac{kWh}{dia}$$

- Número de camas en total son 290, sim embargo solo están operativas 250
- El porcentaje de ocupación en el 2013 fue de 95.3%
- El número de camas porcentualmente ocupadas fue de 238 camas

Con la información antes expuesta se procede a realizar el cálculo de energía consumida kWh/(cama/día), teniendo así:

$$\frac{E_E}{\text{cama}/\text{día}} = \frac{2751.54 \frac{\text{kWh}}{\text{día}}}{238 \text{ camas}}$$

$$\frac{E_E}{\text{cama}/\text{día}} = 11.56 \frac{\text{kWh}}{\text{cama}/\text{día}}$$

- Promedio anual de consumo por metro cuadrado:
  - Área del hospital = 22346.65 m<sup>2</sup>

$$\frac{E_E}{\text{m}^2/\text{año}} = 11.56 \frac{\text{kWh}}{\text{cama}/\text{día}} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} \times \frac{238 \text{ camas}}{22346.65 \text{ m}^2}$$

$$\frac{E_E}{\text{m}^2/\text{año}} = 44.94 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2/\text{año}}$$

### 3.3 Índices Energéticos Óptimos.

Según la propuesta de gestión energética propuesta en el siguiente capítulo, los índices energéticos podrían mejorar representativamente hasta llegar a los siguientes valores, los cuales representan un menor consumo de energía y por ende un ahorro económico para el Hospital.

$$E_T = 8.3 \frac{\text{MWh}}{\text{cama}}/\text{año} \quad E_E = 4.22 \frac{\text{MWh}}{\text{cama}}/\text{año}$$

$$E_T = 88.3 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}/\text{año} \quad E_E = 44.94 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}/\text{año}$$

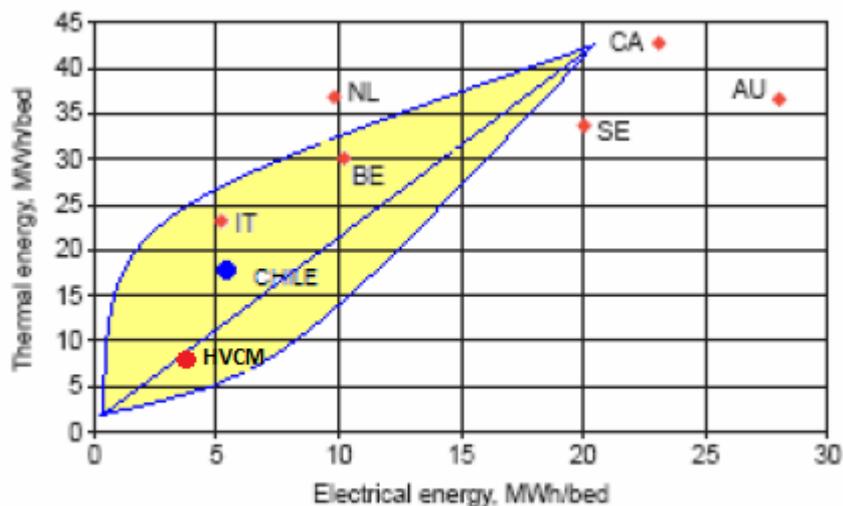


Figura 65: Indicadores consumo energético óptimo anual 2013 por cama. Fuente: (CADET, 1997)

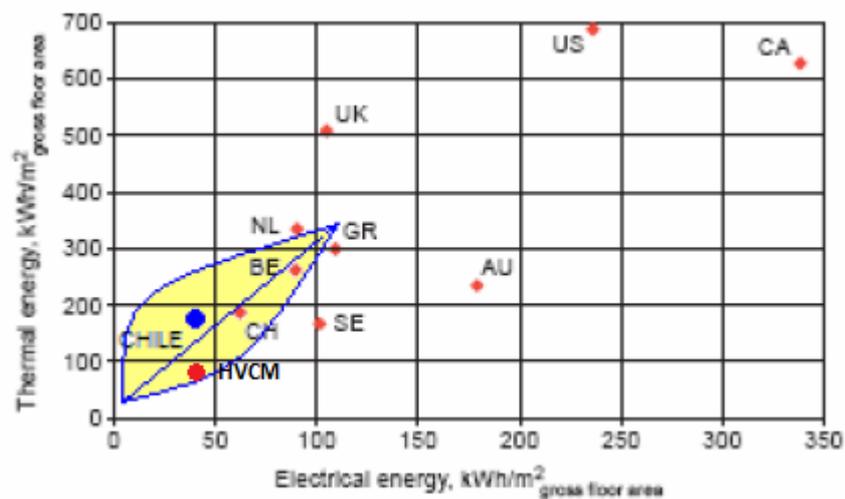


Figura 66: Indicadores consumo energético óptimo anual por superficie. Fuente: (CADET, 1997)



Figura 67: Comparación de Indicadores Energéticos Actual Vs. Propuesto

## 4. CAPITULO 4: ELABORACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA EL HOSPITAL

### 4.1 FORMULACIÓN DE SOLUCIONES OPERATIVAS Y DE INVERSIÓN.

De los resultados obtenidos en el capítulo anterior, se detallan a continuación las soluciones que se deberían considerar e implementar para mejorar el rendimiento de los diferentes sistemas.

