



# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**



## **FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**

### **ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA EL HOSPITAL BACA ORTIZ DE QUITO, SEGÚN NORMATIVA INEN NTE ISO 50001**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MÁGISTER  
EN EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**AUTORES:**

**ALBUJA ESPINOSA LUIS ALBERTO**

**luis.albuja@epn.edu.ec**

**SORIA ACOSTA PABLO DAVID**

**pablo.soria@epn.edu.ec**

**DIRECTOR:**

**ING. VICTOR HIDALGO, DSc.**

**victor.hidalgo@epn.edu.ec**

**Quito, septiembre, 2017**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los señores LUIS ALBERTO ALBUJA ESPINOSA y PABLO DAVID SORIA ACOSTA bajo mi supervisión.

---

**ING. Víctor Hugo Hidalgo DSc.**

**DIRECTOR DE PROYECTO**

---

**ING. Esteban Valencia PhD.**

**CODIRECTOR DE PROYECTO**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Luis Alberto Albuja Espinosa y Pablo David Soria Acosta, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Luis Alberto Albuja Espinosa

---

Pablo David Soria Acosta

## **DEDICATORIA**

Queremos agradecer y dedicar este trabajo a Dios, por bendecirnos y ayudarnos a crecer en cada área de nuestras vidas.

A nuestras, esposas, padres y hermanos por inspirarnos y brindarnos su apoyo incondicional.

A la Politécnica Nacional, sus autoridades, su cuerpo docente y al personal administrativo, quienes con su labor y gestión efectiva han facilitado y permitido la obtención de este título. Agradecemos especialmente al Ing. Víctor Hidalgo, DSc. y al Ing. Esteban Valencia PhD., por su guía, apoyo y seguimiento incondicional.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
Pregunta de Investigación.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos.....	2
Alcance.....	3
1. MARCO TEÓRICO .....	5
1.1. Antecedentes.....	5
1.1.1. Estado del arte.....	9
1.2. Definición del problema.....	15
1.3. Justificación e importancia de la investigación .....	16
2. METODOLOGÍA .....	20
2.1. Norma NTE INEN ISO 50001, fases de estructuración del SGEN .....	20
2.1.1. Descripción general de la Norma NTE INEN ISO 50001 .....	20
2.1.1.1. Ejes del ciclo de mejora continua .....	21
2.1.1.2. Elementos Fundamentales.....	23
2.1.1.3. Elementos Estructurales .....	24
2.1.1.4. Modelo de Sistema de Gestión de la Energía (SGEn).....	25
2.1.2. Metodología y Fases de estructuración del SGEN.....	27
2.1.3. Norma NTE INEN ISO 50001 Fase 1 .....	28
2.1.3.1. Elementos estructurales y fundamentales de la Fase 1.....	29
2.1.3.2. Elementos fundamentales fase 1 .....	41
2.1.4. Norma NTE INEN ISO 50001 Fase 2 .....	52

2.1.4.1. Elementos estructurales y fundamentales Fase 2 .....	53
2.1.5. Norma NTE INEN ISO 50001 Fase 3 .....	55
2.1.5.1. Elementos estructurales y fundamentales Fase 3 .....	56
2.1.6. Norma NTE INEN ISO 50001 Fase 4 .....	57
2.1.6.1. Elementos estructurales y fundamentales Fase 4 .....	57
2.1.7. Norma NTE INEN ISO 50001 Fase 5 .....	60
2.1.7.1. Elementos estructurales y fundamentales Fase 5 .....	60
2.2. Auditoría energética según ISO 50002 .....	64
2.2.1. Descripción general de la norma ISO 50002 .....	64
2.2.1.1. Principios de la auditoría energética.....	64
2.2.1.2. Características de un auditor.....	65
2.2.1.3. Proceso de auditoría .....	65
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	67
3.1. Características Generales del Hospital Baca Ortiz .....	67
3.1.1. Clasificación de los hospitales según la normativa ecuatoriana .....	67
3.1.2. Instalaciones y servicios.....	68
3.1.2.1. Especialidades y servicios del Hospital Baca Ortiz.....	69
3.2. Planificación de la auditoría energética .....	71
3.2.1. Objetivo general de la auditoría.....	71
3.2.2. Jerarquización.....	71
3.2.3. Alcance de la Auditoría .....	71
3.2.4. Tiempo de ejecución .....	72
3.2.5. Personal requerido para la Auditoría .....	74

3.2.6. Restricciones o barreras generales.....	74
3.2.7. Ventajas.....	75
3.2.8. Equipos para las mediciones de la Auditoría Energética.....	76
3.2.8.1. Medidor de Energía Eléctrica Fluke 345.....	76
3.2.8.2. Analizador de la energía eléctrica Fluke 434 Serie II.....	77
3.2.8.3. Analizador de Gases Bacharac PCA2.....	78
3.2.8.4. Juego de medición eléctrica y temperatura Fluke 1587/ET.....	81
3.2.8.5. Medidor de velocidad del viento Anemómetro Proskit MT 4005.....	83
3.2.8.6. Medidor de Temperatura y Humedad Fluke 971.....	85
3.2.8.7. Medidor de iluminación Luxómetro Proskit MT 4017.....	86
3.2.8.8. Medidor de Presión de Sonido Sonómetro Proskit MT 4018.....	87
3.2.8.9. Programas de análisis de mediciones asociados a los instrumentos.....	88
3.3. Levantamiento y recopilación de datos.....	88
3.3.1. Sistema eléctrico.....	89
3.3.1.1. Datos de consumo Eléctrico.....	101
3.3.2. Sistema térmico Diésel (generación de vapor).....	103
3.3.2.1. Datos de consumo del Sistema Térmico Diésel y auxiliares.....	109
3.3.3. Sistema de abastecimiento de GLP.....	110
3.3.3.1. Datos de consumo de GLP.....	111
3.3.4. Sistema de abastecimiento de agua potable.....	112
3.3.4.1. Datos del consumo de agua potable.....	114
3.3.5. Sistemas de vacío y gases medicinales.....	115
3.3.5.1. Datos de consumo de las bombas del sistema de vacío.....	117

3.3.5.2. Datos de consumo de compresores del sistema de aire medicinal .....	119
3.3.6. Sistema de Ventilación y aire acondicionado .....	119
3.3.7. Datos e indicadores de Hospitalización del HBO .....	122
3.3.8. Planos del HBO .....	126
3.4. Plan y campaña de mediciones .....	126
3.4.1. Mediciones y análisis del Sistema Eléctrico .....	128
3.4.1.1. Resultados de Voltaje .....	130
3.4.2. Mediciones y análisis del sistema de iluminación .....	137
3.4.3. Medición y análisis de parámetros del sistema de abastecimiento de agua potable y sistema hidroneumático .....	138
3.4.4. Recopilación parámetros de operación del caldero .....	139
3.5. Cálculo y análisis de datos (Balances, ELB, IDENs, Oportunidades) .....	141
3.5.1. Evaluación inicial .....	141
3.5.1.1. Evaluación del consumo de las bombas del sistema de vacío .....	141
3.5.1.2. Evaluación del consumo, factor de conversión energético y eficiencias termodinámicas del sistema de compresores para aire medicinal.....	143
3.5.1.3. Evaluación del gasto de agua, factor de conversión energético y rendimiento de sistema hidroneumático .....	147
3.5.1.4. Evaluación del consumo de combustible y balance general del caldero y estimación del costo de producción de vapor .....	151
3.5.1.5. Evaluación del consumo de GLP .....	164
3.5.2. Líneas Base (ELB) de Consumo Energético e Indicadores Energéticos (IDEN). ..	165
3.5.2.1. ELB e IDEN del sistema eléctrico .....	166
3.5.2.2. ELB e IDEN del sistema energético de diésel.....	174
3.5.2.3. ELB e IDEN del sistema energético de GLP .....	179

3.5.3. Identificación y análisis de oportunidades .....	183
3.5.3.1. Oportunidades de ahorro sistema energético eléctrico.....	184
3.5.3.2. Oportunidades de ahorro sistema eléctrico de iluminación.....	185
3.5.3.3. Oportunidades de ahorro sistema de compresores .....	186
3.5.3.4. Oportunidades de ahorro sistema de abastecimiento de agua potable .....	187
3.5.3.5. Oportunidades de ahorro sistema de vapor y agua caliente .....	189
3.6. Resultados de la auditoría energética .....	192
3.6.1. Matriz energética del hospital.....	192
3.6.1.1. Matriz Energética de Consumo Energéticos Primarios HBO 2015 – 2016.....	194
3.6.1.2. Matriz Energética de Carga instalada de los Usos Significativos finales USEn .	195
3.6.1.3. Matriz Energética por carga instalada de Electricidad por Usos Significativos finales USEn.....	195
3.6.1.4. Matriz Energética por carga instalada de Diésel por Usos Significativos finales USEn.....	199
3.6.1.5. Matriz Energética GLP por Usos Significativos finales USEn .....	200
3.6.1.6. Matriz de Usos Finales Significativos USEn Total .....	201
3.6.1.7. Curva de Carga Eléctrica Total del HBO .....	202
3.6.2. Reporte de la auditoría energética. ....	205
3.6.2.1. Resumen Ejecutivo de la Auditoría Energética.....	209
3.6.3. Gráficos CADDET incluido el HBO.....	210
3.7. Estructuración del sistema de gestión energética para el Hospital Baca Ortiz.....	211
3.7.1. Elementos estructurales y fundamentales fase 1 .....	211
3.7.1.1. Elementos Estructurales fase 1 .....	211
3.7.1.2. Elementos Fundamentales fase 1 .....	219

3.7.2. Elementos Estructurales y fundamentales, fase 2 .....	222
3.7.2.1. Elementos Estructurales fase 2 .....	222
3.7.2.2. Elementos fundamentales, fase 2 .....	223
3.7.3. Elementos estructurales y fundamentales, fase 3 .....	225
3.7.3.1. Elementos fundamentales, fase 3 .....	225
3.7.4. Elementos estructurales y fundamentales, fase 4. ....	229
3.7.4.1. Elementos estructurales, fase 4 .....	229
3.7.5. Elementos estructurales y fundamentales, fase 5 .....	249
3.7.5.1. Elementos estructurales, fase 5. ....	249
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	270
4.1. Conclusiones .....	270
4.2. Recomendaciones .....	272

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Matriz energética mundial, Latinoamérica y Caribe .....	6
Figura 1.2. Evolución de la oferta energética 1970-2014 Ecuador, Balance Energético Nacional.....	7
Figura 1.3. Consumo de la energía por sectores 2000-2014, Balance Energético Nacional. ....	8
Figura 1.4. Matriz energética de hospitales miembros CADDET.....	9
Figura 1.5. Energía térmica y energía eléctrica anual de países miembros del CADDET. .	9
Figura 1.6. Energía térmica y energía eléctrica, países miembros del CADDET. ....	10
Figura 1.7. Certificado de Aprobación del Sistema de Gestión Energética de Repsol Ecuador S.A. de la normativa ISO 50001:2011, por parte de Lloyd’s Register LRQA. ....	18
Figura 1.8. Entrega de la Certificación de la UNE – ISO 5001 a GM – OBB S.A. por parte de AENOR. ....	19
Figura 2.1. Ejes de estructuración del SGEN de la norma ISO 50001. ....	21
Figura 2.2. Desempeño energético versus tiempo. ....	22
Figura 2.3. El ciclo de Deming o círculo PDCA. ....	23
Figura 2.4. Estructura funcional de la Norma ISO 50001. ....	26
Figura 2.5. Metodología de la Norma ISO 50001. ....	27
Figura 2.6. Metodología de la Norma ISO 50001, con elementos fundamentales y estructurales. ....	28
Figura 2.7. Componentes del desempeño energético. ....	29
Figura 2.8. Flujo del proceso de requerimientos generales como elemento estructural del SGEN.....	30
Figura 2.9. Flujo de las competencias de la alta dirección como elemento estructural del SGEN.....	31

Figura 2.10. Flujo de las obligaciones de la alta dirección como elemento estructural del SGEN.....	32
Figura 2.11. Administrador de energía como personal asesor del SGEN. ....	34
Figura 2.12. Administrador de energía como personal asesor del SGEN con competencias. ....	34
Figura 2.13. Administrador de energía como ejecutivo de alto rango y director del CGEn. ....	35
Figura 2.14. Organigrama General jerárquico del SGEN para cualquier organización.....	37
Figura 2.15. Organigrama Comité de Gestión Energética del CGEn para cualquier organización. ....	39
Figura 2.16. Funciones del representante de la alta dirección u administrador energético AE.....	40
Figura 2.17. Relación entre IDEn, LBen y objetivos energéticos.....	43
Figura 2.18. Proceso de Planificación Energética. ....	58
Figura 2.19. Proceso general de auditorías según norma ISO 50002. ....	66
Figura 3.1. Perímetro y área del Hospital Baca Ortiz. ....	69
Figura 3.2 Infraestructura general Hospital Baca Ortiz. ....	69
Figura 3.3. Medidor de Energía Eléctrica Fluke 345.....	76
Figura 3.4. Medidor de Energía Eléctrica Fluke 434.....	77
Figura 3.5. Analizador de Gases Bacharach PCA2.....	79
Figura 3.6. Juego de medición eléctrica y temperatura Fluke 1587/ET. ....	81
Figura 3.7. Mini Termómetro IR Fluke 62.....	82
Figura 3.8. Anemómetro Proskit MT 4005.....	84
Figura 3.9. Medidor de temperatura y humedad Fluke 971.....	85
Figura 3.10. Luxómetro Proskit MT 4017. ....	86

Figura 3.11. Sonómetro Proskit MT 4018.....	87
Figura 3.12. Transformadores Eléctricos. ....	89
Figura 3.13. Tableros de distribución. ....	90
Figura 3.14. Alimentador 32 C de la Subestación 10 Nueva EEQ.....	92
Figura 3.15. Usos Significativos de Energía en Hospitales. ....	95
Figura 3.16. Diagrama Unifilar Eléctrico Normal del Hospital Pediátrico Baca Ortiz (Continua).....	97
Figura 3.17. Diagrama Unifilar Eléctrico Normal del Hospital Pediátrico Baca Ortiz (Continuación). ....	98
Figura 3.18. Diagrama Unifilar Eléctrico de Emergencia del Hospital Pediátrico Baca Ortiz. .....	99
Figura 3.19. Medidas del caldero Fulton. ....	103
Figura 3.20. Distribuidor de vapor. ....	104
Figura 3.21. Diagrama de flujo del sistema de vapor. ....	108
Figura 3.22. Tanque acumulador GLP. ....	110
Figura 3.23. Diagrama de flujo, distribución del GLP. ....	111
Figura 3.24. Diagrama de proceso del sistema de abastecimiento de agua potable. ....	113
Figura 3.25. Central de gases medicinales. ....	115
Figura 3.26. Diagrama de flujo del sistema de vacío.....	116
Figura 3.27. Diagrama de flujo del sistema de aire medicinal. ....	117
Figura 3.28. Carta Psicométrica de Quito. ....	121
Figura 3.29. Panorámica Hospital Baca Ortiz.....	122
Figura 3.30. Panorámica Hospital Baca Ortiz.....	128
Figura 3.31. Histogramas de Voltaje del Hospital Baca Ortiz. ....	130

Figura 3.32. Tendencia de Voltaje del Hospital Baca Ortiz.....	131
Figura 3.33. Registro de Potencia y Energía del Hospital Baca Ortiz. ....	132
Figura 3.34. Desequilibrio del Hospital Baca Ortiz. ....	132
Figura 3.35. Desequilibrio del Hospital Baca Ortiz. ....	132
Figura 3.36. Distorsión armónica del Hospital Baca Ortiz.....	133
Figura 3.37. Distorsión Armónica del Tablero de Quirófanos del Hospital Baca Ortiz. ...	133
Figura 3.38. Medición de Voltaje, Corriente y frecuencia del Hospital Baca Ortiz.....	133
Figura 3.39. Distorsión Armónica del Tablero de Ascensores del Hospital Baca Ortiz. ..	134
Figura 3.40. Distorsión Armónica del Tablero del Sistema Hidroneumático del Hospital Baca Ortiz. ....	134
Figura 3.41. Distorsión Armónica del Tablero del Sistema de Gases Medicinales del Hospital Baca Ortiz. ....	134
Figura 3.42. Medición de Voltaje, Corriente y frecuencia del Hospital Baca Ortiz.....	135
Figura 3.43. Registros de Voltaje, Corriente mínima media máxima del Hospital Baca Ortiz. ....	135
Figura 3.44. Registros de Corriente de arranque del tablero de ascensores del Hospital Baca Ortiz.....	136
Figura 3.45. Registros de Voltaje, Corriente mínima media máxima del Hospital Baca Ortiz. ....	136
Figura 3.46. Corriente en las tres fases del tablero principal del Hospital Baca Ortiz. ....	136
Figura 3.47. Puntos de medición de temperaturas en el caldero. ....	140
Figura 3.48. Consumo eléctrico bomba de vacío 1, kWh/Mensual, comparación 2015 y 2016. ....	142
Figura 3.49. Consumo eléctrico bomba de vacío 2, kWh/Mensual, comparación 2015 y 2016. ....	142

Figura 3.50. Consumo eléctrico bombas de vacío 1 y 2, kWh/Mensual, comparación 2015 y 2016.....	143
Figura 3.51. Consumo eléctrico compresores del sistema de aire medicinal, kWh/Mensual, comparación 2015 y 2016.....	144
Figura 3.52. Consumo eléctrico de la bomba de agua, sistema de abastecimiento de agua potable, kWh/Mensual, comparación 2015 y 2016.....	148
Figura 3.53. Consumo de agua en diferentes servicios, 2015.....	149
Figura 3.54. Consumo de agua en diferentes servicios, 2016.....	149
Figura 3.55. Diagrama del trabajo que realiza la presión en el sistema hidroneumático.	150
Figura 3.56. Consumo de diésel en kWh/Mensual, comparación 2015 y 2016.....	151
Figura 3.57. Esquema de pared del caldero y flujo de calor.....	158
Figura 3.58. Balance energético del caldero, porcentaje de energía útil y pérdidas. ....	161
Figura 3.59. Cálculo de entalpías en (kJ/kg), en función de las propiedades termodinámicas de vapor y agua.....	163
Figura 3.60. Consumo de GLP, kWh/Mensual, comparación 2015 y 2016.....	165
Figura 3.61. Consumo Eléctrico Promedio HBO años 2015 – 2016.....	170
Figura 3.62. Regresiones Lineales del Consumo Eléctrico HBO Promedio año 2015 – 2016. ....	170
Figura 3.63. IDEn, ICEd Consumo Eléctrico por día promedio 2015 – 2016.....	171
Figura 3.64. Regresiones Lineales del Consumo Eléctrico por Cama Disponible HBO Promedio año 2015 – 2016.....	172
Figura 3.65. IDEn, ICEd Consumo Eléctrico por día promedio 2015 – 2016.....	173
Figura 3.66. Consumo de Diésel medido calculado mensual promedio 2015 – 2016.....	175
Figura 3.67. Regresiones Lineales del Consumo de Diésel por Cama Disponible HBO Promedio año 2015 – 2016.....	176

Figura 3.68. Regresiones Lineales del Consumo de Diésel por Cama Disponible HBO Promedio año 2015 - 2016 rango de Consumo 165000 a 179000 [kWh]. .....	177
Figura 3.69. IDEn, ICDD Consumo de Diésel por Cama Disponible HBO Promedio año 2015 - 2016 rango de Consumo 165000 a 179000 kWh. ....	178
Figura 3.70. Consumo de Diésel medido calculado mensual promedio 2015 – 2016.....	180
Figura 3.71. Regresiones Lineales del Consumo de GLP por Cama Disponible HBO Promedio año 2015 – 2016.....	181
Figura 3.72. IDEn, ICEd Consumo Eléctrico por día promedio 2015 – 2016. ....	181
Figura 3.73. Regresiones Lineales del Consumo de GLP por Cama Disponible HBO Promedio año 2015 - 2016 rango de Consumo 32000 a 34000 [kWh]. ....	182
Figura 3.74. IDEn, ICGLPd Consumo de GLP por Cama Disponible HBO Promedio año 2015 - 2016 rango de Consumo 32000 a 34000 [kWh]. ....	183
Figura 3.75. Análisis de curvas de rendimiento de la bomba Goulds 3656, 2 ½ x3-8, junto con diferentes puntos de operación. ....	188
Figura 3.76. Intercambiador de calor para gases de combustión de caldera. ....	191
Figura 3.77. Estructura Porcentual de la oferta interna bruta. ....	192
Figura 3.78. Producción Secundaria de Energía .....	193
Figura 3.79. Participación de Fuentes en la generación eléctrica dentro del SIN. ....	194
Figura 3.80. Matriz Energética de Consumo Energéticos Primarios HBO 2015 – 2016 Porcentajes.....	195
Figura 3.81. Usos Significativos de Energía en el Hospital Pediátrico Baca Ortiz. ....	198
Figura 3.82. Matriz Energética de Carga Instalada de Diésel por USEn del HBO 2015 – 2016 Porcentajes. ....	199
Figura 3.83. Matriz Energética de Carga Instalada de GLP por USEn del HBO 2015 – 2016 Porcentajes.....	200
Figura 3.84. Matriz Energética de Carga Instalada Total por USEn del HBO 2015 – 2016 Porcentajes.....	201

Figura 3.85. Curva de Carga Eléctrica de medidas de Potencia Activa, reactiva y aparente realizadas entre noviembre 2016 y enero 2017 del HBO. ....	203
Figura 3.86. Curva de Carga Potencia Activa Eléctrica de medidas realizadas entre noviembre 2016 y enero 2017 del HBO. ....	203
Figura 3.87. Curva de Carga Potencia Reactiva Eléctrica de medidas realizadas entre noviembre 2016 y enero 2017 del HBO. ....	203
Figura 3.88. Curva de Carga Eléctrica de medidas de Potencia Activa, reactiva y aparente realizadas el 7 noviembre 2016 del HBO. ....	204
Figura 3.89. Curva de Carga Potencia Activa Eléctrica de medidas realizadas el 7 noviembre 2016 del HBO. ....	204
Figura 3.90. Curva de Carga Potencia Reactiva Eléctrica de medidas realizadas el 7 noviembre 2016 del HBO. ....	204
Figura 3.91. Medición anual entre energía térmica MWh/bed y energía eléctrica MWh/bed de países miembros del CADDET, se le incluye al HBO. ....	210
Figura 3.92. Medición anual entre energía térmica MWh/m <sup>2</sup> y energía eléctrica MWh/m <sup>2</sup> , países miembros del CADDET, se le incluye al HBO. ....	210
Figura 3.93. Jerarquización del Comité de Gestión Energética CGEn, en el Organigrama de Hospitales Públicos. ....	213
Figura 3.94. Pirámide de jerarquía del CGEn. ....	216
Figura 3.95. Control operacional de procesos fundamentales del SGen. ....	226

## ÍNDICES DE TABLAS

Tabla 1.1. Comparación de modelos de estructuración de SGEN - Fases. ....	12
Tabla 3.1. Niveles de atención, complejidad y categorías de atención hospitalaria.....	68
Tabla 3.2. Especialidades Hospital Baca Ortiz.....	70
Tabla 3.3. Servicios Hospital Baca Ortiz. ....	70
Tabla 3.4. Cronograma general de actividades de la auditoría elaborado en Project Microsoft Office.....	73
Tabla 3.5 Equipo de auditoría, conformado por las partes interesadas. ....	74
Tabla 3.6. Características principales del Medidor de Energía Eléctrica Fluke 345.....	77
Tabla 3.7. Características principales del Medidor de Energía Eléctrica Fluke 345.....	78
Tabla 3.8. Características principales del Analizador de Gases Bacharach PCA2.....	80
Tabla 3.9. Especificaciones Técnicas del Fluke 62. ....	83
Tabla 3.10. Características de medición de la Velocidad del viento:.....	84
Tabla 3.11. Especificaciones Técnicas del Fluke 971. ....	85
Tabla 3.12. Especificaciones Técnicas del Luxómetro MT 4017. ....	86
Tabla 3.13. Resumen Planilla de Consumo Eléctrico HBO año 2015.....	101
Tabla 3.14. Resumen Planilla de Consumo Eléctrico HBO año 2016.....	102
Tabla 3.15. Calderos Fulton 250BHP.....	103
Tabla 3.16. Bombas Aurora. ....	104
Tabla 3.17. Tanques acumuladores de agua caliente y bombas de recirculación. ....	105
Tabla 3.18. Caudal de diseño para redes de tubería de vapor.....	106
Tabla 3.19. Resumen Planilla de Consumo de Diésel HBO años 2015 – 2016.....	109
Tabla 3.20. Consumo equipos auxiliares del sistema térmico Diésel HBO de años 2015 – 2016. ....	109

Tabla 3.21. Resumen Planilla de Consumo de GLP HBO años 2015 – 2016.....	111
Tabla 3.22. Equipos sistema de abastecimiento de agua potable.....	112
Tabla 3.23. Resumen Planilla de Consumo de Agua HBO años 2015 – 2016. ....	114
Tabla 3.24. Consumo del Sistema auxiliar Hidroneumático HBO años 2015 – 2016.....	114
Tabla 3.25. Características bombas de vacío. ....	116
Tabla 3.26. Características sistema criogénico de abastecimiento de aire respirable. ...	117
Tabla 3.27. Consumo de la Bombas de Vacío 1, Sistema de Gases Medicinales años 2015 – 2016.....	118
Tabla 3.28. Consumo de la Bombas de Vacío 2, Sistema de Gases Medicinales años 2015 – 2016.....	118
Tabla 3.29. Consumo de aire medicinal y Consumo Eléctrico estimado años 2015 – 2016. ....	119
Tabla 3.30. Equipos unidades de mejora de aire y unidades condensadoras por áreas según códigos del Hospital. ....	120
Tabla 3.31. Ventiladores por áreas según códigos del Hospital. ....	120
Tabla 3.32. Indicadores de Internación Hospital Baca Ortiz, consolidado periodo 2015.	124
Tabla 3.33. Matriz de variables y recopilación de información que intervienen en el desempeño energético de los diferentes sistemas.....	127
Tabla 3.34.Registro de Variables Eléctricas del Hospital Baca Ortiz con el Fluke 434 meses de noviembre, diciembre y enero (ejemplo 15 de noviembre de 2016). ....	129
Tabla 3.35. Luminarias HBO y Potencia instalada. ....	138
Tabla 3.36. Ejemplo de parámetros medidos y calculados en el sistema de abastecimiento de agua potable. ....	139
Tabla 3.37. Parámetros de operación del Caldero Fulton FB900.....	140
Tabla 3.38. Temperaturas medias de pared del caldero y temperaturas medias ambiente. ....	141

Tabla 3.39. Datos del análisis de gases del caldero 2 en septiembre del 2016.....	152
Tabla 3.40. Resumen valores obtenidos de la auditoría energética de calderos del HBO. .....	164
Tabla 3.41. Camas Disponibles. ....	166
Tabla 3.42. Línea Base del Consumo Eléctrico Promedio año 2015 – 2016 y Línea Meta. .....	169
Tabla 3.43. Consumo Eléctrico por Cama Disponible Promedio año 2015 – 2016 y Línea Meta. ....	172
Tabla 3.44. Consumo de Diesel por Cama Disponible Promedio año 2015 – 2016 y Línea Meta. ....	175
Tabla 3.45. Consumo Diésel por Cama Disponible mes por mes año 2015 – 2016 y Línea Meta rango de Consumo 165000 a 179000 kWh de dichos años. ....	177
Tabla 3.46. Línea Base del Consumo de GLP por Cama Disponible Promedio año 2015 – 2016 y Línea Meta. ....	180
Tabla 3.47. Línea Base del Consumo de GLP por Cama Disponible Promedio año 2015 – 2016 y Línea Meta. ....	182
Tabla 3.48 Medida de Eficiencia Energética Cambio de lámparas PL, T8 y T10 por lámparas con tecnología LED equivalentes.....	186
Tabla 3.49. Estructura porcentual de la producción de energía secundaria. ....	193
Tabla 3.50. Matriz Energética de Consumo Energéticos Primarios HBO 2015 – 2016...	194
Tabla 3.51. Usos Significativos de Energía Eléctrica del HBO por piso.....	197
Tabla 3.52. Matriz Energética de Carga Instalada de Diésel HBO 2015 – 2016.....	199
Tabla 3.53. Matriz Energética de Carga Instalada de Diésel HBO 2015 – 2016.....	200
Tabla 3.54. Matriz Usos Finales Significativos por Carga Instalada Total HBO 2015 – 2016. .....	201
Tabla 3.55. Reporte de la Auditoría Energética en el HBO. ....	205
Tabla 3.56. Reporte ejecutivo de la Auditoría Energética en el HBO.....	209

Tabla 3.57. Jerarquías, cargos y responsabilidades de la alta dirección y CGEn para el HBO.....	216
Tabla 3.58. Formato perfil de cargo para el representante de la alta dirección. ....	217
Tabla 3.59. Matriz general de USEn, Hospital Baca Ortiz. ....	219
Tabla 3.60. Registro de consumos energéticos y derivados para el análisis del desempeño energético.....	220
Tabla 3.61. Registro de eficiencia de equipos y sistemas. ....	221
Tabla 3.62. Formato para presentación de políticas energéticas. ....	222
Tabla 3.63. Formato para planteamiento de objetivos y metas del SGEN. ....	223
Tabla 3.64. Formato para planes de acción del SGEN. ....	224
Tabla 3.65. Plan de Verificación de avance en el cumplimiento de las metas. ....	225
Tabla 3.66. Formato para el análisis de proyectos y oportunidades de mejora. ....	227
Tabla 3.67. Formato para el análisis de especificaciones para eficiencia energética de las ofertas de diferentes proveedores.....	228
Tabla 3.68. Formato de aprobación de compra de equipos y servicios.....	229
Tabla 3.69. Formato para matriz de identificación y evaluación de documentación legal, normativa, nacional, internacional y de otro tipo para el SGEN. ....	230
Tabla 3.70. Matriz de requisitos legales. ....	232
Tabla 3.71. Plan de acción para documentos legales. ....	233
Tabla 3.72. Formato listado de problemas y necesidades de sensibilización.....	234
Tabla 3.73. Formato para procedimiento de sensibilización del personal del hospital....	234
Tabla 3.74. Matriz de identificación del personal relacionado con los USEn. ....	235
Tabla 3.75. Matriz de temas propuestos para la formación del personal del hospital Baca Ortiz.....	236
Tabla 3.76. Evaluación de competencias del personal relacionado con el USEn.....	237

Tabla 3.77. Formato para planes de capacitaciones y formación.....	237
Tabla 3.78. Formato para matriz de riesgos para el SGEEn.....	238
Tabla 3.79. Formato par a elaborar matriz de registro de la evaluación de riesgos para el SGEEn.....	240
Tabla 3.80. Formato para elaborar matriz de evaluación de problemas suscitados en el SGEEn.....	241
Tabla 3.81. Matriz para identificación de la información básica que debe ser publicada. ....	243
Tabla 3.82. Matriz de estructuración de la comunicación del SGEEn.....	245
Tabla 3.83. Documentación fundamental e inicial para el SGEEn.....	246
Tabla 3.84. Formato de control para aprobación y registro de documentación para el SGEEn. ....	247
Tabla 3.85. Formato para revisión actualización y registro de cambios realizados en la documentación del SGEEn. ....	248
Tabla 3.86. Formato para inhabilitación de documentación del SGEEn. ....	248
Tabla 3.87. Formato para el check list de requisitos (o contenidos) fundamentales de las auditorías energéticas para efectuar la evaluación y revisión energética. ....	249
Tabla 3.88. Planificación y detalle del monitoreo. ....	250
Tabla 3.89. Plan general de mediciones de variables que afectan al desempeño energético. ....	251
Tabla 3.90. Plan de análisis del desempeño energético. ....	252
Tabla 3.91. Formato para la elaboración de la matriz de evaluación del cumplimiento de requerimientos legales.....	255
Tabla 3.92. Formato para la elaboración de la matriz de evaluación del cumplimiento de requerimientos de otro tipo. ....	256
Tabla 3.93. Formato para estructuración del calendario de auditorías.....	258
Tabla 3.94. Formato para el plan de acción de las auditorías internas.....	259

Tabla 3.95. Manual de actividades y responsables para auditorías internas del SGEN..	260
Tabla 3.96. Check list de cumplimiento de requerimientos y ejecución del SGEN.....	261
Tabla 3.97. Formatos, Matrices 1 y 2, Evaluación de inconformidades, acciones correctivas. .....	263
Tabla 3.98. Formato, Matriz 3, Evaluación de eficiencia y eficacia de las acciones tomadas. .....	264
Tabla 3.99. Matriz de Documentos y Registros Principales para operación del SGEN. ...	265
Tabla 3.100. Referencia para la continuidad de registro de documentos del SGEN. ....	266
Tabla 3.101. Formato para enlistar requisitos fundamentales para el proceso de evaluación de la gestión de la alta dirección. ....	267
Tabla 3.102. Formato de registro de recomendaciones, cambios y acciones a ejecutar después del análisis y revisión del SGEN por parte de la alta dirección. ....	268

## RESUMEN

En el presente documento se desarrolla un sistema de gestión energética (SGEn), aplicado al modelo institucional del Hospital Baca Ortiz de Quito, fundamentado principalmente en la aplicación de la norma INEN NTE ISO 50001, el proyecto determino, definió los requisitos y documentación necesaria para la aplicación del SGEn, presenta los procesos que son necesarios para ajustarse a la norma y proporcionar una guía general para todo el personal del hospital al establecer responsabilidades y niveles de gestión, políticas energéticas, planes de acción para alcanzar metas según las políticas energéticas, planificación de la implementación y ejecución del SGEn, etc.

Complementariamente se realizó una auditoría del consumo de los diferentes tipos de energía primaria así como los principales usos finales, los combustibles fósiles representan el 56.01 % y la electricidad el 43.99 %, se identificó los sistemas energéticos de mayor relevancia, así como los siguientes indicadores más relevantes, Energía Térmica 203.45 kWh/m<sup>2</sup> y 15.24 kWh/cama; la energía eléctrica 259.06 kWh/m<sup>2</sup> y 19.41 kWh/cama; además se determinó las oportunidades de ahorro de energía, valores totales de ahorro anuales en 479.06 MWh y 23833.19 USD, la reducción de emisiones anual en 1078.10 [Ton CO<sub>2</sub>/MWh].

La etapa de implementación, verificación y acción del SGEn es responsabilidad de la alta dirección del hospital, aunque existe el interés de la Institución que adjuntamos en el Anexo A del presente proyecto.

**Palabras clave:** sistema, energía, gestión, desempeño, Indicadores, hospitales.

## ABSTRACT

The present document develops an energy management system (EMS), applied to the institutional model of the Baca Ortiz Hospital in Quito, based mainly on the application of NTE INEN standard ISO 50001, the project determined, defined the requirements and documentation necessary to the implementation of the EMS, presents the processes that are necessary to conform to the norm and provide a general guide for all the hospital personnel in establishing responsibilities and levels of management, energy policies, action plans to reach goals according to the energy policies, planning of the implementation and execution of the EMS, etc. In addition, an audit of the consumption of different types of primary energy as well as the main end uses, fossil fuels representing 56.01% and electricity, 43.99%, identified the most relevant energy systems, as well as the following indicators, Thermal Energy 203.45 kWh / m<sup>2</sup> and 15.24 kWh / bed; Electric power 259.06 kWh / m<sup>2</sup> and 19.41 kWh / bed; Energy savings opportunities, total savings in 479.06 MWh and 23833.19 USD, the annual emission reduction of 1078.10 [Ton CO<sub>2</sub> / MWh] was determined. The stage of implementation of the EMS is the responsibility of the top management of the hospital, although there is the interest of the Institution that we attach in Annex A of the present project.

**Keywords:** system, energy, management, performance, indicators, hospital.

# **ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA EL HOSPITAL BACA ORTIZ DE QUITO, SEGÚN NORMATIVA INEN NTE ISO 50001**

## **INTRODUCCIÓN**

Los sistemas de gestión energética son una herramienta fundamental para mejorar la gestión del desempeño energético e incrementar la eficiencia energética con una consecuente reducción de los impactos ambientales, además permite mejorar las ventajas competitivas de las organizaciones dentro de los mercados en los que participan, realizando todo esto sin decremento de la productividad. En la ponencia “Proyecto de Eficiencia Energética en la Industria”, a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable del año 2013, se menciona que implementar políticas de eficiencia energética sin un sistema de gestión adecuado no es factible, ya que no existe un sistema de medición, verificación, indicadores, decisiones, etc., que permitan a las políticas ser sustentables en el tiempo y/o acertadas (Peña, 2013). De esta manera se busca que proyectos similares sean un referente en el campo hospitalario ya que si bien es cierto las autoridades y alta gerencia tienen la potestad de establecer políticas sobre mejora de la eficiencia energética, es imprescindible contar con la ayuda de profesionales capacitados en el tema para desarrollar sistemas de gestión basados en normativas reconocidas internacionalmente, afín de obtener los mejores resultados posibles.

La elaboración de un Sistema de Gestión Energética SGE<sub>n</sub> también permitirá identificar posibles barreras para su implementación, estas variarán según la institución y su naturaleza, generalmente algunas de las barreras u obstáculos son las dificultades para medir parámetros y ahorros, no existen incentivos gubernamentales, se tiene un conocimiento limitado sobre programas y sistemas energéticos normalizados, resistencia de los empresarios, falta de recursos humanos, dificultad para conseguir la información de energía (consumos), dificultades para definir la línea base energética y los indicadores de desempeño, recursos financieros limitados para temas de energía, etc.(Peña, 2013).

Por otro lado, las auditorías energéticas son el estudio y análisis de los flujos de energía y la eficiencia de un sistema o varios sistemas. La auditoría energética permitirá a la institución evaluar con claridad en base a datos medidos cuantitativamente y cualitativamente, el rendimiento y la eficiencia del sistema energético. La auditoría energética también permite identificar indicadores de desempeño energético (IDEn), que

son adecuados y necesarios para monitorear, predecir y administrar el desempeño requerido, para alcanzar una meta determinada (SENPLADES, 2011). Este proyecto tendrá como una referencia la publicación del CADDET, (CENTRE FOR THE ANALYSIS AND DISSEMINATION OF DEMONSTRATED ENERGY TECHNOLOGIES), "*Saving energy with Energy Efficiency in Hospitals*" de 1997, en la predetermina el indicador UE/bed (unidades de energía por cama) como un factor fundamental que permitirá determinar el desempeño energético y también comparar este indicador por su mayor difusión a nivel mundial. También se puede determinar otros indicadores como UE/m<sup>2</sup>, o UE/paciente que son probablemente los que más abarcan información tal como capacidad del hospital, categoría, servicios, etc. (CADDET, 1997).

Existen varias metodologías y normativas para realizar auditorías energéticas, sin embargo, en el presente proyecto se utilizará fundamentalmente la ISO 50002, para evaluación del sistema energético, esto permitirá identificar oportunidades de mejoras de rendimiento energético, es decir, determinar desde aspectos técnicos y/o administrativos, la forma o estrategia para elevar el rendimiento del desempeño energético del Hospital.

## **Pregunta de Investigación**

¿En qué medida podría mejorar el desempeño energético de un Hospital ubicado en la zona andina del Ecuador, al estructurar un Sistema de Gestión Energética SGE<sub>n</sub> según las normas NTE INEN ISO 50001 y realizando la auditoría energética según la normativa 50002 para determinar medidas de eficiencia energética?

## **Objetivo General**

El presente proyecto elaborará una metodología para crear un Sistema de gestión Energética SGE<sub>n</sub>, para el hospital Baca Ortiz de Quito, según la normativa ISO 50001, y realizar una auditoría energética siguiendo los lineamientos de la norma ISO 50002 en lo posible. Así como promover el uso de la metodología y las normas a nivel nacional.

## **Objetivos Específicos**

Los específicos son los siguientes:

Estructurar y desarrollar un SGE<sub>n</sub> bajo la norma ISO 50001, esto requiere de la creación de requisitos y documentos específicos como ordenes diarias, actas, objetivos, metas de operación y mantenimiento, formularios, plantillas, registros necesarios. plan de comunicaciones, política energética y otros requisitos que pueden servir como guías para

cualquier organización en la planificación, desarrollo e implementación de la norma ISO 50001 SGEEn en Hospitales y específicamente en el Baca Ortiz, debemos hacer énfasis de que la creación del SGEEn dependerá de la alta gerencia, pese a que existe una carta compromiso, solo ellos tendrán la posibilidad de la creación del SGEEn.

- Establecer los requisitos que requiere la norma ISO 50001 para la creación del SGEEn.
- Realizar una Auditoría de los consumos de diferentes tipos de energía de uso final en el hospital, fundamentada en el proceso de la norma ISO 50002.
- Establecer el balance energético y los principales usos finales.
- Identificar los subsistemas energéticos de mayor relevancia debido al volumen de energía procesada.
- Determinar indicadores energéticos como el UE/bed y UE/m<sup>2</sup> y otros indicadores del sistema energético general, y de los subsistemas relevantes.
- Establecer el comportamiento energético del hospital con paquetes computacionales para iluminación, sistemas eléctricos de fuerza, etc. según condiciones de uso, demanda climatología e infraestructura.
- Determinar las oportunidades de ahorro de energía en términos técnico-económicos.

## **Alcance**

El desarrollo de una metodología propia para una efectiva implementación de un SGEEn tiene como referencia las cuatro etapas genéricas que enmarcan a la ISO 50001. La norma establece una primera etapa que se refiere a la planificación y desarrollo del sistema, la implementación como una segunda etapa, la tercera será el mantenimiento del sistema en el tiempo y por último el sostenimiento, pero nuestra propia visión de la norma la ha estructurado en cinco fases para su completa implementación y que esta detallada más adelante. Este sistema de gestión energética servirá como parte de la línea base para futuros estudios en otros hospitales de similares características.

En este trabajo de la norma ISO 50001 se desarrollará la etapa de planeación. No se propone realizar la implementación de medidas (HACER), evaluación de las mismas (VERIFICAR), ni tampoco la implementación del SGEEn (ACTUAR), las razones por las que no se ejecutaría, es porque el Hospital es un ente público y como tal está sujeto a la planificación anual de su presupuesto, a la implementación de procesos de compras públicas y a la inclusión de una partida presupuestaria para el SGEEn. Al momento hay el

compromiso inicial de la Alta Dirección que se adjunta en un documento en el Anexo A del presente proyecto.

Elaboraremos la auditoría de los consumos de diferentes tipos de energía de uso final en el hospital, fundamentada en el proceso de la norma ISO 50002. De esta se alcanzará a estructurar y redactar un informe de la auditoría, en el cual se resaltarán los valores obtenidos del desempeño energético de los sistemas, indicadores energéticos adecuados para realizar propuestas de medidas y toma de decisiones, finalmente se identificarán las oportunidades de mejora, etc.

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1. Antecedentes

La eficiencia energética (EE) se puede definir como el potencial de uso de la menor cantidad de energía posible para elaborar un producto o servicio, sin sacrificar la calidad de mismo, y puede ser implementada en todo tipo de sistema o medio de producción, así como organizaciones o instituciones. La EE no se limita a aplicaciones tecnológicas o mejora de procesos, sino que tiene que ser sustentada por un sistema de gestión o manejo energético SGE<sub>n</sub>, esto responde a la necesidad de establecer y mantener a largo plazo la reducción de emisiones contaminantes, consumo energético y costos, además de mejorar la calidad de productos y servicios (Peña, 2013). En varios países e instituciones del mundo se han desarrollado e implementado sistemas de gestión de la energía SGE<sub>n</sub> donde su principal objetivo es mayor EE produciéndose ahorros económicos, aumento de la calidad en sus productos y concientización en las personas relacionadas al uso energético.

A nivel mundial los países plantean o planifican la reducción de emisiones de gases mediante protocolos como el de KIOTO que entró en vigor desde el 2005. Sin embargo, en el 2016 se firmó el tratado de PARÍS que es la actualización del tratado predecesor, en este acuerdo más de 170 países se comprometieron a evitar el cambio climático, uno de los parámetros de verificación es evitar que la temperatura global no se eleve más allá de los 2C°, entre otros. Es importante mencionar que este tipo de convenios mundiales son las bases que permiten el desarrollo de metodologías, conceptos y/o tecnologías que sirvan para alcanzar los objetivos planteados, entre estos obviamente se considera a la EE como parte fundamental para reducir emisiones y mitigar el problema de escases de recursos energéticos.

La fuente principal primaria de energía a nivel mundial lamentablemente procede de recursos naturales no renovables. Esto se puede verificar en el documento publicado por OLADE: “*Evolución y Estado Actual de los Procesos de Integración Energética Regional – El Papel de OLADE*”, de 2015, cuyos estudios demuestran que la matriz energética mundial y a nivel latinoamericano y caribe está estructurada principalmente por recursos no renovables (OLADE, 2015).

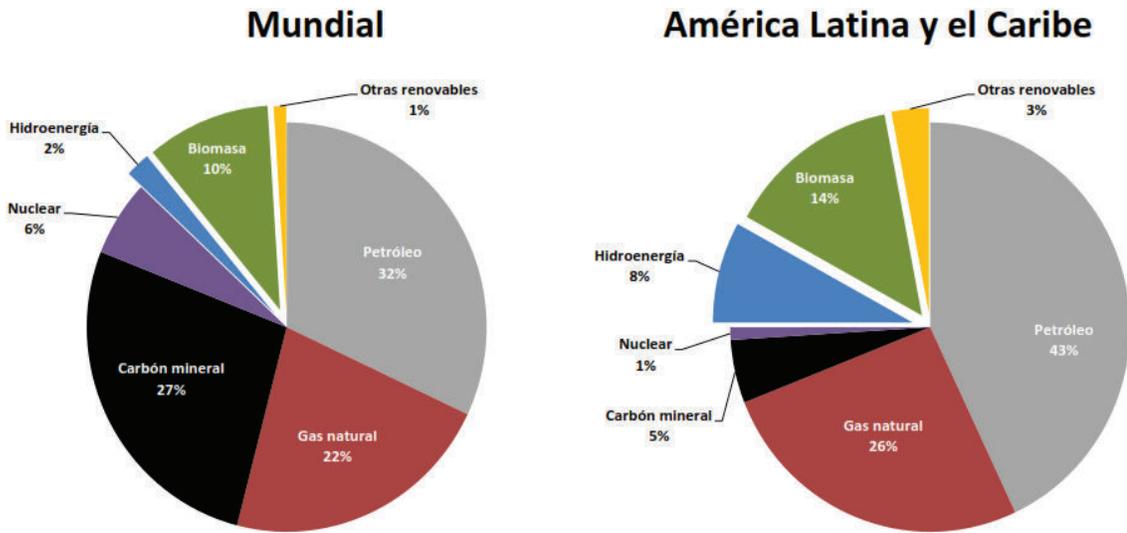


Figura 1.1. Matriz energética mundial, Latinoamérica y Caribe.  
(Fuente: OLADE, 2015).

Se detalla que el petróleo, el gas natural y el carbón mineral suman más del 80% de los recursos energéticos indispensables para el año 2015. En América Latina y el Caribe se observa una misma realidad donde más del 70% corresponde a recursos no renovables.