#### 4.1.1 Sistema Térmico

##### 4.1.1.1 Reducción de pérdidas en el tanque de condensado y banco de distribución

El aislamiento del tanque de condensado y banco de distribución se encuentran en mal estado, las cuales producen fugas de calor y por ende pérdidas de energía en el sistema, por lo que se propone aislar térmicamente tanto el tanque como el banco de distribución con lana de vidrio y con un recubrimiento de hoja de aluminio de espesor de 25.4mm.

**Tabla 32:**

**Costo aislamiento térmico de tanque de condensado y banco de distribución**

COSTO DE AISLAMIENTO TÉRMICO DE TANQUE DE CONDENSADO Y BANCO DE DISTRIBUCIÓN			
Concepto	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
	Unidades	USD	USD
Plancha aislantes térmica 8*1,20m e=25,4mm	2	201,52	403,03
<b>TOTAL</b>			<b>403,03</b>

##### 4.1.1.2 Reducción de pérdidas por fugas de vapor en tuberías.

Para la reducción de pérdidas por fugas de vapor en el trayecto de distribución del mismo, se debe iniciar con un plan de mantenimiento general de todas las tuberías para verificar su estado, para lo cual el Hospital cuenta con recurso humano y equipos para poder reparar y sustituir tuberías y accesorios que estén en mal estado, relativamente la tubería se encuentra en buen estado, siendo la inspección periódica actividad principal a

realizarse. La red debe estar hermética al máximo para evitar esta pérdida de energía.

Para reducir las pérdidas de calor al ambiente es necesario que las superficies de las tuberías, accesorios, etc., estén correctamente aisladas. Lo cual permitirá evitar que aproximadamente un 90% de la energía se pierda innecesariamente.

**Tabla 33:**  
**Costo reparación de fugas.**

COSTO DE REPARACIÓN DE FUGAS EN TUBERÍAS			
Concepto	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
	m	USD	USD
Tubo de acero negro c/40 2"	7,00	6,84	47,90
Tubo de acero negro c/40 3"	9,00	10,30	92,70
TOTAL			140.6

#### **4.1.1.3 Reducción de pérdidas y mantenimiento en trampas de vapor.**

Las trampas de vapor en primer lugar se encuentran mal ubicadas y por ende no realizan su trabajo de manera óptima, por lo que se sugiere reemplazar las mismas y dejar correctamente ubicadas, en uno de los casos se realizó una inspección y se encontró completamente abierta, debido a que su mecanismo se encontraba averiado.

Una sola trampa de vapor mediana trabajando de manera defectuosa puede tener una pérdida de vapor de unos 20Kg/h, lo cual puede significar un consumo adicional de combustible en la caldera de 0.4 gal/h o 2800 gal/año.

**Tabla 34:**  
**Costo de reemplazo de trampas de vapor.**

COSTO DE REEMPLAZO DE TRAMPAS DE VAPOR			
Concepto	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
	m	USD	USD
Trampa de vapor de 2"	2,00	476,87	953,74
Trampa de vapor de 3"	2,00	754,52	1509,03
TOTAL			2462.77

#### 4.1.1.4 Optimización de la combustión.

El control de exceso de aire es una de las principales técnicas para mejorar la eficiencia de una caldera dando excelente resultado con inversiones que relativamente resultan bajas dependiendo del sistema que se adopte. Esta técnica consiste en regular los flujos de aire y combustible mediante la apertura del damper del ventilador y de la válvula de ingreso al quemador respectivamente, de tal manera que se mantenga una relación aire-combustible que logre un mínimo de exceso de aire (reflejado por la concentración de Oxígeno en la chimenea) a la potencia del quemador que se trabaje, y con una mínima producción de inquemados (básicamente hollín y CO).

El nivel mínimo de exceso de aire a emplear depende del combustible usado (Diesel tipo II) y del tipo de quemador disponible. Para quemadores de tiro forzado y aire sin precalentar, los niveles de exceso de aire a conseguir son los que se indican en la siguiente tabla

**Tabla 35:**  
Nivel recomendado de exceso de aire. Fuente: Uso Racional de Energía. Perú.

Combustible	Parámetro			
	Exceso aire (%)	O <sub>2</sub> en chimenea (%)	CO en chimenea (ppm)	Opacidad de humos (Índice Bacharach)
Gas natural	10 máx	2,0 máx	50 máx	0
Diesel	20 máx	3,5 máx	200 máx	3 máximo
Residual	25 máx	4,0 máx	400 máx	4 máximo

Para realizar un buen ajuste del exceso de aire y obtener una combustión adecuada, es necesario obtener una buena mezcla de aire combustible. Para obtener una buena relación es necesario dar un mantenimiento exhaustivo a bombas, filtros, calentadores, válvulas de control, sistema de atomización, entre otros. Sin ello no se logrará un buen ajuste, y además tener el compromiso de realizar una limpieza de la caldera en el lado de agua y gases.

Los ahorros a obtenerse al reducir el exceso de aire pueden ser representativos dependiendo del nivel de exceso encontrado. En la siguiente gráfica se puede apreciar el ahorro de combustible que puede llegar a representar tener una buena combustión.

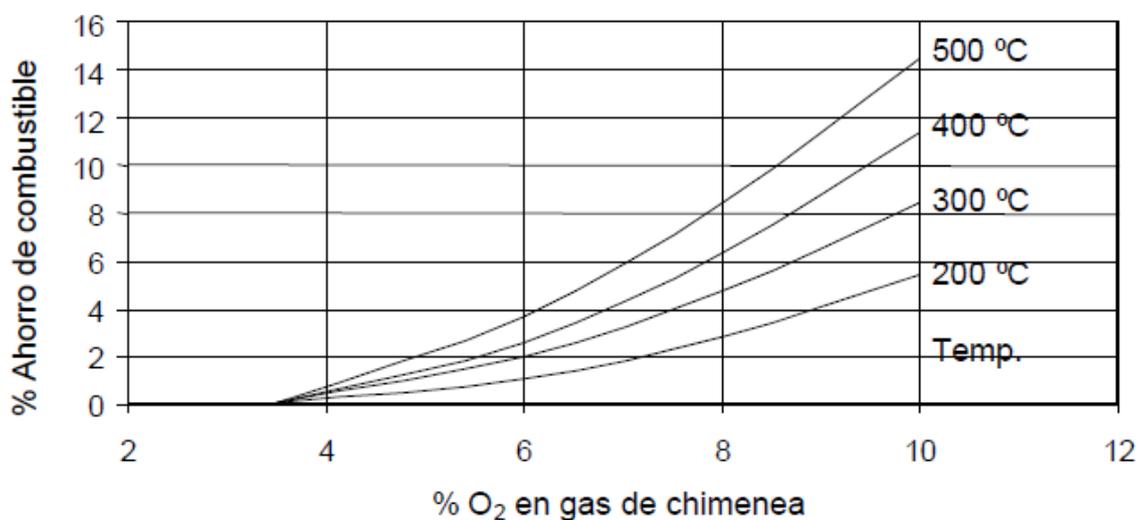


Figura 68: Ahorro de petróleo al reducir el exceso de aire al 20%. Fuente: Uso Racional de Energía. Perú.

Según el tipo de combustible usado (Diesel II) se recomienda una relación de A/C de 18.1 hasta 10, esto conllevaría a tener un aumento de la eficiencia en la combustión del 83 al 90% aproximadamente.

Tabla 36:

Costo contrato empresa tratamiento de agua y análisis de gases.

Concepto	Cantidad	Costo Unit.	Costo Total
	meses	USD	USD
Contrato Empresa	12,00	200,00	2400,00
TOTAL			2400,00

#### 4.1.1.5 Evaluación Técnico – Económica De Las Oportunidades De Ahorro

Conociendo del estado actual y de la mejora propuesta para un óptimo funcionamiento del sistema se calcula el ahorro que representaría en combustible.

- Consumo actual:

Consumo promedio global: 7343.75 gal/mes = 244.8 gal/día global

Consumo diésel para producir producción de vapor = 163.45 gal/día

- Consumo posterior a la aplicación de eficiencia energética:

$$Q_{combustible} = \frac{Q_{vapor}}{e}$$

$$Q_{combustible} = \frac{12844.98 \frac{MJ}{día}}{0.66} = 19462.1 \frac{MJ}{día}$$

$$mc = \frac{Q_{combustible}}{PC} = \frac{19462.1 \frac{MJ}{día}}{43.10 \left( \frac{MJ}{kg} \right)} = 451.55 \frac{kg}{día}$$

$$V_c = \frac{mc}{\rho_c} = \frac{451.55 \frac{kg}{día}}{832 \frac{kg}{m^3}} = 0.542 \frac{m^3}{día}$$

$$V_c = 143.4 \frac{gal}{día}$$

$$\text{Costo del combustible} = 0.9187 \frac{USD}{gal}$$

Ahorro = consumo actual – consumo propuesto

$$\text{Ahorro (galones)} = 163.45 \frac{gal}{día} - 143.4 \frac{gal}{día}$$

$$\text{Ahorro (galones)} = 20.05 \frac{gal}{día}$$

$$\text{Costo del combustible} = 0.9087 \frac{USD}{gal}$$

$$\text{Ahorro (USD)} = 20.05 \frac{gal}{día} * 0.9187 \frac{USD}{gal}$$

$$\text{Ahorro (USD)} = 18.42 \frac{USD}{día}$$

$$\text{Ahorro (USD)} = 552.59 \frac{USD}{mes}$$

$$\text{Ahorro (USD)} = 6723.3 \frac{USD}{año}$$

#### 4.1.1.6 Costo de Implementación y Retorno de la Inversión.

Se determina el costo de la inversión para implementar un sistema eficiente térmicamente, para lo cual es necesario obtener los indicadores financieros TIR (Tasa Interna de Retorno) y PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión).