Según el Balance Energético Nacional, realizado en el 2015, se demuestra que la principal fuente de energía primaria es el petróleo. No obstante, el Ecuador por no poseer recursos o reservas importantes de carbón, en su matriz energética no identifica al carbón como un recurso energético, sin embargo, si se considera importante a la leña, la cual es usada todavía en poblaciones rurales para la cocción de alimentos principalmente. En la siguiente gráfica se evidencia estos antecedentes.

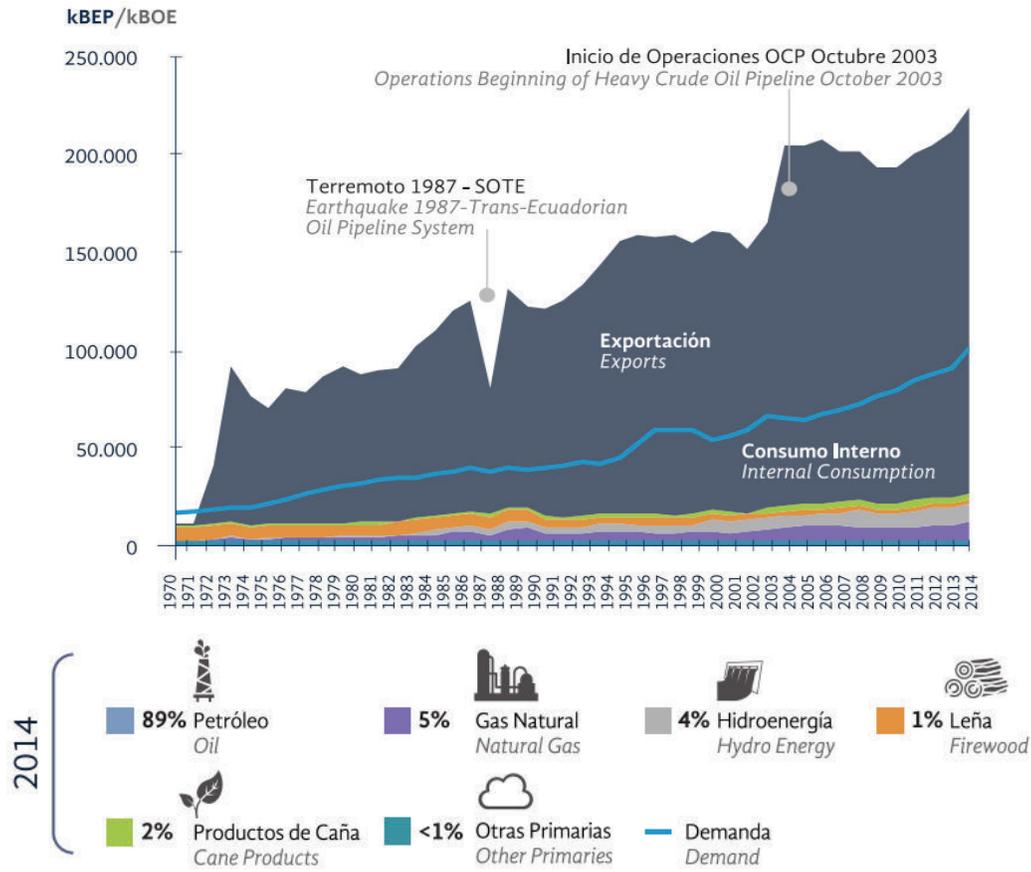


Figura 1.2. Evolución de la oferta energética 1970-2014 Ecuador, Balance Energético Nacional. (Fuente: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015).

El consumo extendido de petróleo en el país, al igual que en el mundo se debe al uso de combustibles fósiles en el transporte, representados principalmente por vehículos. El siguiente consumidor importante es la industria, en este sector la energía es un insumo de producción, mientras que los vehículos, en la gran mayoría, el combustible es usado exclusivamente para el confort sin ninguna rentabilidad a cambio. En la siguiente figura se refleja el consumo energético por sectores.

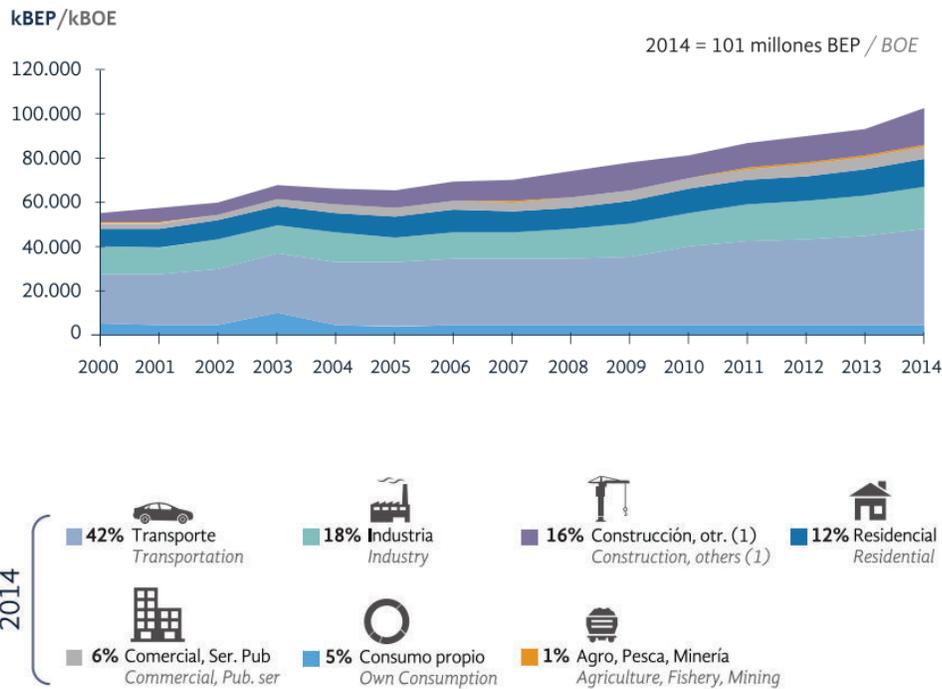


Figura 1.3. Consumo de la energía por sectores 2000-2014, Balance Energético Nacional. (Fuente: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2015).

Según la figura anterior **los hospitales tanto públicos como privados pueden ser representados por el sector “Comercial, Servicio Públicos”, con un 6% de representatividad.** Pero la realidad energética de un hospital es otra, ya que dispone de una matriz energética más compleja donde interviene el uso de combustibles y electricidad; y sus usos finales son diversos como generación de vapor, ventilación, aire acondicionado, iluminación, electricidad para equipos médicos y máquinas, etc. **Es posible que los hospitales entren en la combinación de sectores como el de “Industrial” y “Comercial, Servicio Públicos debido a la gran infraestructura civil y arquitectónica que representa un hospital,** otro punto importante a considerar es que son instituciones que deben ofrecer servicios de alta calidad durante 24 horas todos los días del año. Por esta razón el presente proyecto busca contribuir de alguna manera al complementar la información disponible sobre el estado energético de los hospitales, con otros estudios realizados por el estado ecuatoriano y particulares.

### 1.1.1. Estado del arte

Existen varias publicaciones, investigaciones y organizaciones que han elaborado estudios sobre eficiencia energética en hospitales. Es el caso de CADDET, fundado en 1988, en su publicación “*Saving energy with Energy Efficiency in Hospitals*” de 1997, destaca varios casos de éxito respecto a mejoras de eficiencia en hospitales tanto como ahorros económicos, así como la definición de una matriz energética para un hospital como indicadores de gestión (CADDET, 1997).

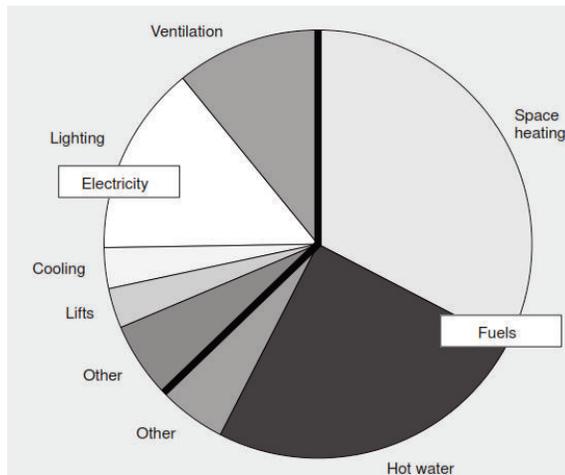


Figura 1.4. Matriz energética de hospitales miembros CADDET. (Fuente: CADDET, 1997).

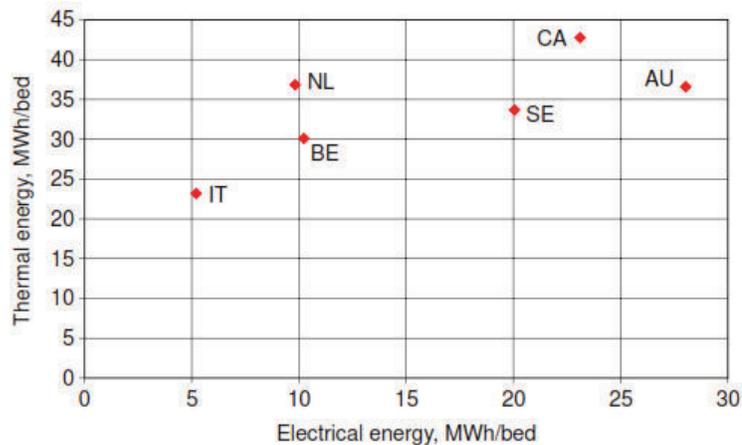


Figura 1.5. Energía térmica y energía eléctrica anual de países miembros del CADDET. (Fuente: CADDET, 1997).

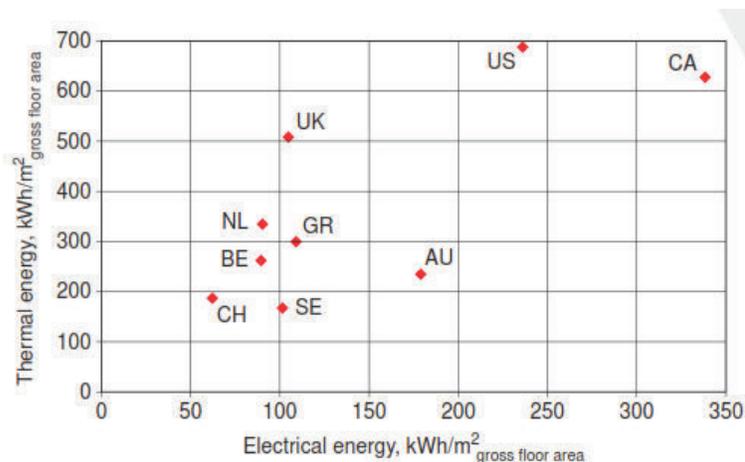


Figura 1.6. Energía térmica y energía eléctrica, países miembros del CADDET.  
(Fuente: CADDET, 1997).

Como se observa en la figura 1.4, en un hospital básicamente el mayor recurso energético utilizado son los combustibles fósiles y la electricidad, este abarca calentamiento de espacios (en invierno), así como calentamiento de agua y otros, pero esta información se basa en un estudio en países miembros del CADDET, lo que no necesariamente refleja la realidad de un hospital en el Ecuador, particularmente en la región Sierra, donde se cuenta por ejemplo con solo dos estaciones climáticas en el año, no existe inviernos excesivamente fríos o veranos calurosos. En el caso de la Costa y la Amazonía se requiere de la climatización durante todo el año.

En las figuras 1.5 y 1.6, se observa la relación que existe entre diferentes indicadores energéticos, CADDET denota que el UE/bed (unidades energéticas por cama) contiene mayor información característica del hospital así como el indicador UE/área (unidades energéticas por área) que representa el rendimiento energético de un hospital según el tamaño del mismo, sin embargo este último puede no contener suficiente información energética del establecimiento debido a que en un área determinada puede existir una alta variedad de usos finales de energía así como pueden existir áreas inhabilitadas si ninguna carga de usos finales.

Otro detalle importante por observar en las figuras 1.5 y 1.6 que existe una evidente dispersión de puntos respecto al comportamiento energético de los hospitales, lo que indica que cada establecimiento tiene un rendimiento particular que depende de sus características como son:

- Factores climáticos (hospitales ubicados en zonas más frías su consumo energético necesariamente será mayor al de un hospital ubicado en zona templada).
- Tipos y cantidad de servicios hospitalarios
- Tamaño en área y/o número de camas (la cantidad de camas vs. el espacio disponible puede variar según el país o normativas que lo rigen).
- Ubicación geopolítica.
- Tipos de recursos energéticos y disponibilidad de los mismos.

Existen otras organizaciones de investigación como el NREL (National Renewable Energy Laboratory-USA), cuya publicación "*Large Hospital 50% Energy Savings: Technical Support Document*", de 2010, establece recomendaciones y metodologías para lograr ahorros energéticos hasta del 50%, este estudio se basa en la sectorización de los hospitales según las zonas climáticas de los Estados Unidos (NREL, 2010).

Otra publicación importante es la "*Guía para el Ahorro y la Eficiencia Energética en Hospitales*", de 2010, publicada por el Ministerio de Industrias, Turismo y Comercio de España, junto con el INDAE (Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía - España) y dan a conocer recomendaciones tecnológicas y procesos aplicadas a diseño de instalaciones, sistema de distribución eléctrica, sistema de iluminación, sistema de calefacción, sistemas de abastecimiento de agua fría y caliente, etc. para mejorar el rendimiento y la eficiencia energética (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España, 2010).

En Latinoamérica Chile es un país donde se ha trabajado intensamente en proyectos de eficiencia energética, según la revista chilena "*Electricidad*" en su publicación del 1 de abril del 2015 destaca la inversión de alrededor de \$10,000 millones por parte del estado chileno para proyectos de eficiencia energética a hospitales de alta complejidad, ya que es evidente el alto consumo energético y la demanda de recursos para los mismos (Revista Electricidad, 2015). Chile ha trabajado en temas relacionados desde tiempo atrás mediante la elaboración de investigaciones y proyectos de EE, como es el caso de la investigación publicada en el 2009 "*Eficiencia Energética en Hospitales Públicos*" divulgado mediante la cooperación chilena-alemana, donde se redacta una guía y recomendaciones para mejorar la EE en hospitales públicos (GTZ-Dalkia, 2009).

Publicaciones a nivel mundial se enfocan en proveer una guía o proceso para estructurar un SGE. La tabla 1.1 describe las diferentes fases de implementación de un SGE, que

variarán dependiendo de las metodologías o concepción del estudio, el número de etapas o fases de implementación, el enfoque base o central es muy similar entre todas, pero con diferente estructuración.

Tabla 1.1. Comparación de modelos de estructuración de SGE - Fases.

DOC.	Guía Práctica para la Implementación de Sistemas de Gestión Energética	Implementación de un Sistema de Gestión Energética Basado en la Norma ISO 50001	Implementación de un Sistema de Gestión y Mejora de la Eficiencia Energética Según la Norma UNE EN-16001
Autor	AEDHE-Fundación MAPFRE España	Agencia Chilena de Eficiencia Energética	GEI-2A-EUROPA
Fase - 1	Análisis situación inicial, auditoría energética.	Requerimientos, medulares, estructurales, disposición alta gerencia, análisis de brechas.	Diagnóstico.
Fase - 2	Elaboración, Adaptación documental y herramientas.	Planificación:responsabilidades y representante de alta gerencia, políticas y planificación energética.	Compromiso y responsabilidad de la dirección.
Fase - 3	Formación o estructuración.	Hacer:control operacional, diseño de proyectos, compra de equipos, comunicación, registros, etc.	Formación inicial: Preparación y concienciación de los gestores y de todo el personal involucrado.
Fase - 4	Implementación SGE.	Verificar: monitoreo, análisis, auditoría interna, etc.	Gestión de los procesos: Identificar, definir, controlar y mejorar los procesos.
Fase - 5	Auditoría interna	Actuar: revisión de la alta gerencia	Documentación de elementos del sistema.
Fase - 6	Certificación.	Certificación.	Implantación.
Fase - 7			Seguimiento y mejora.
Fase - 8			Auditoría interna.
Fase - 9			Certificación.

(Fuente: propia).

Para el presente estudio se ha considerado a la publicación “*Implementación del SGE basado en la ISO 50001*”, de autoría de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética, puesto que da una referencia clara de los procedimientos, etapas o fases, requisitos, etc. que la

ISO 50001 demanda y se aplica con mucha claridad en el caso de una organización hospitalaria (Agencia Chilena de Eficiencia Energética, 2012).

En el aspecto académico también existen varios trabajos interesantes a nivel nacional como internacional, cada trabajo tiene un enfoque y alcance particular que arrojan resultados o antecedentes importantes para este proyecto de investigación. De los trabajos con mayor orientación al estudio de la eficiencia energética o la estructuración de sistemas de gestión de la energía SGE en hospitales podemos mencionar los siguientes:

1. *“Hospitales Eficientes, Una Revisión del Consumo Energético Óptimo”*, (López, 2011), su proyecto se basa en demostrar que el consumo energético está ligado a las características propias de cada hospital, ya que cada institución de salud dispone de diferentes servicios, diferente ubicación geográfica, diferente número de camas, etc. Según esta hipótesis es complicado determinar un valor referencial o indicador que identifique el nivel de eficiencia energética en un hospital de manera general. Sin embargo, determinar indicadores o valores que demuestren el nivel de eficiencia energética de un hospital según sus características propias nos permitirá clasificar y establecer grupos según tipologías, zonas climáticas, países, etc. para ser comparados y evaluados según su clasificación. Es decir, en otras palabras, cada hospital debe trazar sus propias líneas base de consumo energético e índices energéticos, para que a partir de esta se pueda establecer estrategias y políticas de mejora.
2. *“Implementación Inicial de un Sistema de Gestión de Uso de Energía en un Hospital Público del Ecuador”*, (C. Arpi & V. Salazar, 2016), su trabajo se enfoca al estudio de inicial y obtención de datos fundamentales para el desarrollo posterior de un sistema de gestión energética, es decir se realizó un balance energético de los diferentes sistemas energéticos como el térmico, (sistema de vapor, sistema de bombeo de agua, calentamiento de agua, aire acondicionado, etc.) Eléctrico (iluminación, equipos médicos, motores eléctricos, etc.), de esta información se determinaron indicadores energéticos como consumo energético térmico por cama (kJ/cama), consumo energético eléctrico por cama (kWh/cama), consumo de agua por cama (m<sup>3</sup>/cama), etc. Adicional en el proyecto se presenta la alternativa de uso de energías renovables (colectores solares) para reemplazar al sistema de calentamiento de agua que es realizado actualmente con calefones de GLP.

3. *“Estudio de un Programa y Sistema Informático de Mantenimiento para optimizar recursos en el área energética en el Hospital del Seguro Social en la ciudad de Ambato”*, (Ríos, 2011), destaca la importancia que tienen las herramientas computacionales en la gestión del mantenimiento, debido a que se puede generar ahorros de energía y recursos económicos, al ser aplicado en instituciones como los Hospitales, con un software bien estructurado de mantenimiento, colateralmente se puede obtener varios indicadores energéticos, así como pequeños balances de energía en función de costos, etc. demostrando que la gestión adecuada y moderna del mantenimiento es parte vital de un sistema macro de gestión de la energía.
  
4. *“Estudio y Análisis de la Eficiencia Energética en los Principales Sistemas Energéticos del Hospital Homero Castanier Crespo: Sistema Eléctrico y Sistema Térmico”*, (T. Gonzales & M. Romero, 2015), la investigación tiene por objetivo caracterizar los consumos de energía eléctrica y térmica, determinar un valor índice de eficiencia energética, realizar modelaciones aplicando diferentes escenarios, definir oportunidad de ahorro y proponer un sistema de gestión de la energía del sistema eléctrico y térmico. Del análisis se obtiene varias oportunidades de mejora principalmente en la iluminación y distribución de vapor, que va desde el uso de focos ahorradores hasta evitar la subutilización de zonas del hospital que no necesitan funcionar 24h. De las conclusiones del proyecto se destaca el que es necesario crear una “Comisión de Energía”, que se encargue de operar un sistema de gestión energética.
  
5. *“Estudio y Análisis de la Eficiencia Energética en los Principales Sistemas Energéticos del Hospital Vicente Corral Moscoso”*, (E. Becerra & C. Riquetti, 2015), de igual manera que el proyecto anterior, arroja resultados similares en donde se establece que es necesario establecer una comisión de energía que permita gestionar todos los procesos, decisiones, políticas y seguimiento que se refieran a la energía.

Finalmente trabajos como el de *“Identificación de Indicadores para la Eficiencia Energética, Módulo 3”* publicado bajo el auspicio de la AChEE (Agencia Chilena de Eficiencia Energética) presenta una referencia para identificar los indicadores globales para la eficiencia energética como: indicadores de consumo eléctrico, consumo energético térmico, así como indicadores desagregados que representan el consumo particular en sistemas o subsistemas como el de refrigeración, iluminación, consumo de agua,

etc.(Balderrama, 2012). Es importante mencionar que la estandarización de indicadores energéticos permitirá a cualquier institución manejar información con mayor claridad y objetividad.

## **1.2. Definición del problema**

Nuestro país en la actualidad pese a ver adoptado las norma ISO 50001, no existen manuales ni una legislación que obligue a los sectores de mayor consumo energético tanto residencial, industrial, transporte y comercial para estandarizar procesos de balances de energía, ni manejo de los sistemas de consumo energético o implementación de sistemas de gestión de la energía para hospitales, por lo cual se desconoce la situación actual del desempeño energético en la gran mayoría de instituciones de salud públicas y privadas, en el año 2008 la Subsecretaría de Energía Renovable y Eficiencia Energética (SEERE) se convierte en la Autoridad que rige la gestión energética eficiente y el desarrollo de las energías renovables. Se le dio como principal objetivo determinar políticas, estrategias y directrices energéticas basadas en la sostenibilidad, seguridad y la diversificación. Además, debía fomentar el levantamiento de información y generación de conocimiento; y la aplicación de tecnologías eficientes y amigables con el medio ambiente, para mitigar los efectos del cambio climático y asegurar un desarrollo económico sostenible. Entre los estudios realizados se dice que se han realizado auditorías energéticas en Edificios Públicos y *Hospitales*; auditorías Energéticas en el Sector Industrial y Hotelero; etc. Pero de lo cual pese a ver realizado una búsqueda no se encuentran los resultados de las auditorías. En el 2012 se crea el Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energía, pero tampoco existen publicaciones con índices respecto a hospitales (Red Latinoamericana y del Caribe para la Eficiencia Energética).

El Ministerio de Sectores Estratégicos en el Balance Energético del año 2015, con datos base de 2014 considera al Sector Comercial, Servicios y Administración Pública como un solo sector, en el mismo caso no existen indicadores energéticos para hospitales, aunque si los hay para Transporte, Industria y el Sector Residencial.

En el caso del Hospital BACA ORTIZ HBO no existe información de la incidencia real del rendimiento energético sobre los costos operativos hospitalarios, ni tampoco existe una política clara o difundida ampliamente sobre gestión de la energía. Es por ello que se propone el estudio, "ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN ENERGÉTICA PARA EL HOSPITAL BACA ORTIZ DE QUITO, SEGÚN NORMATIVA INEN NTE ISO 50001.", mediante el cual se pretende a mediano y largo plazo, justificar y fundamentar la

aplicación de técnicas, normativas de eficiencia energética y por supuesto el SGEEn. Este estudio será un referente para evaluar la situación energética hospitalaria, iniciando con el Sistema de Gestión energética según la norma ISO 50001.