**Tabla 37:**

##### Inversión para aumentar eficiencia térmica

INVERSIÓN EN MEJORAS	USD
AISLAMIENTO DE TANQUE DE CONDENSADO Y BCO. DISTRIBUCIÓN.	\$ 403.03
REPARACIÓN DE FUGAS	\$ 140.60
REEMPLAZO DE TRAMPAS DE VAPOR	\$ 2,462.77
OPTIMIZACIÓN DE LA COMBUSTIÓN	\$ 2,400.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 5,406.40</b>

**Tabla 38:**

##### Flujo de dinero (Térmico)

Flujo de Ingresos		Flujo de Egresos		Flujo Efectivo Neto		Flujo Acumulado	INVERSIÓN
A	B	A	B	A-B	C		
AÑO	VALOR	AÑO	VALOR	AÑO	VALOR	VALOR	
1	\$ 6,723.30	1	\$ 5,406.40	1	\$ 1,316.90	\$ 1,316.90	\$ (5,406.40)
2	\$ 6,723.30	2	\$ 2,400.00	2	\$ 4,323.30	\$ 5,640.20	
3	\$ 6,723.30	3	\$ 4,862.77	3	\$ 1,860.53	\$ 7,500.73	
4	\$ 6,723.30	4	\$ 2,400.00	4	\$ 4,323.30	\$ 11,824.03	
5	\$ 6,723.30	5	\$ 2,400.00	5	\$ 4,323.30	\$ 16,147.33	

**Tabla 39:**

##### VAN – TIR – PRI (Térmico)

VAN	\$ 7,082.88
TIR	43%
PRI (meses)	21

En la tabla 38 el flujo de ingresos corresponde al ahorro generado por concepto de combustible, el flujo de egresos corresponde a los gastos que

se tendrá durante los 5 años, donde el tercer año se considera una nueva adquisición de trampas de vapor.

La tabla 39 nos muestra los indicadores económicos VAN = \$ 7.082,88, TIR = 43% comparado con la tasa de interés de 8.09% (BCE, 2015) y el PRI sería de 21 meses, éstos indicadores confirman la viabilidad del proyecto de eficiencia energética para el campo térmico del Hospital Vicente Corral Moscoso.

#### ***4.1.1.7 Estrategias de Ahorro Energético en el Sistema Térmico***

De acuerdo a la propuesta de eficiencia energética presentada en el capítulo 3, se presente una mejora en la eficiencia basada principalmente en los siguientes puntos:

- Mejora de los aislamientos térmicos del tanque de condensado y banco de distribución, los cuales se encuentran en mal estado.
- Tener un programa de mantenimiento para detectar fugas de vapor y proceder de manera inmediata a corregir o reparar las mismas, además de revisar que se encuentre en buen estado el aislamiento y en los casos que amerite reparar o cambiar, realizarlo enseguida.
- Las trampas de vapor en primer lugar se encuentran mal ubicadas y por ende no realizan su trabajo de manera óptima, por lo que se sugiere reemplazar las mismas y dejar correctamente ubicadas, en uno de los casos se realizó una inspección y se encontró completamente abierta, debido a que su mecanismo se encontraba averiado.
- Revisión periódica de las trampas de vapor, y verificar que se encuentren correctamente ubicadas para que cumplan con su función de manera efectiva.
- Mantener un estricto control en la relación aire – combustible, hasta llegar a un valor de exceso de aire de 10% que es lo recomendable para la operación de este caldero. La calibración de la combustión se la debe realizar trimestralmente pero se

recomienda mensualmente revisar para mantener una operación óptima del caldero. Una reducción del exceso de aire, disminuye la temperatura de los gases de escape, reduciendo la pérdida de calor en la chimenea y transfiriendo más calor al vapor.

A lo antes mencionado que es lo de mayor impacto se propone también realizar acciones estratégicas como parte de este programa tales como:

- Realizar un plan de mantenimiento preventivo que se de cumplimiento y poder tener registros históricos que sean de utilidad para poder analizar de manera continua la eficiencia del sistema para esto es necesario que se capacite al personal y se les indique la importancia de operar con un sistema energéticamente eficiente
- Mantenimiento anual de la caldera, la misma que debe constar principalmente de verificar estado proceder a la limpieza de tubos de fuego y hogar de la misma. Esta actividad consta dentro del plan de mantenimiento del Hospital.
- Eliminar todas las tuberías de las redes antiguas y que ya no forman parte del actual sistema, ya que con esto se disminuirán las pérdidas mediante convección por transferencia superficial. Cuando se realizó la inspección inicial al sistema se pudo evidenciar que existen varias tuberías fuera de operación y por tal motivo lo óptimo sería retirarlas y dejar únicamente la red del sistema térmico actual.

#### **4.1.2 Sistema Eléctrico**

El Hospital Vicente Corral Moscoso conserva gran parte de las instalaciones eléctricas originales, si bien estas se encuentran operativas pero si valdría la pena un cambio de tecnología (fuentes de iluminación y equipos), una mejor distribución de acometidas (calibres y recorridos) y con el incremento de centros de distribución (para disminuir las caídas de tensión).

#### **4.1.2.1 Evaluación Técnico – Económica de las Oportunidades de Ahorro en el Sistema Eléctrico**

En este apartado se indicara de manera general una manera de ser más eficientes ya sea por el cambio de tecnología o por gestión energética.

##### *4.1.2.1.1 Iluminación*

Como se pudo demostrar en el Capítulo 3 de la presente tesis una manera muy adecuada y con una inversión que se pagaría en el corto plazo, se estableció como primer cambio el cambio de tecnología de las lámparas actuales a lámparas Tipo LED con lo que se reduciría el consumo energético en iluminación de  $747,639.7 \frac{kWh}{año}$  a  $341,491.81 \frac{kWh}{año}$ , es decir un 45.67% del consumo original en iluminación.

##### *4.1.2.1.2 Tomas de Carga (Equipos)*

Como se puede ver en el anexo 3, el hospital dispone de un sin número de equipos en sus diferentes áreas de atención, al igual que motores, y cargas menos sustanciales; sin embargo todo este conjunto de elementos a la hora considerar consumo energético tiene su peso, por consiguiente es siempre preferible el uso de equipos más eficientes.

##### *4.1.2.1.3 Conductores*

Mientras se están considerando instalaciones y equipos más eficientes las pérdidas de energía por sub dimensionamiento de conductores son frecuentemente ignoradas.

Si se instalan cables con el tamaño mínimo permitido, las pérdidas de energía pueden ser muy significativas. Entonces, es necesario considerar cuanto se ahorra si se evitan las pérdidas de energía a lo largo de la vida útil del conductor.

Tradicionalmente se utiliza el criterio de minimizar el costo en la compra de los conductores eléctricos. Esto se logra escogiendo el conductor de menor sección que le permita resistir las condiciones extremas esperadas, es decir, cuya corriente máxima sea mayor que la corriente

máxima del proyecto. También se considera como exigencia un máximo de caída de tensión en el extremo de la carga. Esto determina la existencia de una sección mínima impuesta por dichas condiciones de carga, instalación, caída de tensión máxima y las características del conductor.

#### 4.1.2.2 Costo de Implementación y Retorno de la Inversión.

Se determina el costo de la inversión para implementar un sistema eficiente eléctricamente, este cálculo está elaborado en base a la sustitución de luminarias tipo LED para lo cual es necesario obtener los indicadores financieros TIR (Tasa Interna de Retorno) y PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión).

**Tabla 40:**

#### Flujo de dinero (Eléctrico)

Flujo de Ingresos		Flujo de Egresos		Flujo Efectivo Neto		Flujo Acumulado	INVERSION
A		B		A-B	C		
AÑO	VALOR	AÑO	VALOR	AÑO	VALOR	VALOR	
1	\$ 37.458,38	1	\$ 134.771,00	1	\$ (97.312,62)	\$ (97.312,62)	\$ (134.771,00)
2	\$ 37.458,38	2	\$ 588,53	2	\$ 36.869,85	\$ (60.442,77)	
3	\$ 37.458,38	3	\$ 588,53	3	\$ 36.869,85	\$ (23.572,92)	
4	\$ 37.458,38	4	\$ 588,53	4	\$ 36.869,85	\$ 13.296,93	
5	\$ 37.458,38	5	\$ 588,53	5	\$ 36.869,85	\$ 50.166,78	

**Tabla 41:**

#### VAN – TIR – PRI (Eléctrico)

VAN	\$ 22.722,51
TIR	19%
PRI (meses)	43

#### 4.1.2.3 Estrategias de Ahorro Energético en el Sistema Eléctrico

- Frecuentemente los niveles de iluminación son elevados, tanto en áreas comunes como para áreas específicas. Conviene comprobar tales niveles mediante el uso de un luxómetro y compararlo con las tablas de Iluminación. En caso de existir sobre iluminación, conviene retirar algunas lámparas o sustituirlas por otras de menor potencia. Si

el nivel de iluminación no es suficiente, se pueden utilizar reflectores de aluminio en los gabinetes sin incrementar la carga eléctrica.

- En caso de que los niveles de iluminación sean los adecuados, entonces lo recomendable es utilizar lámparas que proporcionen el mismo nivel, pero con una menor potencia. Lo más aconsejable será esperar a la terminación de la vida útil de la lámpara antes de hacer la sustitución. Para estos fines es fundamental llevar un control por área de las horas de utilización de las lámparas, que servirá para hacer el reemplazo en grupo.
- Uno de los problemas más generalizados consiste en la imposibilidad de apagar ciertas lámparas que no son necesarias en determinado momento, debido a que existe un interruptor que controla un número de lámparas que por razón de la división de las oficinas quedan en pasillos y sala de juntas, originando que siempre permanezcan encendidas.
- Es conveniente redistribuir los circuitos de alumbrado de tal manera que las lámparas ubicadas cerca de las ventanas se puedan encender y apagar por medio de un interruptor sencillo (o mediante un control automático con foto celda), a fin de aprovechar la luz solar. En caso de que las luminarias se encuentren en las áreas donde no se requiera iluminación directa, se recomienda reducir el menor número de lámparas por luminaria.
- El difusor es la tapa de acrílico que se coloca debajo de las lámparas. Su función consiste en difundir hacia los extremos la luz que sale en forma vertical. Además reduce la brillantez sin que por ello se afecte el nivel de iluminación. Si el difusor se encuentra sucio por el polvo acumulado, o bien ha adquirido un color amarillo, entonces sí disminuirá el nivel de iluminación. Haga una buena limpieza a sus difusores y si no mejoran, conviene sustituirlos por otros de mayor eficiencia; no acepte la compra de difusores de material similar al acrílico como poliestireno y otros; además de ser poco eficientes, su vida está limitada a un promedio de 12 a 15 meses en que pierden

por completo su color transparente. También existen en el mercado difusores tipo rejilla con los que se obtienen buenos resultados.