### **1.3. Justificación e importancia de la investigación**

La crisis económica que afecta a nuestro país y en general al mundo entero hace que la eficiencia energética sea una herramienta para reducir costos y producir ahorros en las Instituciones, se puede afirmar sin temor a equivocarnos que tanto el sector privado así como las instituciones públicas del país no han hecho uso de esta herramienta, talvez motivados por la crisis económica, a veces el mantener los sistemas que han funcionado por muchos años sin paralizaciones, pero de los cuales se sabe que lo han hecho dentro de parámetros ineficientes técnica así como económicamente, y claro el tener que invertir en preparación del personal, realizar mediciones e identificar oportunidades que puedan producir ahorros energéticos como económicos no está dentro del pensamiento de los administradores de estas instituciones.

En este trabajo se trata de ir más allá de simplemente de obtener índices, sino se trata de sobre esa base plantear un sistema de gestión energética con una metodología propia que pueda ajustarse a nuestras realidades, lo cual permitiría a mediano y largo plazo ejecutar políticas de gestión de eficiencia energética, debidamente fundamentadas para reducir el consumo energético sin disminuir la calidad de atención del hospital; y que este sistema se mantenga y sea sostenible en el tiempo, independiente de los cambios que se produzcan a nivel de la alta gerencia, que como sabemos son puestos de libre remoción en el caso de instituciones públicas.

El SGEEn permitirá el trabajo sistemático en el hospital, la ISO 50001 define al SGEEn como un conjunto de elementos interrelacionados o que interactúan para establecer una política energética y los objetivos energéticos, así como los procesos y procedimientos para alcanzar estos. La norma es una hoja de ruta y el camino por seguir para la mejora continua del rendimiento energético. En el pasado, los proyectos para reducir el consumo de energía fueron identificados, financiados y ejecutados, ellos no estaban vinculados por lo general a la visión de la organización o metas u objetivos estratégicos y participaban sólo unos pocos departamentos (por ejemplo, la ingeniería, mantenimiento, contratación, el personal y las instalaciones). A menudo se contrata un profesional que tiene su propio enfoque o método. La implementación de la ISO 50001 y del SGEEn implica no sólo la técnica sino también un enfoque desde la alta gerencia (administración o dirección) y toda

la organización de empleados, usuarios y contratistas que tienen la tarea de reducir el uso de la energía y los impactos ambientales.

Se identificarán oportunidades para reducir el consumo de energía, se establecerán controles operacionales adecuados, obligando al entendimiento del uso energético actual y sus costos relacionados al personal con los ahorros que se puedan obtener. Favorecerá la gestión, el apoyo y compromiso y le ayudará a explicar a todo el personal sus responsabilidades y el rol de cada uno en el SGE<sub>n</sub>.

A su vez el SGE<sub>n</sub> permitirá el cumplimiento de normativas de instituciones que controlan la energía y el medio ambiente a nivel País e internacionalmente. Nos ayudará a determinar indicadores como el "UE/bed, unidades de energía por cama" y otros que permitirán determinar el desempeño energético en el hospital, además se podrá identificar aspectos técnicos en los que se pueda mejorar el rendimiento y eficiencia energética.

Posteriormente la alta gerencia del Hospital podrá decidir si quiere obtener la certificación bajo la Norma ISO 50001, después de un análisis de las ventajas y desventajas que podrían significar el hacerlo.

Finalmente, la elaboración y ejecución de proyectos similares fomentará la creación de Empresas de Servicios Energéticos o ESCO's, estas están orientadas a mejorar la forma en que se utiliza la energía en una empresa o institución. Para el desarrollo de sus actividades se puede sugerir la utilización de Contratos por Desempeño Energético, en los cuales se formaliza el pago por los servicios prestados. Estos contratos son instrumentos legales que especifican las condiciones para el desarrollo de los proyectos de Eficiencia Energética, por ejemplo, deberes y derechos de las partes involucradas de manera que las inversiones realizadas puedan recuperarse a través de los ahorros económicos generados.

En cuanto a la certificación con la norma ISO 50001, la compañía Repsol Ecuador obtuvo la certificación en febrero de 2014, si bien el inicio de la implementación del SGE<sub>n</sub> y el compromiso con el ahorro energético de Repsol data de varios años atrás, desde el cuarto trimestre de 2012. Esta certificación se da por su gestión energética en los dos bloques petroleros que opera la petrolera en el país, el 16 y Tivacuno ubicados en las provincias amazónicas de Orellana y Sucumbíos. La reducción del consumo y la mejora del uso y el rendimiento de la energía, para contribuir así a la reducción de costos y la minimización de las emisiones de gases de efecto invernadero, han sido evaluados y auditados por Lloyd's Register Quality Assurance, empresa contratada para los servicios de certificación,

una vez completadas la revisión documental y la verificación en las instalaciones de la aplicación de todos los requisitos de la norma, ha certificado el Sistema de Gestión de la Energía SGEN de Repsol. La certificación se ha considerado como una huella de identidad y el compromiso de toda la organización para mantener la mejora continua en el uso racional y eficiente de las fuentes de energía contando para ello con el soporte de la Dirección de Huella Ambiental y Unidad de Carbono de la institución. Es necesario resaltar la Política Energética del Grupo, la planificación con objetivos y metas específicos que permitirán seguir mejorando el desempeño energético de la organización, su compromiso con la sostenibilidad y su voluntad de realizar una operación respetuosa con el medio ambiente.



Figura 1.7. Certificado de Aprobación del Sistema de Gestión Energética de Repsol Ecuador S.A. de la normativa ISO 50001:2011, por parte de Lloyd's Register LRQA. (Fuente: Repsol Ecuador S.A.).

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable MEER en conjunto con la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI), acordó implementar el Proyecto “Eficiencia Energética para la Industria en el Ecuador” (EEI), que busca establecer una cultura de uso eficiente de la energía mediante la adopción de sistemas normalizados, proyecto del que la empresa General Motor – Ómnibus Bela Botar GM – OBB forma parte a través de un convenio firmado con el MEER a fines del año 2013 como uno de los estudios de caso para la Implementación de un SGen. El 22 de septiembre de 2014 GM - OBB recibe la certificación internacional de la norma UNE – ISO 50001 por la Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR. Lo cual determina el inicio de parte del MEER con el apoyo de ONUUDI de la generación de proyectos de implementación de la norma y afirma el compromiso de GM – OBB en la reducción del consumo energético, el desempeño energético y la reducción de las emisiones de efecto invernadero.



Figura 1.8. Entrega de la Certificación de la UNE – ISO 5001 a GM – OBB S.A. por parte de AENOR.

(Fuente: MEER, Eficiencia Energética para la Industria en el Ecuador 2016).

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Norma NTE INEN ISO 50001, fases de estructuración del SGEN**

#### **2.1.1. Descripción general de la Norma NTE INEN ISO 50001**

La Organización Internacional de Estándares ISO (International Organization for Standardization) por sus siglas en inglés es una entidad que ha generado una gran cantidad de normativas, en junio del año 2011 se emitió el estándar sobre sistemas de Gestión de la Energía ISO 50001. El instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización INEN adopto en el mismo año 2011 la Norma NTE INEN ISO 50001 y es una adaptación del estándar internacional aplicado para nuestro País (NTE INEN-ISO 50001, 2012).

Esta norma provee una estructura de sistemas y procesos necesarios para el fortalecimiento de la administración y desempeño energético, es aplicable en todo tipo de organización o institución, al mismo tiempo regula tanto al sector privado como al gubernamental, es decir, tiene un amplio espectro de aplicación, el objetivo de la norma es establecer un Sistema de Gestión Energético SGEN.

En este estudio se utilizará como referencia base dos documentos desarrollados por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética AChEE denominados, el primero “Gestión de la energía e ISO 50001” (Laire Peirano, 2013) y el segundo “Manual de Gestor Energético – Sector Hospitalario” (C. Quiroga, K. Fonfach & R. Balderrama, 2013). Así mismo el estándar NTE INEN ISO 50001 será otro documento base y algunas otras publicaciones al respecto (INEN –ISO 50001, 2012).

La ISO 50001 suministra una estructura organizacional, y un costo beneficio orientado hacia la energía, la administración de negocios y juega un rol importante como un socio de la ingeniería para implementar un gerenciamiento energético dentro de cada parte del negocio, y sirve de ayuda al medio ambiente al usar menos energía que probablemente venga de combustibles fósiles, así el gerenciamiento debe ser entendido como el manejo de todas las cosas y de cualquier cosa. Por lo tanto, el manejo de la energía es el desempeño proactivo, organizado y sistemático, coordinado de la conversión, distribución y el uso final de la energía, teniendo como meta final el medio ambiente y el objetivo económico de la organización. La norma ISO 50001 por definición es el manejo de la energía, pero como herramienta utiliza la implementación de un SGEN para encontrar los requerimientos de la misma en cada organización o empresa (Kals, 2015).

Una vez implementada la norma ISO 50001 la organización o empresa podría decidir ir a la siguiente fase que es la certificación, si lo hace, debe presentar el sistema a los certificadores y específicamente sus logros a través de las metas u objetivos propuestos, entonces el certificador, que es un auditor certificado y que realiza la verificación, establece el cumplimiento de la normativa y otorga el certificado a la organización, debe también este certificado tener la acreditación a la empresa o auditor certificador de una autoridad pública (Kals, 2015).

### 2.1.1.1. Ejes del ciclo de mejora continua

Los cuatro ejes que se muestran en la gráfica son la base filosófica de la ISO 50001; al mismo tiempo estos ejes tienen sub componentes, de los mismos, existen dos tipos de requerimientos, los primeros conocidos como fundamentales o medulares y los segundos los de tipo estructural. Cabe notar que los ejes de la norma en cuanto a planificación, elaborar (hacer), verificar y actuar están inmersos estos requerimientos ya sean fundamentales o estructurales.

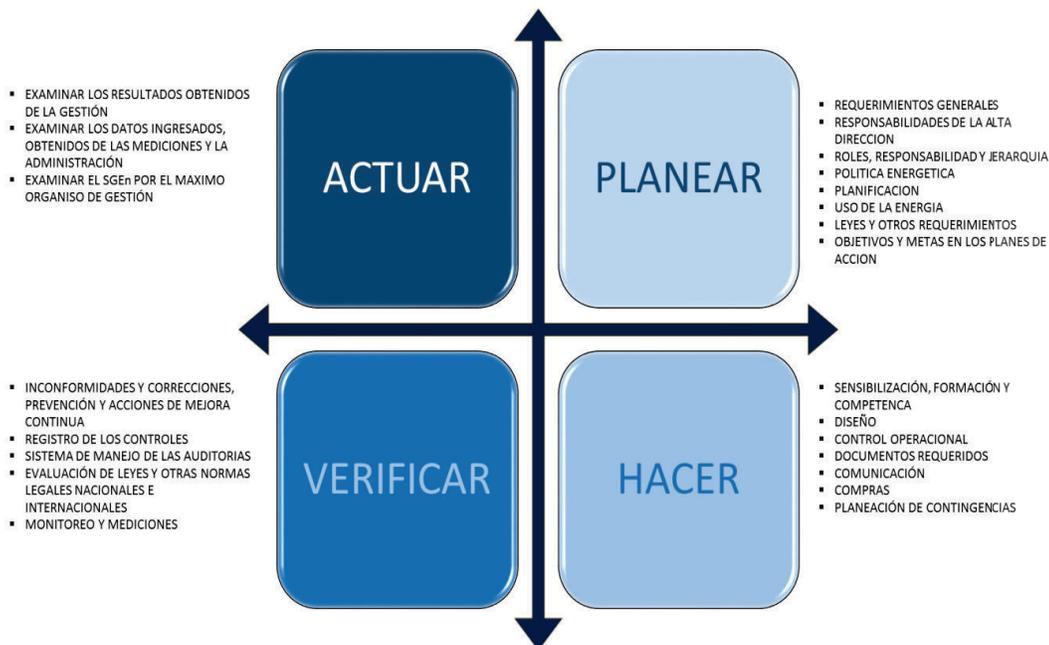


Figura 2.1. Ejes de estructuración del SGE de la norma ISO 50001. (Fuente: Agencia Chilena de Eficiencia Energética, 2012).

El manejo de la energía se enfoca en la acción, en contraste el SGEN es un conjunto de reglas que definen y alcanzan los objetivos y las políticas de la compañía u organización en materia energética. En definitiva, el gerenciamiento de la energía sobre un nivel organizacional es el manejo de la energía, mientras que el SGEN determina las reglas de como este manejo debe ser hecho. El estándar ISO 50001 establece cuatro ejes como un ciclo conocido por sus etapas PHVA (PDCA en inglés) o el ciclo Deming, enmarcado siempre en el mejoramiento continuo (Kals, 2015).

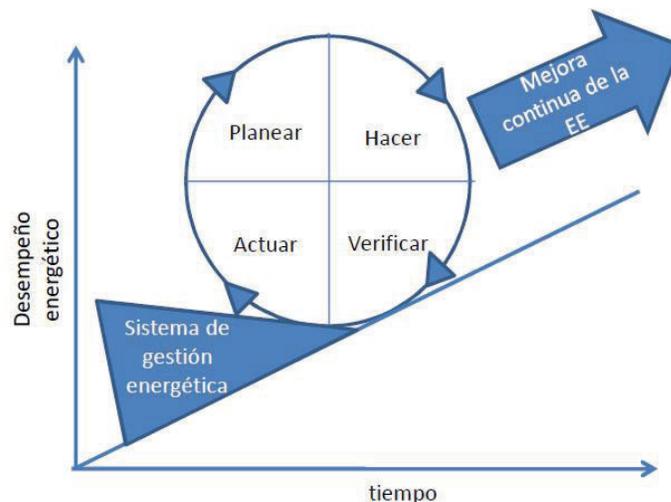


Figura 2.2. Desempeño energético versus tiempo.  
(Fuente: Laire Peirano, 2013).

Sobre la base del mejoramiento continuo cíclico se propone los requerimientos para la implementación de la norma ISO 50001, lo cual implica la estandarización de procedimientos y procesos que permitan obtener disminución del consumo energético, a través de mejorar las acciones en la organización en base a normas internacionales, integrando la EE en sus operaciones de gestión.

Como vemos los ejes son una parte importante y fundamental del SGEN, a continuación, damos una breve explicación de cada uno de los ejes:

### **Planificar**

Se centra en entender el comportamiento energético de la organización para establecer la política energética e implementar los controles y objetivos, a través de la identificación de los usos finales, líneas base, normativa aplicable e identificación de medidas o proyectos de EE, establece una planificación con objetivos, metas, índices y planes de acción.

## Hacer

Busca implementar procedimientos y procesos regulares con el fin de capacitar, controlar y mejorar, es importante entender que la formación dentro de la organización y la sensibilización de todo el personal es parte importante de este eje.



Figura 2.3. El ciclo de Deming o círculo PDCA.  
(Fuente: Walter A. Stewart).

## Verificar

Monitorear y medir procesos en base a las Políticas, objetivos, metas y características clave de las operaciones y reportar los resultados. Además, establecer inconformidades, acciones correctivas y preventivas, cabe notar que se debe establecer procedimientos para las auditorías del SGEEn.

## Actuar

Tomar acciones para mejorar continuamente el desempeño energético en base a los resultados, aquí se realiza la elaboración de informes, la revisión y aprobación de los mismos por la alta gerencia. El procedimiento metodológico general que se aplicará en este proyecto por fases es el siguiente:

### 2.1.1.2. Elementos Fundamentales

Los requerimientos fundamentales corresponden a todas aquellas operaciones o procedimientos que son esenciales para reconocer, identificar y mejorar el desempeño energético. En el eje de PLANEACIÓN los requerimientos fundamentales son:

- Auditoría energética (Usos energéticos).
- Línea base energética.

- Indicadores de desempeño energético.
- Objetivos energéticos, metas energéticas y el plan de acción de gestión de la energía.

Para el eje de ELABORACIÓN (HACER) los requerimientos fundamentales son los siguientes:

- Control Operacional.
- Diseño.
- Recomendaciones para la adquisición o compra de servicios energéticos, productos, equipos y energía.

Para la VERIFICACIÓN uno de los requerimientos fundamentales es el monitoreo, medición y análisis. En cuanto al eje ACTUAR no existen requerimientos fundamentales, pero todos sus subcomponentes son estructurales.

### **2.1.1.3. Elementos Estructurales**

Los requerimientos Estructurales, son aquellos que proveen la estructura entorno a los requerimientos fundamentales y que convierten a la gestión de la energía en un proceso sistemático y controlado. En cuanto a los requerimientos estructurales son los siguientes de acuerdo con la filosofía de la ISO 50001.

#### **Planificar**

- Requerimientos generales.
- Responsabilidad de la Alta Dirección.
- Roles, Responsabilidad y jerarquía incluida la Alta Dirección.
- Representante de la Alta Dirección.
- Política Energética.
- Planificación energética.
- Requerimientos legales y de otro tipo.

#### **Hacer**

- Sensibilización, formación y competencia.
- Planeación de contingencias.
- Comunicación.
- Documentación.

## Verificar

- Evaluación de leyes y otras normas legales nacionales e internacionales.
- Sistema de manejo de las Auditorías.
- Inconformidades (No-conformidad), corrección, acción de mejora continua, correctiva y acción preventiva.
- Registros de los controles.

## Actuar

- Examinar los resultados obtenidos de la Gestión por la Alta Dirección
- Examinar los datos ingresados obtenidos de las mediciones y la Administración
- Examinar los resultados obtenidos de la Gestión por el máximo organismo de SGEN

### 2.1.1.4. Modelo de Sistema de Gestión de la Energía (SGEn)

La norma así mismo establece además de los cuatro ejes una estructura funcional que se aplica a cada uno de los ejes, y que se ha estructurado sobre la base de una interpretación de Campos (Campos, 2017).

En muchas de las organizaciones los departamentos pueden ser funcionales, geográficos, por clientes, por procesos, por productos, etc., esto determina que cada una de las organizaciones tiene sus particularidades y la implantación de un SGEN así también se ve afectado por las mismas, es decir, no existe una receta que funcione de una a otra organización, se debe estudiar a profundidad su estructura para poder implementar un SGEN. En el caso de organizaciones similares se puede decir que tienen una estructura de usos finales de la energía muy semejante entre unos y otros, por lo cual se puede establecer índices de comportamiento energético, pero no necesariamente su estructura funcional sea la misma o la de departamentos, de procesos administrativos, reglas, etc.

La estructura funcional como se puede ver en la figura 2.4, determina la existencia de diversos supervisores, los cuales tienen su especialización específica en las áreas de la organización, **esto significa que no es una organización piramidal, la estructura funcional se sustenta en el conocimiento**, ningún jefe o superior tiene autoridad total sobre los subordinados, recuérdese que **la autoridad se sustenta en el conocimiento**, por lo tanto, en un momento dado esta autoridad puede ser parcial y relativa a la educación energética de cada persona, de la organización y a sus competencias, todo con el objetivo

de cumplir las metas y la política energética establecida. A continuación, se presenta en un gráfico el diagrama funcional del SGE<sub>n</sub>.

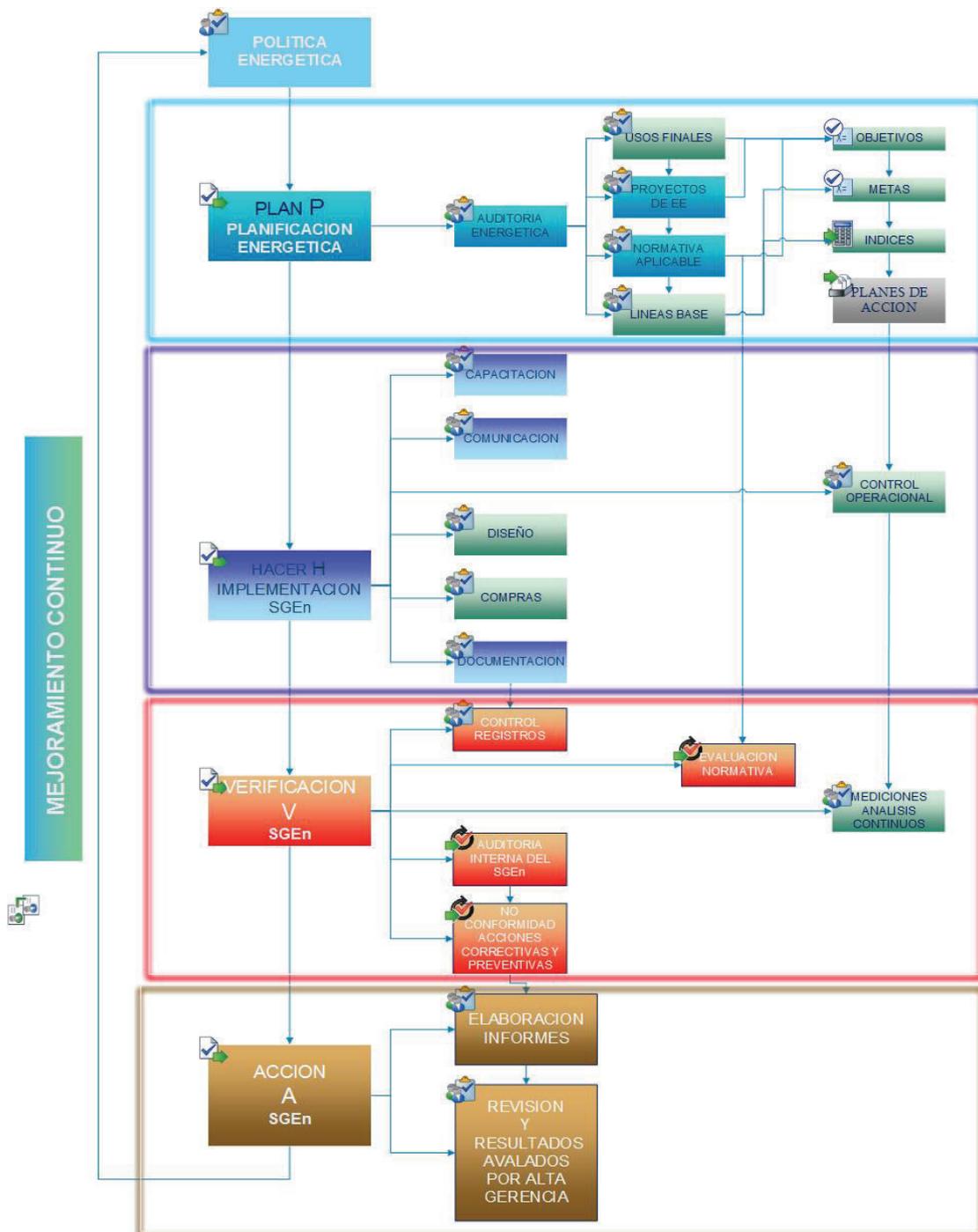


Figura 2.4. Estructura funcional de la Norma ISO 50001.  
(Fuente: Campos, 2017).

Debemos establecer que la comunicación en este caso es directa y sin interlocutores, porque debe buscar la mayor velocidad de comunicación entre los diferentes niveles, es decir, puede darse el caso que un obrero no reporte necesariamente a su jefe inmediato sino directamente al supervisor, esto no quiere decir que habrá un caos, para eso se determinan los procedimientos y reportes, y quienes son los responsables esto se detallará y dependerá de la organización y del dinamismo que esta pretenda lograr.

Otro de los aspectos fundamentales que tenemos que entender es que las decisiones ya no dependen de una sola persona, sino más bien deben ser asumidos por los estamentos especializados en energía y en las diferentes áreas del quehacer energético, por lo tanto, en la estructura funcional todo el recurso humano debe ser capacitado y educado en el área energética, existen ventajas y desventajas de esta estructura funcional uno de aquellos es que alguien reporte a dos o más jefes y este escoja el menos especializado en el tema y el problema no sea solucionado adecuadamente.

### 2.1.2. Metodología y Fases de estructuración del SGen

Se han establecido cinco fases de estructuración del SGen en una interpretación basada en la estructura funcional de la norma ISO 50001, nótese que, a diferencia de la estructura funcional, la política energética está en la fase dos, ya que la metodología de implementación debe partir de una base administrativa y funcional, para luego generar la política energética.