- En muchos edificios las lámparas se encuentran tan elevadas, que si permanecieran apagadas no se afectaría el nivel de iluminación. Esto se debe a que solo son elementos decorativos. Si se desea aprovecharlas, se recomienda reducir la altura de montaje y rediseñar el sistema para colocar menor número de luminarias.
- Tenga en cuenta que el personal de seguridad y/o de mantenimiento no estará siempre en la disponibilidad de acatar las instrucciones en el sentido de desconectar determinados circuitos a determinadas horas; se recomienda instalar desde el sencillo apagador de tiempo en lugares de poco uso como pasillos, baños, etc., hasta equipos programables que conectan y desconectan circuitos según las necesidades del hospital. En áreas de poca actividad, como almacén, pasillos no muy transitados, subestaciones, etc., es recomendable el uso de equipos que enciendan la luz al detectar la presencia de personal.
- El alumbrado exterior posibilita incrementar la visibilidad, seguridad y el desenvolvimiento normal de todas las personas que circulan o circundan el hospital, entonces es esencial una buena iluminación y de manera eficiente. Como la principal preocupación es la eficiencia, se recomiendan los sistemas de Vapor de Sodio de Alta Presión (VSAP) que tiene las fuentes de luz más eficientes, al proporcionar la mayor cantidad disponible de lúmenes por vatio; estas lámparas tienen una vida útil más larga que otros sistemas, lo cual se traduce en menores costos de mantenimiento.
- La mayoría de los motores opera a menos de su carga de diseño. El margen de seguridad, la selección de potencia comercial y los requerimientos del torque de arranque significa que una gran cantidad de motores están operando a entre 60% y 80% de su plena carga y muchos funcionarían a carga muy baja para una parte sustancial de su vida activa.

- Compruebe que no haya sobrecalentamiento del motor debido a algún problema funcional o a la falta de ventilación.
- Elimine las conexiones flojas y los falsos contactos en la instalación eléctrica.
- Mantenga limpio el motor y los rodajes engrasados y en buenas condiciones, para reducir la fricción y el torque excesivo, que pueden ocasionar sobrecalentamiento y pérdidas de energía.
- Revise la instalación eléctrica para comprobar que no existan condiciones de sobre o bajo voltaje en el motor.
- En los hospitales debido a la existencia de multitud de usos de tipo eléctrico, se produce un desfase entre la potencia activa y reactiva, que viene determinado por el llamado factor de potencia.
- La rentabilidad de estos sistemas de compensación es elevada, de manera que acostumbran a amortizarse en plazos que oscilan entre los 12 y 24 meses.
- Podemos observar que la energía reactiva reduce la potencia activa, que es la energía útil en un sistema. Sin embargo, la energía reactiva es necesario para el funcionamiento de motores y transformadores, principalmente, ya que genera la inducción.
- Es importante señalar, que conforme se incrementa la energía reactiva, la potencia útil irá disminuyendo. Para ello es necesario corregirlo con un sistema de compensación reactiva (Banco de condensadores), que disminuye el ángulo generando una mayor eficiencia al aprovechar mejor la potencia aparente.

## 4.2 Definición de Planes de Acción en el Sistema Energético

Aplicar un ciclo para realizar mejoras permanentes en eficiencia energética es de sentido común y, básicamente, no es muy diferente de otros ciclos de mejora tales como el Seis Sigma o el ciclo «Plan-Do-Check-Act» (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar).

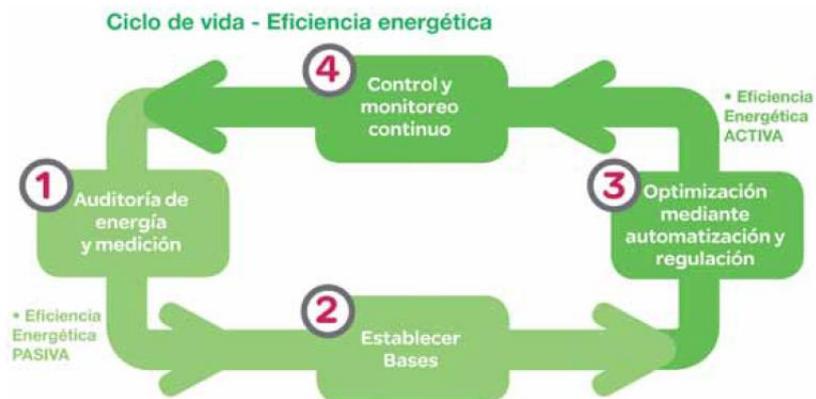


Figura 69: Ciclo Plan-Do-Check-Act. Fuente: (Schneider Electric, 2013)

Todas las mejoras comienzan con una decisión acerca de lo que hay que implementar. En la mayoría de los casos, una auditoría de energía es un primer paso apropiado para recopilar información sobre las oportunidades de ahorro y sacar el máximo provecho a las medidas que ya están disponibles.

Con esta información, se podrán tomar decisiones bien fundamentadas acerca de los siguientes pasos a dar.

En general, las primeras acciones identificadas serán medidas pasivas para establecer las bases. La sustitución de dispositivos poco eficientes por dispositivos de bajo consumo, la reparación de las fugas y la colocación de aislamientos suelen ser medidas de bajo costo que resultan rápidamente rentables.

El siguiente paso tras las medidas pasivas es la optimización de los sistemas. La automatización de estos sistemas garantiza el cumplimiento de medidas de sentido común como el apagado de las luces durante la noche.

Para estar seguros de que las medidas puestas en marcha resultan efectivas y sostenibles, puede ser necesario realizar mediciones y controles adicionales. Si disponemos de datos energéticos más detallados, es probable que podamos ahorrar más energía. Esto nos lleva a comenzar de nuevo el ciclo.

## 5. CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Se logra comprobar que el método para lograr eficiencia energética es a través del cambio de tecnología y de la gestión energética.
- La eficiencia de la caldera luego de los cálculos realizados y comparados con los datos proporcionados por el personal del Hospital es de 76%, el sistema de distribución tiene una eficiencia de 97% debido a su cambio y buen estado del mismo, y el proceso y equipos con un 83.9% lo que resulta en un 57.9% de eficiencia del sistema térmico.
- Luego de realizado los ajustes tales como relación aire - combustible, mejora del aislamiento térmico en el tanque de condensado y banco de distribución, control de fugas de vapor en la red de distribución, mejora en sistema de bombas, reemplazo de equipos antiguos por modernos con mejor eficiencia energética, mantenimiento periódico y reemplazo de trampas de vapor en mal estado, todo esto hace que la eficiencia del sistema térmico general llegue a un 66%, valor que es muy apegado a la realidad en sistemas con eficiencia energética.
- Como en todo proceso de transformación de energía no se puede aprovechar el 100% de la misma, debido a pérdidas asociadas al proceso térmico y equipos, se podría pensar en implementar sistemas de cogeneración para poder aumentar su eficiencia, pero esto representaría una alta inversión que por ahora el Hospital no puede realizar de acuerdo a su presupuesto.
- El costo total para la implementación de mejoras térmicas es de \$ 5.406,40, mismo que contempla principalmente a aislamiento térmico de tanque de condensado, tuberías y banco de distribución, mantenimiento y reemplazo de trampas de vapor, mejora en la combustión mediante la relación aire – combustible y su análisis de gases de combustión.

- Se consigue un ahorro de combustible de  $7,318.25 \frac{gal}{año}$ , lo cual representa un ahorro de  $6,723.30 \frac{USD}{año}$ .
- Los indicadores financieros TIR = 43%, PRI = 21 meses dan viabilidad a la aplicación e implementación de eficiencia energética para el área térmica.
- Como se pudo demostrar a lo largo de la presente tesis, en la parte eléctrica hay mucho por mejorar, si bien con el cambio de lámparas propuesto, se nota un cambio radical con una reducción del consumo del 45.67% lo que implica una reducción del consumo energético en iluminación de  $747,639.70 \frac{kWh}{año}$  a  $341,491.81 \frac{kWh}{año}$ ; pero aún se podría ser más eficientes ya que los puntos de acción varían desde el uso (encendido / apagado), balances de carga, redistribución de circuitos, uso de compensadores de factor de potencia, llegando hasta la sustitución y/o adquisición de equipos más eficientes.
- El costo total para la implementación de mejoras eléctricas es de \$ 134,771.00 mismo que contempla la sustitución de las lámparas actuales a lámparas con tecnología LED. Se consigue un ahorro de energía, cuyo valor representa un ahorro de  $\$37,458.37 \frac{USD}{año}$ , para dicho cálculo se consideró el valor del material, la vida útil, la reposición de lámparas, el costo de instalación y el mantenimiento anual.
- Los indicadores financieros TIR = 19%, PRI = 43.17 meses dan viabilidad a la aplicación e implementación de eficiencia energética para el área eléctrica.
- Los parámetros de eficiencia obtenidos, permiten un mejoramiento de los índices energéticos del sistema eléctrico, ubicados originalmente en  $E_E = 5.98 \frac{MWh}{cama} / año$  a  $E_E = 4.22 \frac{MWh}{cama} / año$ , y en el sistema térmico de  $E_T = 9.45 \frac{MWh}{cama} / año$  a  $E_T = 8.3 \frac{MWh}{cama} / año$ , lo cual permite ubicarse dentro los estándares internacionales.