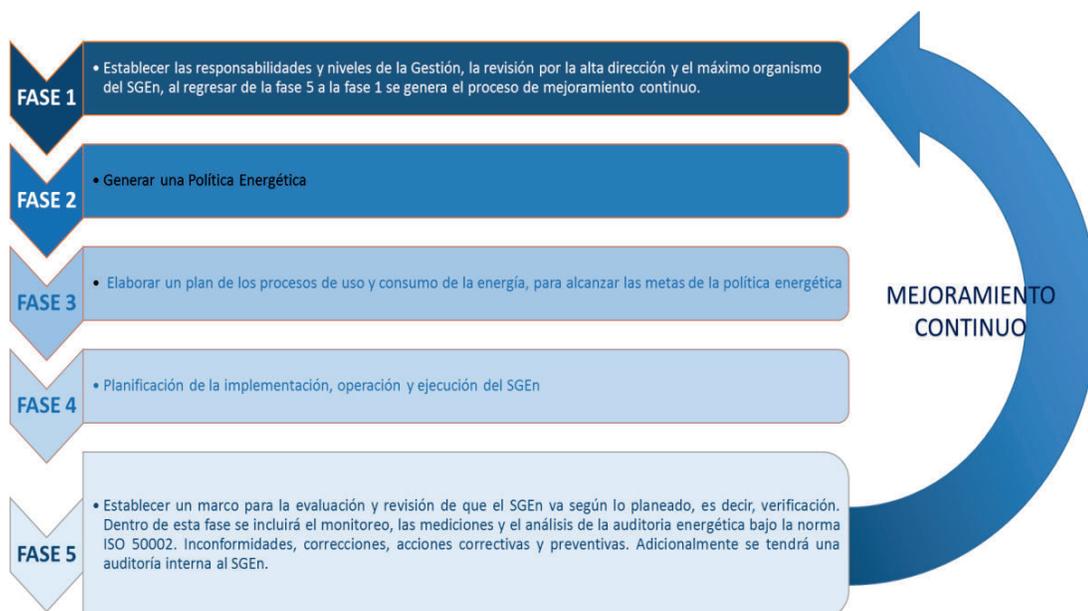


Figura 2.5. Metodología de la Norma ISO 50001.  
(Fuente: propia).

Estas fases serán sustentadas por los sub componentes de los ejes de la ISO 50001, para una implementación total del SGE en todos los elementos fundamentales y estructurales, que tienen directa relación con las fases deben ser alcanzados y documentados bajo los requerimientos de información de la norma. Esta documentación debe ser archivada tanto en digital como impresa, la creación de bases de datos de los procesos energéticos para crear las líneas base en función de los historiales de consumo, permitirá identificar las brechas que puedan producirse en un momento dado, otro de los elementos que permitirá esta documentación es el cálculo de Identificadores de Desempeño Energético IDEn o índices que puedan permitir comparar el comportamiento de la organización con otras similares de su producción o de los servicios ofertados.

Se establece entonces una relación entre las fases de la metodología y los sub componentes de la norma para alcanzar así una correcta implementación del SGE en basado en la norma NTE INEN ISO 50001, se presenta un gráfico correspondiente a lo descrito en este párrafo.

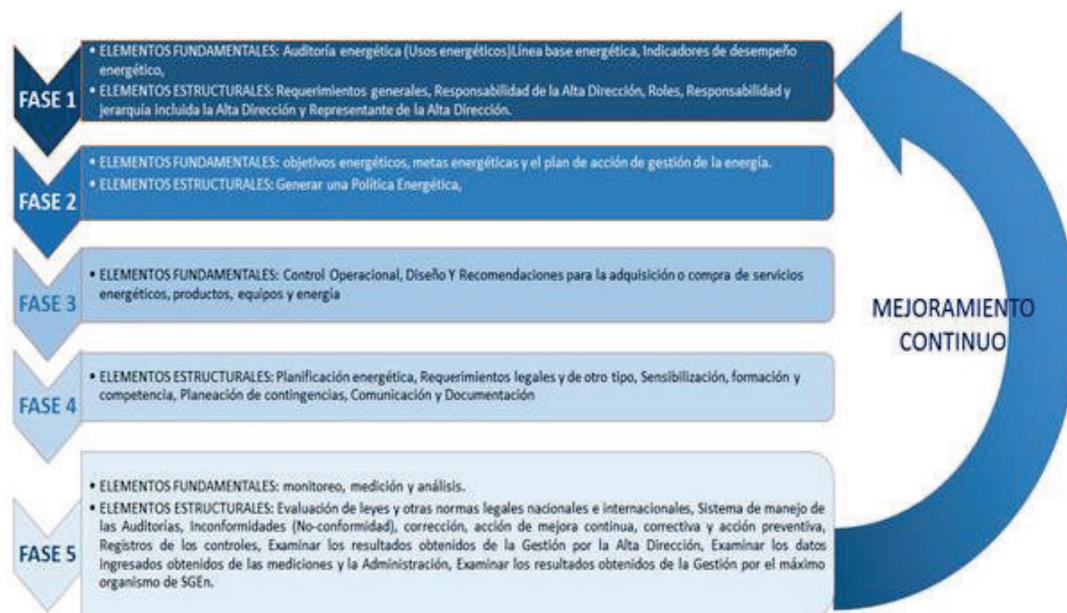


Figura 2.6. Metodología de la Norma ISO 50001, con elementos fundamentales y estructurales. (Fuente: propia).

### 2.1.3. Norma NTE INEN ISO 50001 Fase 1

La Fase 1, de acuerdo con nuestra visión pretende establecer las responsabilidades y niveles de la Gestión, en un proceso de mejoramiento continuo que se establece cuando de la Fase 5 regresamos a la Fase 1.

### 2.1.3.1. Elementos estructurales y fundamentales de la Fase 1

La Fase 1 corresponde a elementos estructurales y fundamentales.

**ELEMENTOS ESTRUCTURALES:** Requerimientos generales, Responsabilidad de la Alta Dirección, Roles, Responsabilidad y jerarquía incluida la Alta Dirección y Representante de la Alta Dirección.

**ELEMENTOS FUNDAMENTALES:** Auditoría energética (Usos energéticos) Línea base energética, Indicadores de desempeño energético.

#### Requerimientos generales

Los requerimientos generales de la ISO 50001 determinan procesos imprescindibles para determinar el alcance y los límites del SGE<sub>n</sub>, la mejora del desempeño energético, el mismo debe estar totalmente entendido como los resultados medibles, cuantificables, relacionados con el uso y consumo energético, la intensidad energética de procesos o equipos, y por último la eficiencia energética, puede incluirse otros elementos que no hayan sido considerados en los otros cuatro como son variables que pueden afectar al uso, al consumo o los demás componentes del desempeño energético.



Figura 2.7. Componentes del desempeño energético.  
(Fuente: INEN-ISO 50001, 2012).

La organización debe mantener documentados todos los procesos, procedimientos, instructivos y registros que mantienen en funcionamiento el SGE. Se presenta un flujo del proceso de este elemento estructural.

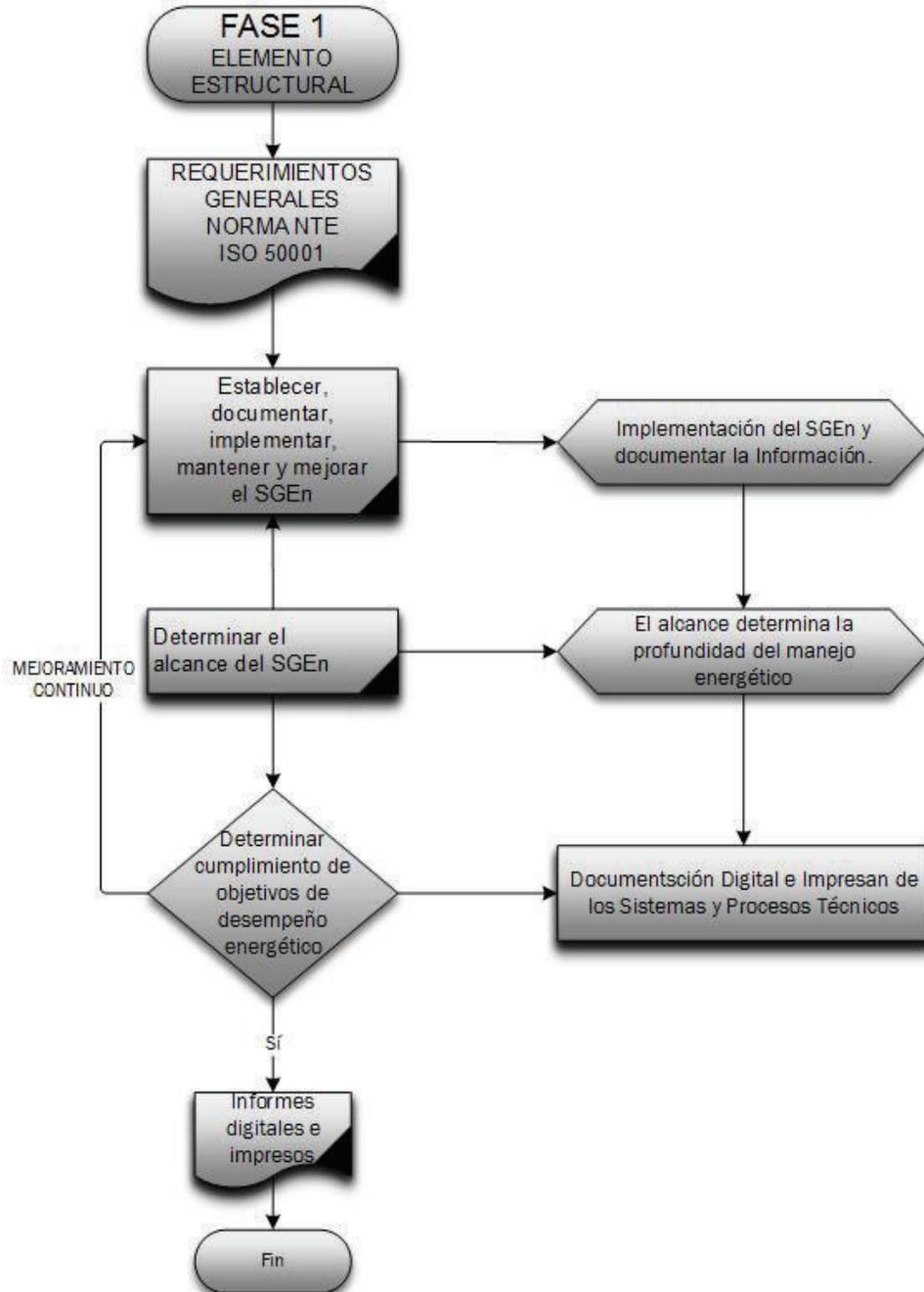


Figura 2.8. Flujo del proceso de requerimientos generales como elemento estructural del SGE. (Fuente: propia).

Uno de los elementos necesarios es el establecer si se cumplieron los requisitos y los objetivos o metas conocidos como O&M, para que esté disponible la documentación de evaluación de la implementación y del mejoramiento continuo.

### Responsabilidad de la Alta Dirección

El compromiso de la alta dirección o alta gerencia es uno de los requisitos para asegurar los resultados y el éxito de la implementación de un SGE<sub>n</sub>, como elemento estructural, es el apoyo a través de las diferentes áreas.

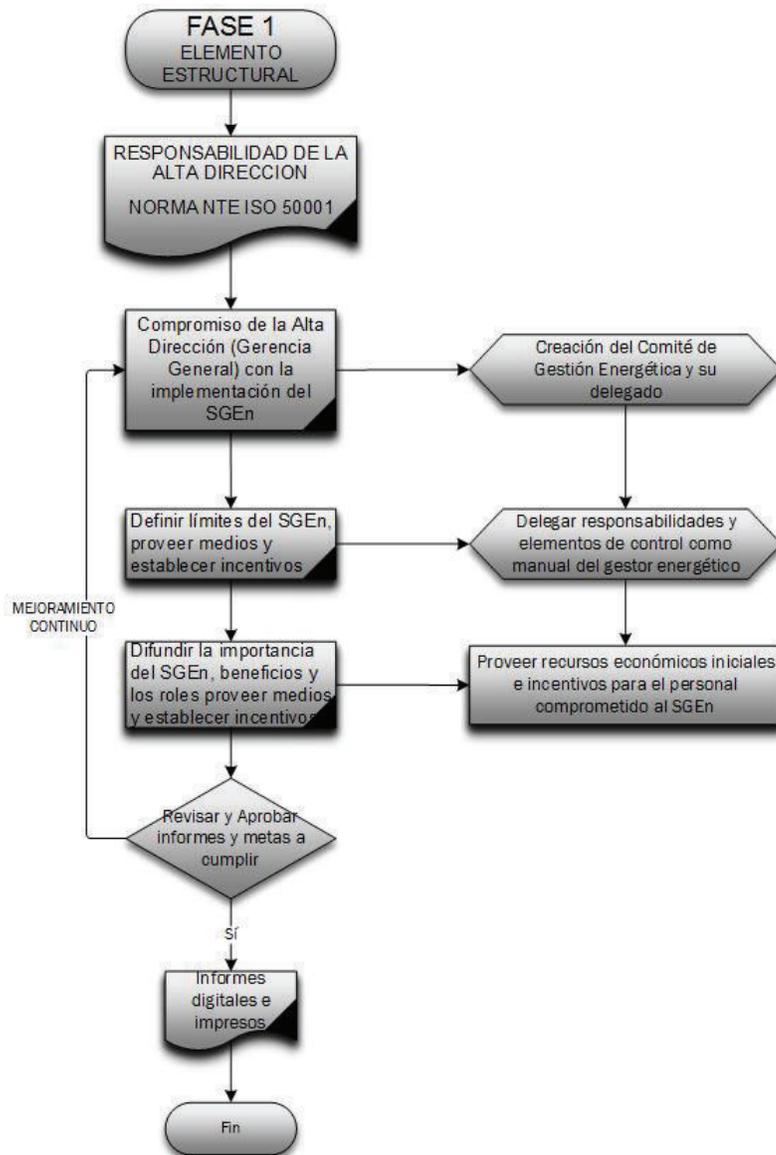


Figura 2.9. Flujo de las competencias de la alta dirección como elemento estructural del SGE<sub>n</sub>.  
(Fuente: propia).

Además, debe cumplir las siguientes obligaciones:

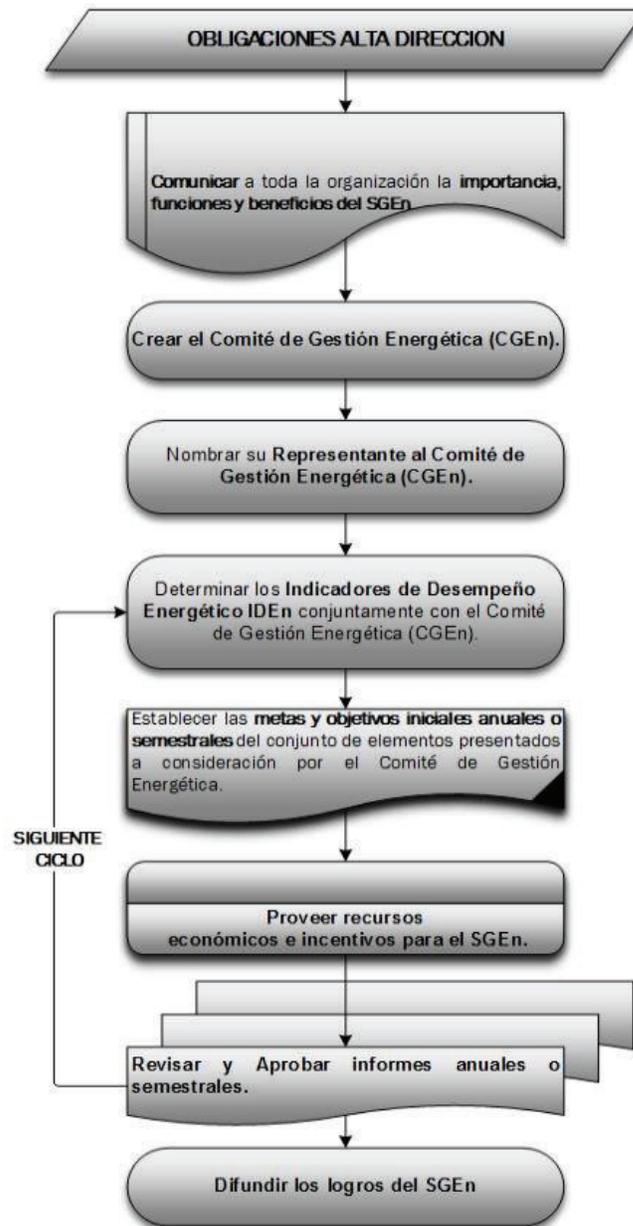


Figura 2.10. Flujo de las obligaciones de la alta dirección como elemento estructural del SGEn. (Fuente: propia).

### **Roles, Responsabilidad y jerarquía incluida la Alta Dirección**

Como otro elemento estructural, los roles, la responsabilidad y la jerarquía; deben integrar a la energía en la estructura de una organización o empresa, desde el punto de vista organizativo y de acuerdo con la Sección 4.2 de la ISO 50001, que considera muchos

deberes de la alta dirección y sus representantes, que pueden interpretarse como un resumen de la norma.

La idea central es que la energía debe ser un tema principal para la alta dirección, en organizaciones con un alto impacto de los costos de la energía en sus productos o servicios finales se convierte en un auto – entendimiento de los procesos de la organización.

Si una empresa determina que requiere una certificación, la alta dirección tiene que activar el proyecto y revisarlo de acuerdo con la sección 4.7 de la norma ISO 50001.

La norma supone que la alta dirección puede nombrar un representante que pueda hacer el trabajo; en la mayoría de las empresas, se titulará o llamará como el administrador energético AE.

Él mismo tiene que tener las habilidades, la responsabilidad, y la autoridad para empujar adelante todos los temas relevantes de la gestión energética en todos los niveles de organización. El representante puede ser apoyado por un equipo de administración de energía dependiendo del tamaño, o puede ser el AE en el que maneje el SGE.

El poder del administrador de energía debe cubrir todos los temas mencionados anteriormente, no se indica claramente si esta autoridad sólo contiene el derecho de asesorar a los directores de línea de una unidad de personal o si está en el poder de mando. Tres niveles diferentes se diferencian:

- Un administrador de energía con función de asesoramiento en un departamento de personal.
- Una unidad de personal dotada de competencias en línea punteada.
- El administrador de energía o gerente de energía se institucionalizó en un nivel de alto rango en la línea.

En algunas organizaciones, los funcionarios de medio ambiente están en la organización administrativa como asesores de los directores en línea, y no se les permite estar en la línea de mando. La lógica utiliza el principio de cuatro ojos, que mejora la vigilancia de las leyes de medio ambiente. En consecuencia, el papel del oficial de medio ambiente se limita a asesoramiento, iniciativas y monitoreo. La misma estructura es común (pero no excesiva) en los campos de seguridad, salud, calidad, y algunos otros. El nombre de la unidad del personal podría ser Seguridad, Salud, Medio Ambiente y Calidad como se ve en la figura 2.11.

La energía podría añadirse fácilmente para cumplir con el requisito formal de la norma (hay alguien a cargo), depende de la voluntad de la alta dirección y del carisma personal del administrador de energía, que puede ser impuesta en la organización.

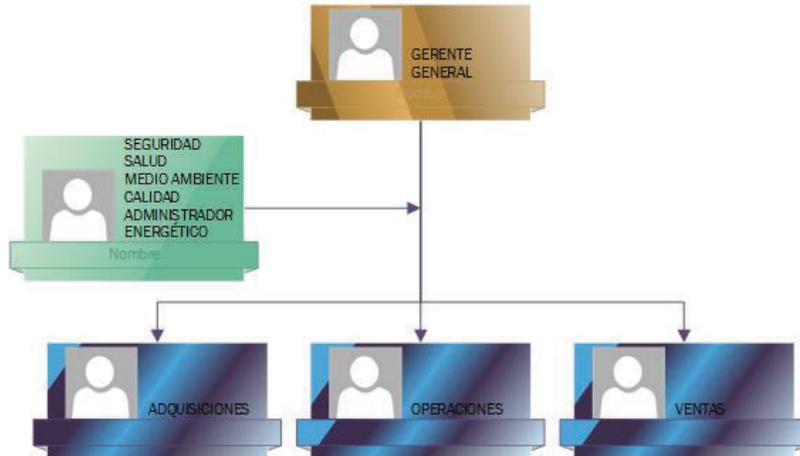


Figura 2.11. Administrador de energía como personal asesor del SGEEn.  
(Fuente: Kals, 2015).

El segundo nivel de empoderamiento del administrador de energía incluye instalarlo en una unidad de personal dotada de competencias de línea punteada, como lo demuestra la Figura 2.12.

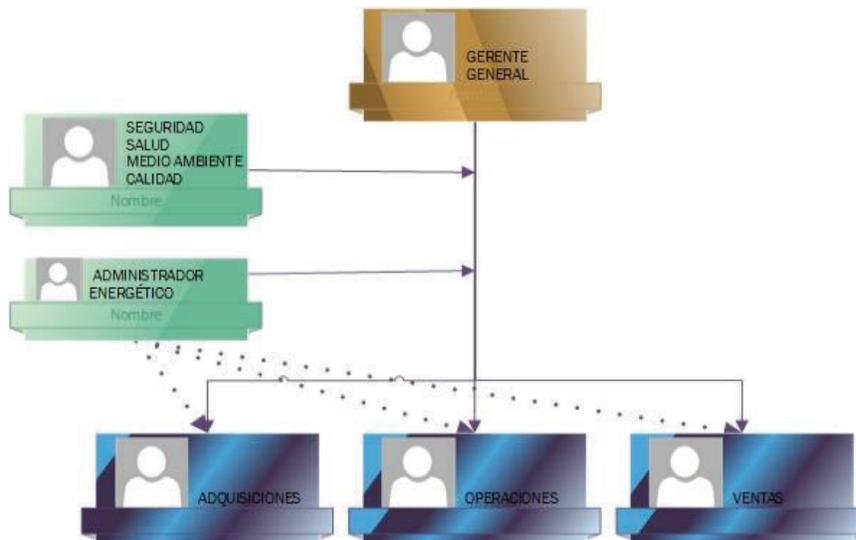


Figura 2.12. Administrador de energía como personal asesor del SGEEn con competencias.  
(Fuente: Kals, 2015).

Eso significa que tiene poder real sobre la gente, los activos y el dinero en el ámbito de los gerentes de departamento en temas relacionadas con la energía.

En las pequeñas y medianas empresas (PYME), un ejecutivo a menudo tiene dos funciones, por ejemplo, si el jefe de operaciones (operación y mantenimiento) además asume las tareas de un administrador de energía, aparece dos veces en el organigrama administrativo, en la función principal en las operaciones y en el departamento de personal.

El nivel más alto de poder para el administrador energético significa instalarlo en un nivel de alto rango en la línea o en el propio consejo de administración (ver figura 2.13).

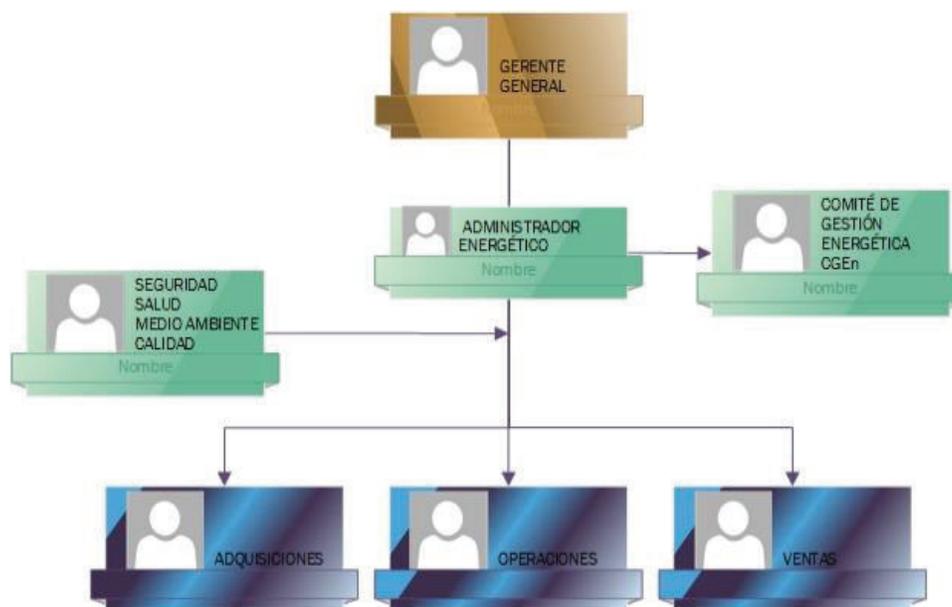


Figura 2.13. Administrador de energía como ejecutivo de alto rango y director del CGEn. (Fuente: Kals, 2015).

El trabajo debe ser asumido por el gerente superior que es responsable de los activos más importantes que consumen energía en la planta. Los gerentes de alto nivel de energía deben tener suficiente conocimiento (know-how), tiempo para su trabajo y el apoyo de un equipo dedicado CGEn. Esta solución podría llevar a la rápida implementación de las decisiones.

Es necesario establecer una cadena de mando o jerarquización del SGEN, esta obedece a la organización administrativa de la organización. La alta gerencia como tope de la jerarquía **incorporará consideraciones energéticas en la planificación a largo plazo**, para incluirla en su planificación estratégica y efectuar revisiones y aprobaciones

gerenciales. Las revisiones gerenciales de gestión pueden delegarse en el representante de la alta dirección.

Como ya se dijo en el tope de la jerarquía está la Alta dirección, luego su representante, a continuación, el Comité de Gestión Energética (CGEn) conformado por representantes de las áreas técnicas de ingeniería y proyectos, operación y mantenimiento, las áreas administrativas, jurídico, recursos Humanos, comunicación y compras; por último, los demás departamentos o áreas de la organización, pero no menos importantes como se puede ver en la figura 2.14.

En el CGEn deberán estar personas con conocimientos de manejo de Energía (equipo energético) y de los sistemas involucrados en el consumo energético de la organización. La responsabilidad como vemos determina un establecimiento de funciones para cada uno de los sectores involucrados, en el caso de la alta dirección ya definimos sus responsabilidades y obligaciones, debemos recalcar el compromiso de la misma en la ejecución del SGEN, **así como el de su delegado, el cual deberá tener el poder suficiente para tomar medidas tal cual lo hiciera la alta dirección.** El Comité de Gestión Energética en cambio tiene la responsabilidad de planificar y desarrollar, implementar, mantener y volver sustentable el SGEN en el tiempo.

El representante de la alta dirección y el equipo de energía serán responsables del día a día de la energía y de las actividades de gestión de la misma. Actividades de gestión. Ellos desarrollarán los IDEn y asegurarán que estos sean medidos y calculados periódicamente.

Este Comité puede tener asesores externos o contratar consultorías que permitan identificar primero los Usos Significativos Energéticos (USEn) o también conocidos como usos finales, para luego tomar las medidas adecuadas que mejoren los IDEn de acuerdo con la planificación efectuada.

La responsabilidad del monitoreo y las mediciones estarán a cargo de las áreas energéticas especializadas. El uso eficiente en general deberá ser efectuado por todo el personal de las diferentes áreas de la organización.

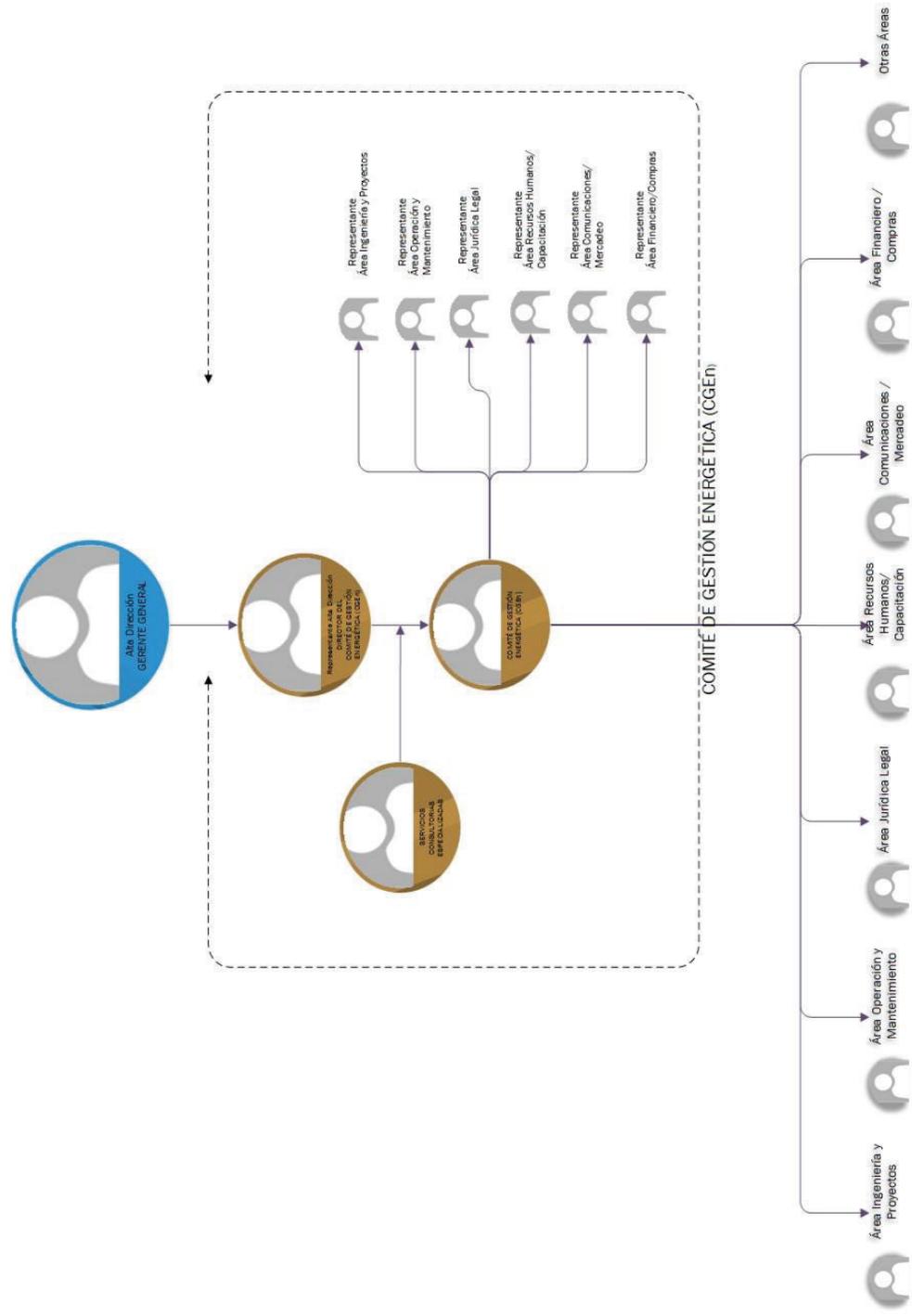


Figura 2.14. Organigrama General jerárquico del SGEner para cualquier organización.  
(Fuente: propia).

## **Representante de la Alta Dirección y El Comité de Gestión Energética CGEn**

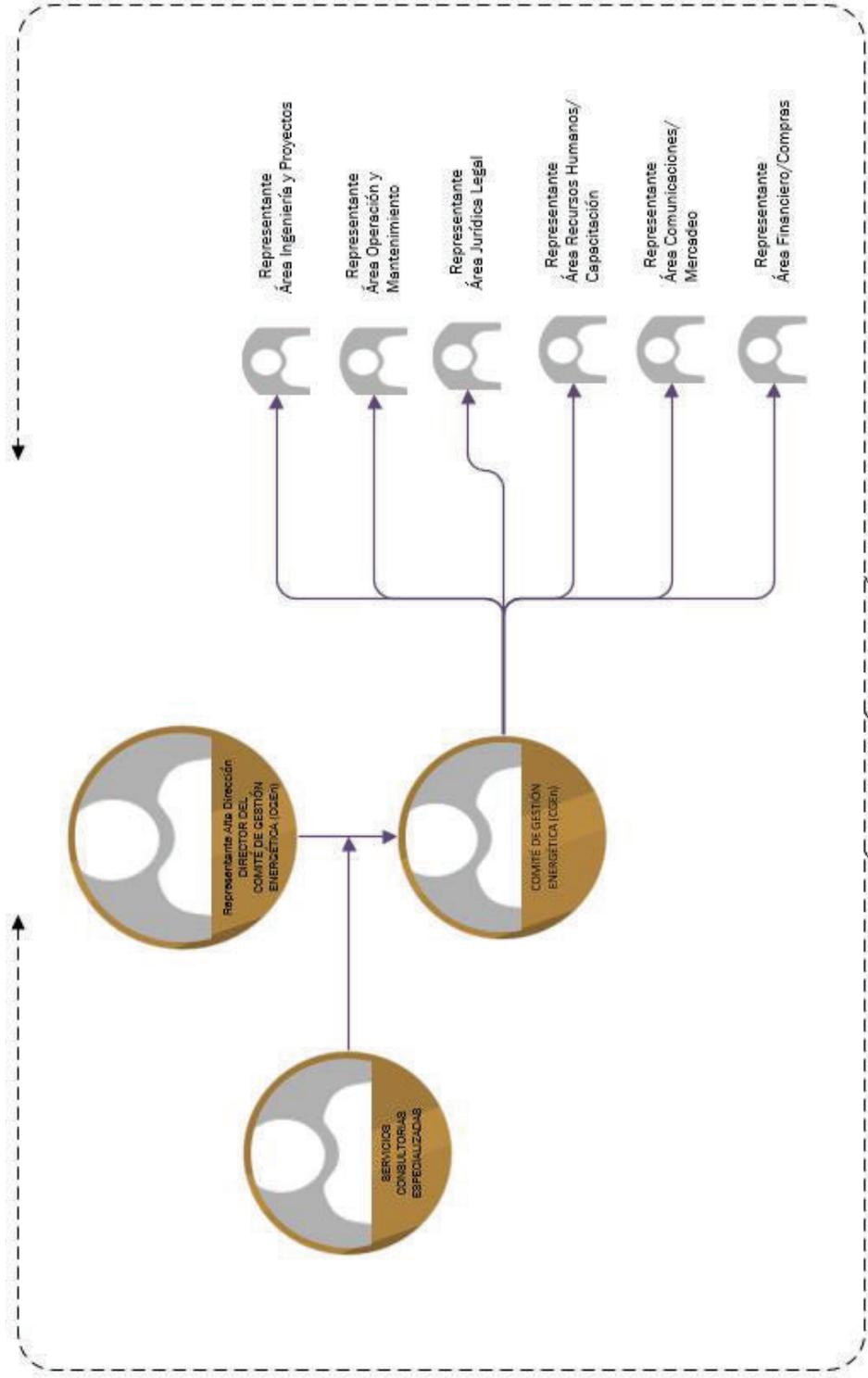
Este es el último elemento estructural de la fase 1, de acuerdo con nuestra visión, como ya se dijo la alta dirección debe nombrar a su Representante, que como ya lo designamos es el Administrador Energético AE, este deberá estar investido de las competencias y poder de decisión (autoridad) del mismo nivel del Gerente, además deberá tener conocimientos profundos del uso energético en general, es decir, alguien con conocimientos de todas las áreas energéticas y los procesos de producción, además podrá asumir otras responsabilidades pero específicamente debe realizar el proceso funcional de la figura 2.15.

Además, debe identificar al personal idóneo (con conocimientos energéticos) para conformar el Comité de Gestión Energético CGEn, y establecer los roles y responsabilidades de todo el personal de la organización.

El CGEn debe crearse básicamente con representantes de cada una de las áreas de la estructura de la organización, cada uno de estos integrantes deberá tener conocimientos de los sistemas energéticos o representar a las áreas que utilizan energía.

Una vez que se ha creado el CGEn este debe elaborar un mecanismo para que cada puesto de trabajo (personal de la organización) tenga una asignación de funciones, responsabilidades y competencias, esta asignación es responsabilidad del AE y del CGEn. En la administración de negocios, el método estándar es asignar tareas a cada puesto de trabajo de la organización estructural y luego definir los flujos de trabajo de procedimiento interdepartamental.

Otra de las funciones del AE es solicitar los recursos iniciales tanto humanos como económicos, después el SGen puede nutrirse de una parte de los ahorros generados, para poder generar nuevos proyectos



**COMITÉ DE GESTIÓN ENERGÉTICA (CGEn)**

Figura 2.15. Organigrama Comité de Gestión Energética del CGEn para cualquier organización.  
(Fuente: propia).

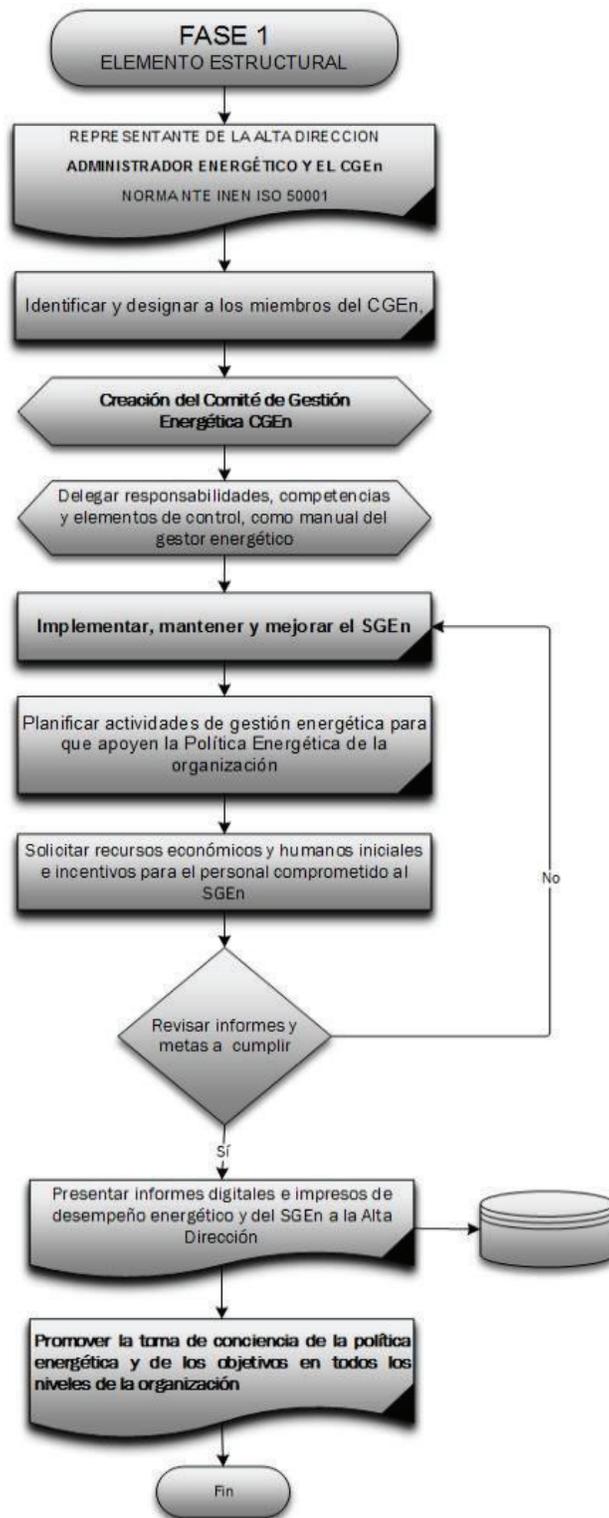


Figura 2.16. Funciones del representante de la alta dirección u administrador energético AE.  
(Fuente: propia).

### **2.1.3.2. Elementos fundamentales fase 1**

Los elementos fundamentales de la fase 1 son:

- Auditoría energética (Usos energéticos).
- Línea base energética, e
- Indicadores de desempeño energético IDEn.

### **Auditoría Energética y la identificación de Usos Finales**

Los objetivos del SGEN en una organización es manejar eficazmente el rendimiento energético de sus instalaciones, sistemas, procesos y equipos, por lo tanto, las organizaciones deben saber cómo se utiliza la energía y cuánto se consume en el tiempo, esto solo se puede obtener con una auditoría energética y la identificación de usos finales energéticos, por último, obtener la composición del consumo energético.

Los Usos Significativos Energéticos (USEn) o usos Finales sólo se pueden encontrar sobre la base de una Auditoría Energética, nosotros hemos basado este trabajo en la norma ISO 50002 que a su vez se basó en la norma UNE EN 16247-1 del año 2012 corregida en el 2014, la ISO 50002 que es parte de la familia de las ISO, no es un requisito para la ISO 50001. Mas adelante se desarrollará este tema, en forma general podemos decir lo siguiente:

- Debe armonizar con la norma NTE INEN ISO 50001.
- La auditoría aplicará el principio de rendimiento energético.
- Incluirá uso, consumo y eficiencia.
- La auditoría de la energía es uno de los muchos métodos para identificar oportunidades de mejora.
- La organización puede elegir el método que desea utilizar, la ISO 50002 puede ser utilizada como entrada en la ISO 50001.

El uso de un método coherente como el de la ISO 50002 puede facilitar el benchmarking, este consiste en obtener “comparadores” o “marcas” con aquellos productos, servicios y procesos de medición que pertenecen a organizaciones que evidencian las mejores prácticas de medición, con el propósito de transferir el conocimiento de las mejores prácticas y su aplicación, siempre orientados a la mejora continua y que puedan servir como ejemplo para organizaciones similares.

## Línea Base Energética LBEn

Dentro de la familia de Normas de la ISO 50001 de los Sistemas de gestión energética SGE<sub>n</sub>, está la ISO 50006 que se fundamenta en la Auditoría Energética (Medición de la energía), utilizando las líneas de base energéticas (LBEn) y los Indicadores de desempeño energético (IDEn)

Los principios generales y metas de LBEn e IDEn son:

- Son **dos elementos claves y obligatorios de la norma ISO 50001** que permiten la medición y, por lo tanto, la gestión del rendimiento energético en una organización.
- Un IDEn es un valor o medida que cuantifica los resultados relacionados con la eficiencia energética o desempeño energético en el uso de las instalaciones, sistemas, procesos y equipos. Las organizaciones utilizan los IDEn como medida de energía y elemento para la acción en caso de ser necesario.
- La LBEn en cambio determina cuantitativamente el rendimiento energético durante un período de tiempo específico, para ser utilizado como referencia base para la comparación del rendimiento energético una vez que se ha implantado medidas de eficiencia energética MEE<sub>n</sub>, permitiendo así a la organización evaluar los cambios en el rendimiento energético entre los períodos de comparación.
- Las LBEn también se utiliza para el cálculo de energía de ahorro, como referencia antes y después de la implementación de mejoras en el rendimiento energético.

La organización define una meta para el desempeño energético de un uso significativo de la energía USE<sub>n</sub>, como parte del proceso de planificación y utiliza el IDEn para su evaluación.

La organización debe considerar los objetivos específicos de rendimiento energético, mientras identifica y diseña IDEn y LBEn, la relación entre los mismos y sus objetivos se ilustran en la figura 2.17.

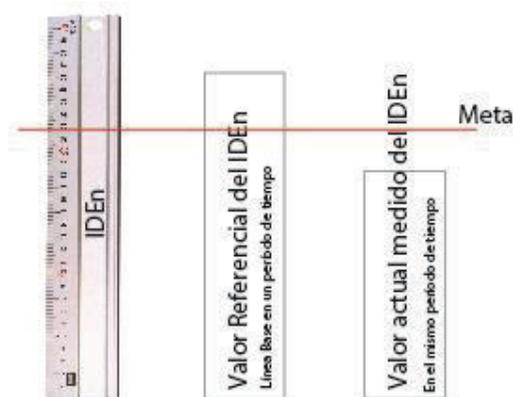


Figura 2.17. Relación entre IDEn, LBEEn y objetivos energéticos.  
(Fuente: ISO 50006, 2013).

La Norma Internacional ISO 50006 incluye cuadros de ayuda práctica diseñados para proporcionar al usuario ideas, ejemplos y estrategias, para medir el rendimiento energético usando IDEn y LBEEn.

El método o proceso para construir una línea base energética LBEEn debe tener cinco pasos como mínimo que son:

### 1. Recopilar datos de facturación energética y de producción

El construir una línea de base energética LBEEn se necesitan los datos de consumos de energía eléctrica y combustibles, los cuales se pueden obtener de las planillas eléctricas y de las facturas de compra de los combustibles.

En las organizaciones de producción se requieren de los datos de producción en los mismos períodos de tiempo, en el caso de ofrecer servicios a cuantos clientes se atendió en ese período de tiempo; estos valores son obligatorios.

La línea de base LBEEn siempre determinará un período de tiempo que se establecerá en función de las características de la organización, por ser datos muy delicados la confidencialidad de los mismos es necesaria.

### 2. Determinar las variables que afectan el consumo energético

Hay algunas variables que pueden hacer variar el consumo de una organización, para establecer una línea de base LBEEn establecer parámetros confiables para calcular el consumo y los IDEn en función de la producción, por otra parte, es necesario establecer

los IDEn con respecto al producto o servicio proporcionado, para poder comparar con organizaciones del mismo sector energético o productivo.

### **3. Determinar las Líneas Base Energéticas LBEn**

En muchas organizaciones no solamente se produce un producto, o el proceso de producción es muy complejo lo que hace difícil relacionar el consumo energético de la organización y su producción sea difícil de identificar.

En algunos casos la existencia de varias líneas base energéticas y lo importante del gestor energético es identificarlas y cuantificarlas.

La norma NTE INEN ISO 50001, determina que se elaborarán las líneas de base que se consideren necesarias.

En el caso de empresas de servicios es más difícil establecer IDEn porque por ejemplo en un Hospital, de acuerdo a la enfermedad, edad, sexo, etc. se pueden obtener líneas base que no reflejen el verdadero consumo por unidad, es por eso que determinar las líneas base es fundamental en la implementación del SGEN.

### **4. Establecer cómo se va a representar la o las Líneas Base Energéticas LBEn**

El objetivo específico de la línea de base energética LBEn es establecer el consumo energético de una empresa en el futuro, de un proceso, de un sistema o de un equipo en función de variables significativas. Una es la representación de producción versus consumo por meses, en una organización que elabora un solo producto es fácil establecer esta LBEn con una gráfica de barras.