## 5.2 Recomendaciones

- Implementar un plan de mantenimiento preventivo del sistema eléctrico y térmico con mayor atención a los puntos de pérdidas de energía que se ha manifestado en el presente trabajo. Actualmente el Hospital cuenta con un plan de mantenimiento preventivo, al cual hay que ajustarlo de acuerdo a los criterios mencionados y dar fiel cumplimiento al mismo con estricta responsabilidad por parte de todo el personal involucrado en el mismo, ya que esta información será de mucha utilidad para poder ir comparando los parámetros de eficiencia energética y de esta manera mantener operando estos sistemas de manera óptima.
- Utilizar sistemas de medición con el fin de poder sectorizar los consumos, a partir de dichos datos determinar las áreas de mayor consumo y poder enfatizar y discriminar el uso de energía.
- Realizar un nuevo levantamiento eléctrico y térmico, en donde conste detalles de consumo y ubicación de equipos, redes eléctricas y térmicas, tableros de distribución, tuberías, ductos, accesorios, conductores, etc., de tal manera que en caso de presentarse una anomalía saber en qué punto o puntos se debe actuar.
- Retirar las instalaciones que estén fuera de uso con la finalidad de disponer de un mayor espacio, y a su vez pintar y etiquetar todas las tuberías de acuerdo a la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción), de manera que permita una fácil identificación de los sistemas dentro de todo el Hospital.
- Realizar evaluaciones trimestrales de la eficiencia energética del sistema eléctrico y térmico de acuerdo a los datos obtenidos durante operación y mantenimiento de los sistemas.
- Capacitar al personal de operación y mantenimiento del Hospital para que conozcan la importancia de mantener operando los sistemas de manera óptima.
- Realizar una charla general al personal del hospital para indicar la importancia de la eficiencia energética e indicar que con acciones

simples como apagar la iluminación en lugares que no se necesita de la misma, desconectar los equipos que se puedan luego de su uso, cerrar el suministro de vapor cuando no exista demanda de la misma, informar de desperfectos o malas operaciones que detecten en equipos, pueden volverse parte de este plan y mantener un consumo eficiente de energía.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar R, García M, Cañuelo M, Díaz J.M. (2004). *Posibilidades técnicas para reducir los consumos de agua y energía en centros hospitalarios y residenciales*. Barcelona.
- BREEAM. (2015). <http://www.breeam.org/>. Obtenido de <http://www.breeam.org/>
- Brochure, M. (1999). *Saving energy with Energy Efficiency in Hospitals*. Holanda.
- Castro F. (2008). *Mejora de la ventilación en un hospital*.
- Cengel, Y. (2003). *Transferencia de Calor*. México: Mc Graw Hill.
- Cengel, Y. (2007). *Transferencia de Calor y Masa*. México : Mc Graw Hill.
- Cengel, Y. (2009). *Termodinámica*. México: Mc Graw Hill.
- CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía). (2007). *Estimación de pérdidas de energía térmica*. Mexico DF.: Secretaría de Energía.
- CONUEE (Consejo Nacional para el uso Eficiente de Energía, M. (2009). [www.conuee.gob.mx](http://www.conuee.gob.mx). Obtenido de [http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/3856/10/bases\\_vapor.pdf](http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/3856/10/bases_vapor.pdf)
- COUNCIL, U. B. (2015). <http://www.usgbc.org>. Obtenido de <http://www.usgbc.org/leed>
- DALUX. (s.f.). *Software de Simulación de Iluminación*.
- Foster R. (2005). *Iluminación Eficiente en los Hospitales*.
- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. (2010). *Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Hospitales*. Madrid: Gráficas Arias Montano.
- Hancock, T. (2001). *Doing Less Harm: Assessing and Reducing the Environmental Impact of Canada's Health Care System*. Canadá: Canadian Coalition for Green Health Care.

- Hospital Vicente Corral Moscoso. (2013). *Indicadores Hospitalarios Enero - Diciembre 2013*. Cuenca: HVCM.
- Hospital Vicente Corral Moscoso. (2013). *Misión - Visión*. Cuenca: HVCM.
- Hospitecnia. (2015). <http://www.hospitecnia.com/>. Obtenido de <http://www.hospitecnia.com/Documentos.xsql>
- IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) & CEI (Comité Español de Iluminación. (2009). *Indicadores Energéticos*. Madrid: Publicaciones Técnicas IDAE.
- Ledesma, J.M. (2004). *Instalaciones de energía solar termica en Hospitales*. Barcelona.
- Leyún O. (2010). *LEDs en los hospitales*. .
- Lignum. (2010). *Requisitos Energéticos*. Vigo: Universidad de Vigo.
- Lohr, Gauer, Serrano, Zamora. (2009). *Eficiencia Energética en Hospitales Públicos*. Santiago de Chile: Comisión Nacional de Energía.
- Marta López Cristià. (2011). *Hospitales Eficientes: Una Revisión del Consumo Energético Óptimo. Tesis Doctoral*. . Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Minergie. (2015). <http://www.minergie.ch/>. Obtenido de [http://www.minergie.ch/standard\\_minergie.html](http://www.minergie.ch/standard_minergie.html)
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2015). <http://www.energia.gob.ec/>. Obtenido de <http://www.energia.gob.ec/direccion-de-eficiencia-energetica/>
- Ministerio de Relaciones Laborales. (2011). *Estatuto Orgánico de la Gestión Organizacional por Procesos del Ministerio de Salud Pública*. Quito: MRL.
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (s.f.). <http://www.salud.gob.ec>. Obtenido de <http://www.salud.gob.ec/datos-de-hospitales/>

Ministero de Energía y Minas. (2004). *Manual de Eficiencia Energética para Jefes de Mantenimineto de Hospitales*. Lima: Ministerio de Energía y Minas.

Sancho, J.M. (206). *Energías renovablesy medidas de ahorro y eficiencia energética en hospitales*. Valencia.

Schneider Electric. (2013). *Ciclo de vida - Eficiencia Energética*. Schneider Electric.