### **5. Determinar las ecuaciones a las que responden las Líneas Base Energéticas LBEn**

#### **Modelo de regresión lineal simple**

En la ingeniería en general pese a tener modelos que no son lineales, es deseable transformar estos en relaciones lineales, para la línea base LBEn el establecer una relación lineal entre el consumo y la producción, es lo más deseable, el administrador energético con su equipo el CGEn deberán tratar de obtener una línea de base LBEn lineal, que permita hacer predicciones de consumo de energía y poder calcular posibles ahorros. La representación del consumo en función de la producción de la forma lineal tiene que tener un planteamiento que sería utilizar una expresión lineal  $y = mx + b$ , que en expresiones estadísticas son:

$$E(Y|x) = \mu_{Y|x} + \beta_0 + \beta_1 x \quad \text{Ec. 2.1}$$

Donde la pendiente y el cruce por el eje son conocidos como coeficientes de regresión. Como se puede ver Y es una función lineal de x, los valores medidos no van a coincidir exactamente con una línea recta, por eso es necesario aclarar qué Y se determina por el valor medio de la función (modelo lineal) más un error aleatorio entonces matemáticamente se expresa:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad \text{Ec. 2.2}$$

Este es  $\varepsilon$  es el término de error aleatorio, entonces este es el modelo lineal de regresión simple, supongamos que la media de Y, y la varianza de  $\varepsilon$  son los valores 0 y  $\sigma^2$  respectivamente, la Varianza de Y dada por x es:

$$V(Y|x) = V(\beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon) = V(\beta_0 + \beta_1 x) + V(\varepsilon) = 0 + \sigma^2 = \sigma^2 \quad \text{Ec. 2.3}$$

Entonces el verdadero modelo de regresión es una línea de valores medios. Muchas veces este modelo es mal usado por lo que tiene que ser validado por la dispersión de las mediciones (observación gráfica de los pares de puntos) y luego por el coeficiente de correlación R.

Para traducir este modelo al SGEN tendríamos consumo y producción, allí se establece la frase “cuanto más se produce, más se consume” en términos matemáticos sería:

$$P = K P_r + C \quad \text{Ec. 2.4}$$

Dónde:

$P$ , consumo de energía activa de la organización y que tiene como unidad el kWh.

$P_r$ , es la producción, medida en Unidades que el CGEn deberá determinarse la que más represente a la fábrica.

$K$ , es una constante de proporcionalidad medida en kWh/Unidad

$C$ , es una constante, medida en kWh.

$K$  y  $C$ , se obtendrán de la regresión lineal que en nuestro caso usará el método de los mínimos cuadrados para determinar el mejor ajuste para los datos. Si solo tiene una variable “x” independiente, los cálculos para la pendiente y el corte de la línea con el eje “y” se basan en las fórmulas siguientes

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(x_i - \bar{x})^2} \quad \text{Ec. 2.5}$$

$$b = \bar{y} - m \bar{x} \quad \text{Ec. 2.6}$$

Esta es la formulación matemática de la línea de base energética LBE que vamos a aplicar y que además puede aplicarse a más de una variable o producto.

### Modelo de regresión lineal múltiple

Veamos el caso propuesto de dos productos la formulación matemática sería:

$$P = K_1 P_{r1} + K_2 P_{r2} + C \quad \text{Ec. 2.7}$$

Donde  $K_1$  es la pendiente del producto 1 en kWh/Unidad1,  $K_2$  es la pendiente del producto 2 en kWh/Unidad2 y  $C$  constante medida en kWh.

Para el cálculo de los coeficientes se puede usar la regresión múltiple RLM, utilizando el siguiente modelo matemático:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 P_{r1} + \alpha_2 P_{r2} + error \quad \text{Ec. 2.8}$$

En general

$$Y = X \vec{\alpha} + \vec{\varepsilon} \quad \text{Ec. 2.9}$$

Dónde:

$$\vec{\alpha} = \begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{bmatrix} \quad \text{Ec. 2.10}$$

Se emplea el Análisis de la Varianza ANOVA

$$S = X^T X \quad \text{Ec. 2.11}$$

Dónde:

$$S = \begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_{1i} & \sum_{i=1}^n x_{2i} \\ \sum_{i=1}^n x_{1i} & \sum_{i=1}^n x_{1i}^2 & \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i} \\ \sum_{i=1}^n x_{2i} & \sum_{i=1}^n x_{1i} x_{2i} & \sum_{i=1}^n x_{2i}^2 \end{bmatrix} \quad \text{Ec. 2.12}$$

Y el cálculo de  $\bar{\alpha}$  se basa en

$$\bar{\alpha} = S^{-1} T \quad \text{Ec. 2.13}$$

Dónde:

$$T = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n y_i x_{1i} \\ \sum_{i=1}^n y_i x_{2i} \end{bmatrix} \quad \text{Ec. 2.14}$$

Con lo cual ya se puede obtener el valor de los coeficientes de la regresión lineal múltiple. Los valores de la perturbación aleatoria  $\varepsilon$  no son observables, pero ya se pueden cuantificar de la diferencia de los datos medidos y de la predicción del modelo matemático y son estimaciones o errores de la perturbación aleatoria; para el modelo simple de regresión lineal no se toma en cuenta la perturbación aleatoria.

Es necesario decir que los modelos matemáticos estadísticos y que toman en cuenta los procesos estocásticos, es decir, modelos no determinísticos tienen algunas hipótesis para el modelo de regresión lineal clásico y estas son:

- **Esperanza matemática nula**  $E(\varepsilon_t) = 0$ : Para cada valor de X la perturbación tomará distintos valores de forma aleatoria, pero no tomará sistemáticamente valores positivos o negativos, sino que se supone tomará algunos valores mayores que cero y otros menores que cero, de tal forma que su valor esperado sea cero.
- **Homocedasticidad**:  $\text{Var}(\varepsilon_t) = E(\varepsilon_t - E(\varepsilon_t))^2 = E\varepsilon_t^2 = \sigma^2$  para todo t. Todos los términos de la perturbación tienen la misma varianza que es desconocida. La dispersión de cada  $\varepsilon_t$  en torno a su valor esperado es siempre la misma.
- **Independencia**:  $\text{Cov}(\varepsilon_t, \varepsilon_s) = (\varepsilon_t - E(\varepsilon_t))(\varepsilon_s - E(\varepsilon_s)) = E\varepsilon_t\varepsilon_s = 0$  para todo t, s con t distinto de s. Las covarianzas entre las distintas perturbaciones son nulas, lo que quiere decir que no están correlacionadas. Esto implica que el valor de la perturbación para cualquier observación muestral no viene influenciado por los valores de las perturbaciones correspondientes a otras observaciones muestrales.
- **Regresores estocásticos.**

- **Independencia lineal.** No existen relaciones lineales exactas entre los regresores.
- $T > k+1$ , Suponemos que no existen errores de especificación en el modelo, ni errores de medida en las variables explicativas.
- **Normalidad de las perturbaciones:**  $\varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$ : Hipótesis en que se basa el modelo de regresión lineal
- Relación entre las variables debe ser lineal.
- Los errores en la medición de las variables explicativas sean independientes entre sí.
- Los errores deben tener varianza constante. (Homocedasticidad)
- La esperanza matemática de los errores sea igual a cero (los errores de una misma magnitud y distinto signo son igualmente probables).
- El error total sea la suma de todos los errores.

Las líneas de tendencia son una aplicación del modelo de regresión lineal múltiple, que se usan para el Producto Bruto Interno, precio del petróleo, valor de las acciones, etc.

### Error estándar de la regresión EER

El modelo de regresión lineal requiere el cálculo de la varianza del término del error  $\varepsilon$ , como  $\sigma^2$  y para eso se utilizará los errores de Y calculados como:

$$e_i = y_i - \hat{y}_i \quad \text{Ec. 2.15}$$

Y además la suma de los errores de los cuadrados.

$$SS_E = \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad \text{Ec. 2.16}$$

Entonces la varianza del error estándar de la regresión EER como estimador tendencial es:

$$EER = \sqrt{\hat{\sigma}^2} = \sqrt{\frac{SS_E}{n-2}} \quad \text{Ec. 2.17}$$

Podemos ver que la varianza mientras mayor valor tenga (lo cual no es deseable), cuanto mayor es  $\hat{\sigma}^2$  el valor del estimador tendencial, pero es menor cuanto mayor sea el tamaño muestral.

También es menor cuanto mayor es la varianza muestral de la variable explicativa, lo cual es, por tanto, un aspecto deseable: un apreciable grado de fluctuación en X no es negativo, sino positivo.

El minimizar la varianza residual equivale a minimizar el error estándar de la regresión, EER; pero la desviación típica respecto a la varianza tiene la ventaja de estar medida en las mismas unidades que la variable a la que se refiere, el residuo, que tiene, a su vez, las mismas unidades que la variable endógena  $y_i$ .

Para valorar si el ajuste obtenido por la recta MCO a la nube muestral de puntos y mostrar que es conveniente utilizar el valor numérico del EER en relación con alguna referencia, y la media muestral de la variable endógena es un buen indicador.

Ello nos permite presentar el porcentaje que de la media de  $y_i$  representa el EER, pudiendo decir, por ejemplo: el modelo estimado es bueno, puesto que el EER es valor porcentual bajo (5%) de la media de la variable endógena o, por otro lado, si el valor es alto el ajuste o la tendencia obtenida no es buena porque el porcentaje es alto.

El EER como indicador del grado de ajuste de un modelo de regresión lineal se reduce cuando queremos comparar *la bondad del ajuste* de dos modelos que tienen una variable dependiente diferente, para esos casos no se puede aseverar que el modelo con menor EER sea el modelo con mejor ajuste; de hecho, no podremos afirmar nada al respecto, salvo que establezcamos alguna medida relativa de grado de ajuste.

Como ya dijimos se utiliza el coeficiente de determinación o coeficiente de correlación  $R^2$ , este es un indicador adimensional que no tiene relación con las variables del modelo, además no es preciso.

### **Coeficiente de correlación o determinación**

La expresión utilizada para el cálculo es la siguiente:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} = \frac{\text{Variación en } Y \text{ calculada}}{\text{Variación en } Y \text{ medida}} \quad \text{Ec. 2.18}$$

Las condiciones que debe cumplir el coeficiente de correlación de un modelo de regresión lineal son:

- Debe tomar valores entre 0 y 1, cuanto más cercano a 1 es un modelo confiable, pero mientras se acerca a cero puede no ser confiable, en algunos casos si la muestra es de pocas observaciones, uno o dos residuos elevados pueden generar

un coeficiente bajo y conducir a creer que la regresión es mala, cuando excepto por esas mediciones el modelo de ajuste puede ser muy bueno.

- Un valor alto del coeficiente tampoco garantiza un ajuste adecuado sino más bien que hay pocas observaciones, esto es de suma importancia, es conocido como el problema de regresión espuria.

### **Coefficiente de Pearson**

El coeficiente de Pearson al ser la raíz cuadrada del coeficiente de correlación del modelo de regresión lineal, se afirma que es el grado de relación entre dos variables x e y, este coeficiente tiene valores que fluctúan en el intervalo de -1 a 1; la ecuación del coeficiente de Pearson es:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 * \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad Ec. 2.19$$

Entonces cuando el coeficiente de correlación lineal es próximo a +1, la relación entre las variables es muy cercana y directa, o de signo positivo, es decir, cuando una aumenta, también lo hace la otra, y si una disminuye la otra también lo hace. En caso de que el coeficiente de correlación es próximo a -1, entonces la relación es muy estrecha, pero inversa, o de signo negativo, es decir, cuando una variable aumenta la otra tiende a disminuir, y viceversa. Cuando el coeficiente de Pearson es próximo a cero, también lo es el coeficiente de determinación, por lo que decimos que la relación lineal entre las variables X e Y es inexistente.

### **Indicadores de desempeño energético IDEn**

Los indicadores de desempeño energético IDEn es otro de los elementos fundamentales sobre los que se basa el SGEN, si bien, es acertado decir que cuanto más se produzca, más energía se va a consumir, dado la aleatoriedad del consumo energético muy pocas veces se obtendrá una regresión lineal con el suficiente grado de correlación por ser procesos estocásticos.

Así mismo, es lógico pensar que conforme aumenta la producción o servicios, aumenta el consumo energético, la cantidad de energía consumida por unidad producida debe reducirse si nos acercamos al régimen de funcionamiento nominal de la fábrica.

$$P = K P_r + C \quad Ec. 2.20$$

Si está ecuación la dividimos por la producción  $P_r$  tenemos:

$$\frac{P}{P_r} = K + \frac{C}{P_r} \quad \text{Ec. 2.21}$$

Dónde:

$P/P_r$  es un índice de desempeño energético IDEn, el consumo de energía activa de la organización y la producción que tiene como unidad el kWh/Kg. La relación  $P/P_r$  es una medida de la eficiencia energética (kWh/Unidad).

Este ya nos permite predecir consumos energéticos y por lo tanto servir de referencia para el cálculo de ahorros derivados de acciones para aumentar la eficiencia energética de la organización, es por esto por lo que se los denomina índice de desempeño energético IDEn.

En ciertas organizaciones se realiza un análisis detallado de las mediciones y del proceso, también se debe tener en cuenta otras posibles variables que puedan influir en el consumo energético.

El razonamiento más habitual que presentan los gerentes o responsables de la organización, con respecto a la precisión de la línea de base es que la producción es tan variada que no es posible correlacionar de forma veraz el consumo específico (kWh/unidad) con la producción. Sin embargo, como se ha demostrado es posible tener regresiones múltiples y encontrar los IDEn adecuados, añadiendo más variables independientes para obtener el modelo matemático más adecuado de consumo del sistema productivo.

La norma NTE INEN ISO 50001 no establece cómo debe ser la línea de base energética. Hay que identificar la línea de base que represente de la mejor forma posible el comportamiento energético del proceso de producción. Una correcta elaboración de la línea de base permite:

- Elaborar contratos de servicios energéticos en función de la línea de base.
- Presumir el consumo energético futuro de una organización.
- Detectar problemas en el funcionamiento de forma inmediata, cuando se asocian el consumo con la producción.
- Son la base de un sistema de gestión energética SGEN.
- Permite establecer metas y objetivos de ahorro energético.

La obtención de una línea de base LBE con el análisis adecuado de los datos siempre es posible, por otro lado, el disponer de equipos de medición y registro de datos (analizadores de redes, contadores de combustible, medidores de presión o energía, etc.) en los lugares más relevantes de consumo de las organizaciones con almacenamiento de datos es imperativo. Esto permitirá por una parte hacer los ajustes necesarios en la línea de base contando con mayor número de datos y verificar con más precisión los ahorros producidos como consecuencia de la puesta en marcha de medidas de eficiencia energética. Vamos el caso propuesto de dos productos la formulación matemática sería:

$$P = K_1 P_{r1} + K_2 P_{r2} + C \quad \text{Ec. 2.22}$$

Donde K1 es la pendiente del producto 1, K2 es la pendiente del producto 2 y C una constante.

Para el cálculo de los coeficientes se puede usar la regresión múltiple, utilizando el siguiente modelo matemático:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 P_{r1} + \alpha_2 P_{r2} + error \quad \text{Ec. 2.23}$$

En general

$$Y = X \vec{\alpha} + \vec{\varepsilon} \quad \text{Ec. 2.24}$$

Dónde

$$\vec{\alpha} = \begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{bmatrix}$$

Se emplea el Análisis de la Varianza ANOVA

$$S = X^T X \quad \text{Ec. 2.25}$$

Y el cálculo de  $\vec{\alpha}$  se basa en

$$\vec{\alpha} = S^{-1} T$$

#### **2.1.4. Norma NTE INEN ISO 50001 Fase 2**

En la fase 2 se tiene como objetivo generar la política energética y, además, establecer los objetivos y metas energéticas O&M y elaborar el plan de acción de la gestión energéticas.

### **2.1.4.1. Elementos estructurales y fundamentales Fase 2**

En la fase dos así mismo existen elementos fundamentales y estructurales que son:

- ELEMENTOS ESTRUCTURALES: Generar una Política Energética,
- ELEMENTOS FUNDAMENTALES: objetivos energéticos, metas energéticas y el plan de acción de gestión de la energía.

#### **Elementos estructurales Fase 2**

El único elemento estructural de la Fase 2 es:

- Generar una Política Energética.

#### **Generar una Política Energética**

El elemento estructural de la fase 2, es generar una política energética, pero surge la pregunta ¿Qué es la política energética?, basado en la norma ISO 50001 en su sección 4.3, la política energética es una declaración de la organización para la gestión de la energía.

Eso es similar a una declaración de la visión para la energía entonces las características que debe tener son:

- Debe dársele la importancia que tiene.
- Ser operacional.
- De largo plazo.
- Fácil de entender.
- Convincente.
- Adecuada al tamaño de la organización.
- Coherente con las políticas de otros departamentos ya sea calidad, ambiental, etc.
- Incluir el compromiso de la alta dirección.
- El alcance.
- Determinar Recursos tanto económicos como humanos.
- Las metas y Objetivos.
- La revisión.
- Establecer el proceso de mejora continua.

Una vez desarrollado y aprobado, debe ser comunicado a toda la organización incluyendo alta dirección, jefes de departamentos, supervisores, empleados y contratistas.

La norma NTE INEN ISO 50001 exige que la política energética aborde toda la energía utilizada en sus diferentes tipos, esto incluye electricidad, combustibles fósiles, gas natural, vapor, solar y otras fuentes de energía.

Una vez elaborada y aprobada la política energética, la organización se compromete a prestar las facilidades para que se pueda implementar el SGE y alcanzar los objetivos y metas O&M propuestas; dichas facilidades consisten en la disponibilidad de la información y la asignación de recursos, y por último el cumplimiento del marco legal.

La política energética debe ser un documento corto, sencillo y fácil de entender para todos los miembros de la organización y así los mismos podrán aplicarlas en sus actividades laborales diarias.

## **Elementos fundamentales Fase 2**

Los elementos fundamentales de la fase 2 según la sección 4.4.6 de la ISO NTE INEN 50001 conocidos también como evaluación de la inversión son:

- Objetivos y metas O&M energéticas, y
- El plan de acción de gestión de la energía.

## **Objetivos y metas O&M energéticas**

Lo primero que debemos hacer es definir y establecer la diferencia entre objetivos y metas que en muchas de las ocasiones se confunden o se toman como términos equivalentes. Además, definir los mismos supondrá poner en práctica la política energética, O&M energéticas tienen una característica que se conoce como SMART (Específicos, Medibles, Apropriados, Realista, y con Tiempo limitado). De lo contrario, no podrían servir como objetivo para medir el ciclo PHVA para mejorar el rendimiento energético de la organización.

## **Objetivo energético**

Es el sentido de causa final, o sea relativo a los fines o propósitos de algún objeto en este caso una organización, por lo tanto, viene a ser el resultado o consecución establecido para cumplir con la política energética de la organización y se relacionado con la mejora continua del desempeño energético.

## **Meta energética**

La fijación de metas puede implicar el establecimiento de objetivos específicos, medibles, alcanzables, relevantes y limitados en el tiempo, es un requisito detallado y cuantificable del desempeño energético aplicable a la organización o parte de la organización.

La organización debe determinar, implementar y mantener objetivos energéticos como una parte fundamental del SGEN, y establecer metas energéticas cuantificables y documentadas, correspondientes a los procesos o usos energéticos de las instalaciones de la organización.

Es necesario fijar plazos para el logro de los objetivos y metas O&M, estos deben ser coherentes con la política energética, y las metas deben ser coherentes con los objetivos planteados.

En cuanto al cumplimiento y la verificación debe ser continuo, medible, documentado y comparado con los datos históricos, en caso de no alcanzarlas se deberá establecer las razones por las cuales no se pudo cumplir.

Es necesario decir que los O&M se establecen sobre la base de los elementos fundamentales de la fase uno.

## **Plan de acción de gestión de la energía**

Las organizaciones deben elaborar, implementar y mantener planes de acción para alcanzar sus objetivos y metas. Los planes de acción deben incluir:

- a. La designación de responsabilidades;
- b. Los medios y plazos previstos, es decir, el cronograma previsto para lograr las metas individuales;
- c. Una declaración del método mediante el cual la mejora del desempeño energético será verificada;
- d. Una declaración del método para verificar los resultados.

### **2.1.5. Norma NTE INEN ISO 50001 Fase 3**

En la fase 3 no existen elementos estructurales, pero si hay los fundamentales, el objetivo de la fase 3 establece los sistemas de control y adicionalmente establece una política de compra de bienes y servicios con normativa de eficiencia energética.

### **2.1.5.1. Elementos estructurales y fundamentales Fase 3**

ELEMENTOS FUNDAMENTALES: Control Operacional, Diseño Y Recomendaciones para la adquisición o compra de servicios energéticos, productos, equipos y energía.

#### **Elementos fundamentales fase 3**

Los elementos fundamentales de la Fase 3 tienen como característica elaborar un plan de los procesos de uso y consumo de la energía, para alcanzar las metas de la política energética y son:

- Control Operacional.
- Consultorías y normas para compra de servicios energéticos, productos, equipos y energía.

#### **Control Operacional**

Una vez establecidos e identificados los usos significativos de la organización USEn, las líneas base LBEEn, los índices de desempeño energético IDEn, los objetivos y metas O&M, y los planes de acción; es decir, los elementos de la planificación es fundamental utilizarlos para la implementación y operación del SGEN.

La sección 4.5 de la norma habla de la Implementación y Operación que incluye el control operacional en su literal 4.5.5.

#### **Consultorías y normas para compra de servicios energéticos, productos, equipos y energía**

Los literales 4.5.6 y 4.5.7 de la norma determinan que las organizaciones deben tomar en cuenta la mejora del desempeño energético y del control operacional, pero como lograr esto, en los nuevos diseños de instalaciones o reemplazo de equipos o procesos debe incluirse en el cálculo, la eficiencia energética o desempeño energético.

Además, implica que todos los equipos, productos y servicios también estén incluidos en la política energética, las compras ya no pueden ser vistas desde el menor costo deberá ser mandatorio evaluar el desempeño energético y establecer criterios técnico - económicos como el etiquetado (ahorro energético garantizado) en materia de costo, el Valor Presente Neto, la tasa interna de retorno, o el tiempo de recuperación de la inversión incluido el ahorro energético.

## **2.1.6. Norma NTE INEN ISO 50001 Fase 4**

La fase 4 incorpora la planificación de la implementación, la operación y ejecución del SGEN, lo cual implica las secciones 4.4 y 4.5, de la sección 4.4 los literales 4.4.1 al 4.4.2 y de la 4.5 los ítems 4.5.2 al 4.5.4 incluyendo el 4.5.7.

### **2.1.6.1. Elementos estructurales y fundamentales Fase 4**

Debemos decir que esta fase incluye solo elementos del tipo estructural.

#### **Elementos estructurales Fase 4**

Los elementos de esta fase son los siguientes:

- Planificación energética,
- Requerimientos legales y de otro tipo,
- Sensibilización, formación y competencia,
- Planeación de contingencias,
- Comunicación y Documentación.

#### **Planificación energética**

Este elemento es estructural porque es el que plasma en la realidad la política energética, esta debe tener armonía con la misma y establecer acciones que mejoren en forma continua el desempeño energético, la planificación energética es un proceso que se basa en la fase 2 y 3 desde nuestra visión, se presenta el proceso estructural.

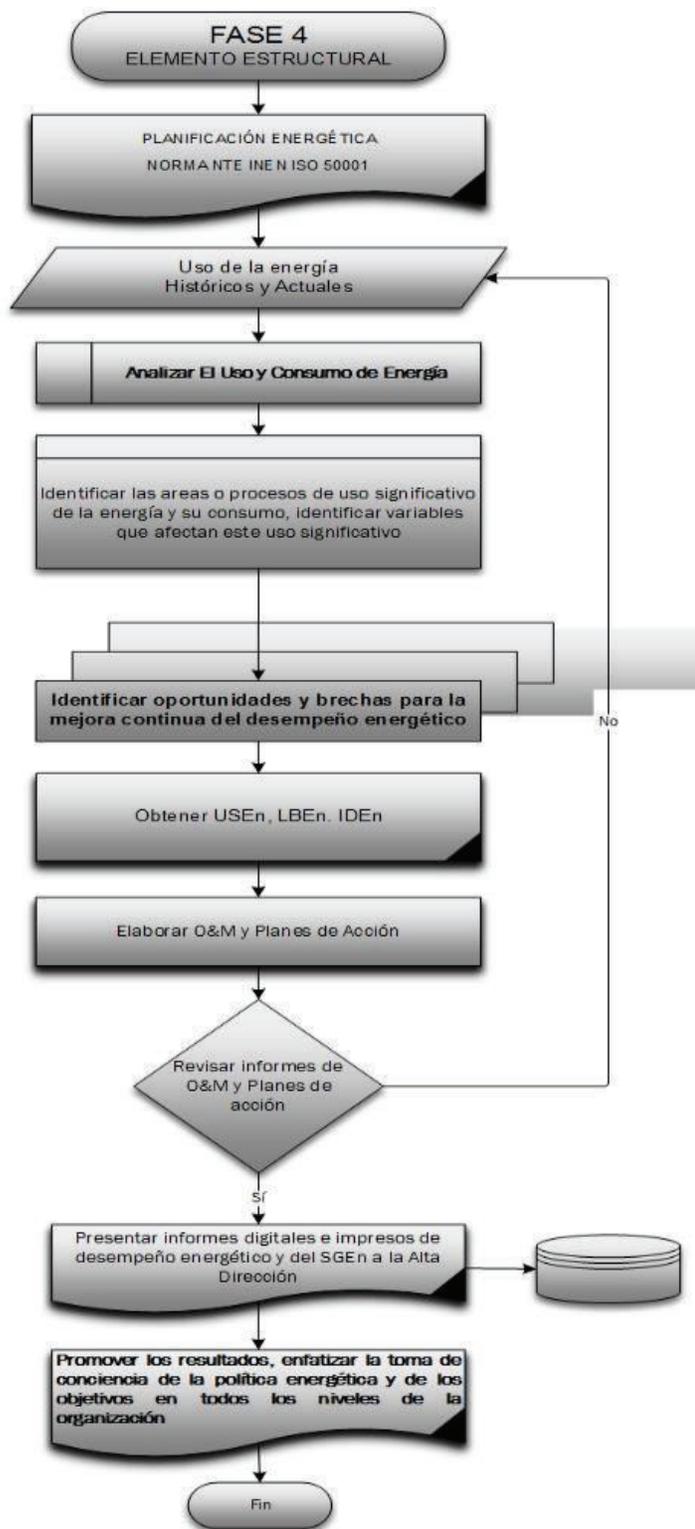


Figura 2.18. Proceso de Planificación Energética.  
(Fuente: propia).

## **Requerimientos legales y de otro tipo**

La organización a través del CGEn debe identificar, implementar y disponer de los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la organización haya suscrito o piense que debe suscribir y que tenga directa relación con el uso y consumo de la energía, como pueden ser normativas ambientales, emisiones, etc.

## **Sensibilización, formación y competencia**

La organización deberá tener en cuenta que sus empleados sean estos de planta o servicios, ya que realizan trabajos para la misma o en su nombre y que están relacionados con los usos significativos de la energía deben ser competentes, , en caso de no serlo la organización debe proporcionar cursos, seminarios relacionados con el tema.

Debe elaborarse información y registros del SGEN accesibles a todos los miembros de la organización y otras organizaciones que presten servicios en la misma.

La sensibilización o toma de conciencia debe alcanzar a todos como ya hemos dicho anteriormente, esto debe considerar cuatro puntos esenciales.

- I. Los procedimientos y los requisitos del SGEN, la conformidad que es el grado hasta el cual los miembros y los relacionados con la organización, cambiarán su comportamiento, opiniones y actitudes para encajar con la política energética del SGEN
- II. Funciones, responsabilidades y atribuciones de los funcionarios para cumplir con los requisitos del SGEN.
- III. Exponer los beneficios de la mejora del desempeño energético y
- IV. Comunicar el impacto de la actitud de los miembros de la organización para alcanzar los O&M de desempeño energético y las consecuencias de no hacerlo.

## **Planeación de contingencias**

Como ya dijimos esta se la puede considerar en el Control Operacional o como un elemento aparte, en nuestra visión está integrado al control operacional.

## **Comunicación y Documentación**

El comunicar y documentar todos los parámetros identificados, la realización de mediciones periódicas establecidas anteriormente deben ser parte estructural del SGEN.

Se debe implementar medios de comunicación bilaterales para informar a los miembros de la organización sobre el SGEEn y que a su vez los miembros puedan hacer sugerencias para mejorar el Sistema.

La comunicación externa debe ser un tema muy delicado y que deberá ser analizado por el CGEn y documentada su decisión o no de publicarla, si se decide que si es necesario informar deberá establecerse el mejor mecanismo para publicar todo lo relacionado con el SGEEn.

Por lo tanto, para cumplir con el control operacional debe implementarse de manera adecuada lo establecido en la norma:

La documentación es muy importante para el SGEEn, ya sea que está en papel o digital, es importante no llenarse de información irrelevante, la documentación debe acoplarse al tamaño de la organización, sus procesos y la cantidad de personal, además, la misma debe contener como mínimo lo siguiente:

- Alcance y Límites del SGEEn
- Política Energética
- O&M y planes de acción
- Registros para cumplir con la norma
- Otros documentos establecidos por el CGEn

La documentación debe ser controlada por el CGEn especialmente la técnica.

### **2.1.7. Norma NTE INEN ISO 50001 Fase 5**

La fase 5 tiene como objetivo establecer un marco para la evaluación y revisión de que el SGEEn va según lo planeado, es decir, verificación.

Dentro de esta fase se incluirá el monitoreo, las mediciones y el análisis de la auditoría energética bajo la norma ISO 50002. Inconformidades, correcciones, acciones correctivas y preventivas. Adicionalmente se tendrá una auditoría interna al SGEEn.

#### **2.1.7.1. Elementos estructurales y fundamentales Fase 5**

La fase 5 contiene tanto elementos estructurales como fundamentales y se refieren a las secciones 4.6.2 al 4.6.5, 4.7.1 al 4.7.3 y 4.6.1 respectivamente de la norma NTE INEN ISO 50001.

## **Elementos estructurales Fase 5**

Los elementos estructurales de la Fase 5 son:

- Evaluación de leyes y otras normas legales nacionales e internacionales,
- Sistema de manejo de las Auditorías,
- Inconformidades (No-conformidad), corrección, acción de mejora continua, correctiva y acción preventiva,
- Registros de los controles,
- Examinar los resultados obtenidos de la Gestión por la Alta Dirección,
- Examinar los datos ingresados obtenidos de las mediciones y la Administración,
- Examinar los resultados obtenidos de la Gestión por el máximo organismo de SGEEn.

### **Evaluación de leyes y otras normas legales nacionales e internacionales**

Los requerimientos de la ISO 50001 en su sección 4.4.2 establece los requisitos legales y otros, la organización deberá dentro de la verificación evaluar el cumplimiento de los requisitos legales y otros siempre relacionados con el uso y consumo energético, es necesario disponer de los registros de las evaluaciones y establecer el cumplimiento de los mismos.

### **Sistema de manejo de las Auditorías**

En la verificación también es necesaria la auditoría interna, concebida para adicionar valor y cumplir con la mejora continua del SGEEn, la misma deberá ser independiente e imparcial, periódica, objetiva y competente. Además, deberá evaluar el cumplimiento de ciertos elementos fundamentales y estructurales que son:

- Cumple con las disposiciones planificadas para la gestión energética, incluyendo la norma NTE INEN ISO 50001
- Si se han alcanzado las M&O energéticos trazados.
- Se implementó y mantuvo eficazmente, y si ha mejorado el desempeño energético.

### **Inconformidades (No-conformidad), corrección, acción de mejora continua, correctiva y acción preventiva**

La inconformidad o no conformidades que serían mantener actitudes contrarias o indiferentes con la política energética del SGEEn deben tratarse realizando las correcciones necesarias, sean estas de tipo preventivo o correctivo como son:

- Revisión de no conformidades del personal de la organización.
- Determinar las causas de las no conformidades.
- Evaluación de realizar acciones para corregir no conformidades y que no vuelvan a ocurrir.
- Determinación e implementación de acciones apropiadas.
- Registros de acciones preventivas y correctivas.
- Evaluación de la eficacia de las acciones tomadas.

### **Registros de los controles**

Elaborar y Mantener registros para demostrar a conformidad con los requisitos del SGEN y de la norma NTE INEN ISO 50001, y lo más importante los resultados logrados en la mejora del desempeño energético.

Los registros deberán ser organizados, fáciles de entender, legibles, identificables y trazables a las actividades pertinentes.

### **Examinar los resultados obtenidos de la Gestión por la Alta Dirección**

La norma establece que en la planificación debe incorporarse un cronograma improrrogable para la evaluación por parte de la alta dirección, la cual también deberá registrarse.

### **Examinar datos ingresados obtenidos de las mediciones y administración**

Este examen debe incluir lo siguiente:

- Acciones de seguimiento a evaluaciones previas de la alta dirección
- Revisión de la Política Energética
- Revisión del Desempeño energéticos y de los IDEn establecidos en el CGEn como relevantes
- Resultados de evaluación de los requisitos legales, cambios en los mismos y otros que se hayan considerado
- Grado de cumplimiento establecido por el CGEn de las O&M energéticas
- Estado y evaluación de las acciones preventivas y correctivas
- Desempeño energético proyectado para el próximo período
- Recomendaciones para la mejora continua

## **Examinar los resultados obtenidos de la Gestión por el máximo organismo el SGE<sub>n</sub>**

Debe incluir las acciones y decisiones relacionadas con:

- Cambios positivos o negativos en el desempeño energético de la organización.
- Cambios en la Política Energética.
- Cambios en los IDE<sub>n</sub>.
- Cambios en los O&M relacionados con la mejora continua.
- Cambios en la asignación de recursos.

### **Elementos fundamentales Fase 5**

El único elemento fundamental de la fase 5 es:

- Monitoreo, medición y análisis.

### **Monitoreo, medición y análisis**

La organización debe estar consciente en todos sus niveles que el principal elemento del SGE<sub>n</sub> son las mediciones, estas deberán realizarse con equipos adecuados, calibrados y acordes a los sistemas que se tengan, en ciertos momentos el CGE<sub>n</sub> propondrá incluir elementos de monitoreo y que permitan mediciones periódicas sin necesidad de conexiones que puedan interferir con los procesos de la organización.

Estas mediciones deben tener estrecha relación con los USE<sub>n</sub>, las LBE<sub>n</sub> y los IDE<sub>n</sub> porque con estos datos se realizarán los análisis periódicos que podrán ser comparados con otros periodos.

Las características que deben tener estas mediciones son:

- Medir USE<sub>n</sub> o procesos resultantes de la auditoría energética
- Medir variables relacionadas con los USE<sub>n</sub>
- Medir variables relacionadas con los IDE<sub>n</sub>
- Seguimiento de la vigencia de los planes de acción y de las O&M
- Evaluación del consumo energético contra el real del período

Las mediciones van a depender del tamaño de la organización, no solamente basarse en planillas de las diferentes empresas de servicio eléctrico, de agua, etc.

Deberá registrarse todos los datos y análisis, de las calibraciones de los equipos y de la forma de establecer la exactitud y la repetitividad de las mediciones con el equipo de medición.

Debe existir un cronograma para la realización de las mediciones ya no de una campaña, esta solo se la hace al inicio del SGEEn en lo posterior ya debe establecerse que, cuando, conque y porque debe medirse.

## **2.2. Auditoría energética según ISO 50002**

### **2.2.1. Descripción general de la norma ISO 50002**

El objetivo de esta norma es implementar una referencia y metodología para manejar correctamente los procesos de auditorías energéticas, enfocadas en verificar todos los parámetros del desempeño energético mencionados en la norma ISO 50001. La norma es aplicable a todo tipo de institución, empresa u organización junto con todo tipo de energía o procesos de transformación (ISO 50002, 2014).

Para este caso de estudio, si bien es cierto el objetivo principal no es realizar una auditoría energética estrictamente alineada a la norma, la misma será referente, por lo que es necesario conocer algunos aspectos relevantes que caracterizan a esta normativa que se describen a continuación.

#### **2.2.1.1. Principios de la auditoría energética**

Las auditorías energéticas según la norma ISO 50002 deben estar basadas en los siguientes principios:

- a) La auditoría debe estar enmarcada en función de los alcances, límites y objetivos planteados.
- b) Las mediciones y observaciones deben ser acorde a los usos finales y consumo energéticos.
- c) Los datos recolectados del desempeño energético deben ser representativos conforme al proceso, sistema o equipo analizado.
- d) Se debe identificar oportunidades de mejora.
- e) El proceso de recolección, validación y análisis de datos deben ser registrados.
- f) El reporte de auditoría debe contener todos los datos del desempeño energético y formulaciones de mejora.

### **2.2.1.2. Características de un auditor**

La persona adecuada para ejecutar las auditorías energéticas según la norma ISO 50002 debe reunir básicamente las siguientes características (ISO 50002, 2014).

- a) Educación acorde a la actividad, es debe disponer de una preparación académica basada en los en general con los procesos de la energía.
- b) Habilidades comprobadas respecto a los usos de las energías,
- c) Conocimiento sobre requerimientos legales y de otro tipo.
- d) Debe estar familiarizado con los usos finales de la energía en el proceso que va auditar.
- e) Conocimiento de estándares internacionales, respecto al desempeño energético.
- f) El equipo de auditores debe de igual manera disponer de habilidades y conocimientos respecto a los procesos de la energía y sus usos.

### **2.2.1.3. Proceso de auditoría**

Según la norma ISO50002, la auditoria debe seguir el siguiente proceso:

- a) Planeación de la auditoría: consiste básicamente en plantear los objetivos, alcances, metas, tiempos, personal requerido, criterios de evaluación, el nivel de detalle requerido, etc.
- b) Reunión de apertura: se refiere a la reunión que se sostiene con los directamente interesados, en esta se asigna personal, roles y responsabilidades, así como definir periodos de trabajo, lugares y plazas de trabajo, definir permisos de acceso y equipo de seguridad industrial, etc.
- c) Recolección de datos: en esta etapa se debe recopilar información de consumos de energía, planos, planillas, etc., en general la información que se registra periódicamente o la organización dispone de antemano.
- d) Plan de mediciones: consiste en determinar y medir todas las variables o parámetros que afectan, cuantifican y determinan el estado del desempeño energético, tales como presiones, temperaturas, consumos, caudales, voltaje, etc.
- e) Ejecución: se refiere a las actividades de mediciones, verificación y afectación de los usos finales, revisión de documentación, cumplimiento de normativas, etc.
- f) Análisis de datos y resultados: etapa en la que se establece una metodología para evaluar los datos obtenidos e interpretar información.

- g) Identificación de oportunidades: determinar oportunidades de mejora aplicables a los procesos, sistemas y equipos auditados, estas deben ser técnicamente y económicamente fiables.
- h) Generación del reporte: debe incluir el resumen de la información recopilada, analizada y en fin todos los resultados relevantes que permiten evaluar a los interesados y tomar decisiones.
- i) Reunión de clausura: las partes deben realizar una reunión donde se explique los resultados y cumplimiento de objetivos metas, etc. además de emitir las respectivas recomendaciones y entregar el informe o reporte de auditoría con las respectivas actas de entrega y clausura.

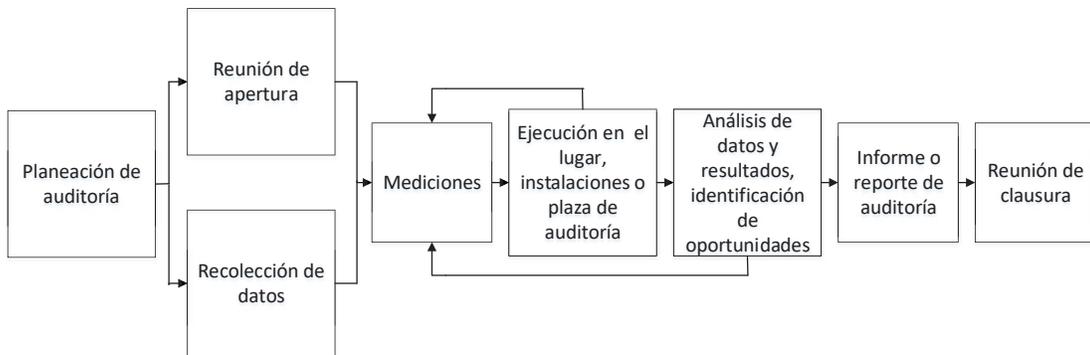


Figura 2.19. Proceso general de auditorías según norma ISO 50002.  
(Fuente: ISO 50002).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Características Generales del Hospital Baca Ortiz

##### 3.1.1. Clasificación de los hospitales según la normativa ecuatoriana

El Hospital Pediátrico Baca Ortiz (HBO), es un centro médico de especialidades que pertenece al Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (MSP), esta entidad tiene asignada la atención de la población del Distrito Metropolitano de Quito como a nivel nacional, comprendida entre el periodo neonatal y 15 años. El hospital está delimitado entre varias tipologías: primeramente este puede ser del tipo **monográfico**, debido a que su especialidad particular es la pediatría (estudio del niño y sus enfermedades), según la complejidad de pacientes que atiende el hospital entra en el tipo **agudos y crónicos**, según la procedencia de los pacientes se puede decir que es de tipo **regional**, según su nivel de asistencia es del tipo de **alta tecnología**, pero también comparte con el nivel de asistencia baja y media, finalmente según el tipo de patrimonio es público (F. Cáceres & K. Pesse, 2010).

Según estándares internacionales los hospitales pueden ser de tres niveles, el nivel A, que se refiere a un hospital general básico, el nivel B, que se refiere a un hospital con capacidad de atención una población aledaña de 400.000 habitantes, y nivel C, para una capacidad de atención para una población aledaña de 1.500.000 habitantes. Según estas condiciones el hospital Baca Ortiz se encuentra en el nivel C (F. Cáceres y K. Pesse, 2010).

En el Ecuador según el **Acuerdo Ministerial No.5212 (2015)**, del Ministerio de Salud Pública, establece la tipología sustitutiva para homologar los establecimientos de salud por nivel de atención y servicios de apoyo al sistema nacional de salud pública.

Según este acuerdo el hospital se ubica en la clasificación como una unidad de **Tercer nivel de atención** Tabla 3.1, debido a que es una institución de especialidad pediátrica, o su enfoque es la atención de niños y niñas desde los 0 años hasta los 15 años (MSP Acuerdo Ministerial 5212, 2015). Dentro de esta clasificación podemos definir que es un centro de tercer nivel de complejidad ya que es un hospital del tipo **“Hospital de especialidades pediátricas”**.

Tabla 3.1. Niveles de atención, complejidad y categorías de atención hospitalaria.

Niveles de Atención	Niveles de complejidad	Categorías	Nombre
<b>Primer Nivel de Atención</b>	1° Nivel de Complejidad	I-1	Puesto de Salud
	2° Nivel de Complejidad	I-2	Consultorio General
	3° Nivel de Complejidad	I-3	Centro de Salud A
	4° Nivel de Complejidad	I-4	Centro de Salud B
	5° Nivel de Complejidad	I-5	Centro de Salud C, Materno Infantil y Emergencia
<b>AMBULATORIO</b>			
<b>Segundo Nivel de Atención</b>	1° Nivel de Complejidad	II-1	Consultorio de Especialidades Clínico Quirúrgicos
		II-2	Centro de Especialidades
	2° Nivel de Complejidad	II-3	Centro Clínico Quirúrgico Ambulatorio (Hospital del Día)
<b>HOSPITALARIO</b>			
	3° Nivel de Complejidad	II-4	Hospital Básico
	4° Nivel de Complejidad	II-5	Hospital General
<b>AMBULATORIO</b>			
<b>Tercer Nivel de Atención</b>	1° Nivel de Complejidad	III-1	Centros Especializados
	<b>HOSPITALARIO</b>		
	2° Nivel de Complejidad	III-2	Hospital Especializado
	3° Nivel de Complejidad	III-3	Hospital de Especialidades
<b>Cuarto Nivel de Atención</b>	1° Nivel de Complejidad	IV-1	Centro de Experimentación Clínica de alta especialidad

(Fuente: MSP Acuerdo Ministerial 5212, 2015).

Desde junio del 2015 el HBO cuenta con una certificación de calidad de Servicios de acuerdo a la Accreditation Canada International (ACI) Miembro de la Sociedad Internacional para la calidad en el cuidado de la salud (ISQUA), en el nivel básico Gold, esta clasificación tiene dos niveles superiores que son el Platinum y el Diamond que es el nivel máximo. Esta acreditación tiene que ver principalmente con la seguridad de los pacientes, talento humano, infraestructura y equipamiento, no define nada sobre eficiencia energética.

El HBO no cuenta con una certificación de hospital verde, que significa que su operación se preocupa no sólo por la salud, sino también por el ambiente donde viven sus pacientes.

### 3.1.2. Instalaciones y servicios

Actualmente el hospital ocupa un terreno de área total aproximada de 22510.3 m<sup>2</sup>, incluido parqueaderos, jardines, ingresos de vehículos, instalaciones de bodegaje, guardianía etc.



Figura 3.1. Perímetro y área del Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: Google Earth, 2017).

Sin embargo, las instalaciones y edificaciones propias que forman parte del sistema de atención a pacientes cuentan con un área aproximada de 20000 m<sup>2</sup> y están distribuidos en las siguientes áreas.



Figura 3.2 Infraestructura general Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: F. Cáceres y K. Pesse, 2010).

### 3.1.2.1. Especialidades y servicios del Hospital Baca Ortiz

Es importante dividir los conceptos de servicios en un hospital y especialidades médicas. En la tabla 3.2 se puede observar las 37 especialidades con que cuenta el hospital.

Tabla 3.2. Especialidades Hospital Baca Ortiz.

1. PEDIATRÍA CLÍNICA	22. NEONATOLOGÍA
2. ANESTESIOLOGÍA	23. NEUMOLOGÍA
3. CARDIOLOGÍA	24. NEUROCIRUGÍA
4. CIRUGÍA CARDIOTORÁCICA	25. NEUROLOGÍA
5. CIRUGÍA GENERAL	26. NEUROFISIOLOGÍA
6. CIRUGÍA MAXILOFACIAL	27. NUTRIOLOGÍA
7. CIRUGÍA PLÁSTICA Y QUEMADOS	28. ODONTOTERAPIA
8. CLÍNICA DE SALIDOS	29. OFTALMOLOGÍA
9. DERMATOLOGÍA	30. ONCOLOGÍA
10. DIÁLISIS	31. OTORRINOLARINGOLOGÍA
11. ENDOCRINOLOGÍA	32. PATOLOGÍA
12. FISIATRÍA	33. PSICOLOGÍA CLÍNICA
13. GASTROENTEROLOGÍA	34. PSIQUIATRÍA
14. GENÉTICA	35. TERAPIA INTENSIVA
15. HEMATOLOGÍA	36. TRAUMATOLOGÍA
16. IMAGENOLOGÍA	37. UROLOGÍA
17. INFECTOLOGÍA	
18. INMUNOLOGÍA	
19. LABORATORIO CLÍNICO	
20. MICROBIOLOGÍA	
21. NEFROLOGÍA	

(Fuente: F. Cáceres y K. Pesse, 2010).

De las especialidades mencionadas, podemos derivar los servicios que presta el hospital, descritos en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Servicios Hospital Baca Ortiz.

Servicios de apoyo	Servicios Quirúrgicos	Especialidades médicas
1. Anatomía Patológica	1. Cardiotorácica	1. Cardiología
2. Anestesia	2. Oftalmología	2. Dermatología
3. Fiseatría/Rehabilitación	3. Otorrinolaringología	3. Endocrinología
4. Farmacia	4. Traumatología	4. Gastroenterología
5. Terapia intensiva	5. Odontopediatría/Ortodoncia	4.1 Nutriología
6. Diagnóstico por imagen	6. Cirugía Pediátrica	5. Infectología
7. Diagnósticos Biológicos	6.1 Urología	5.1 Clínica del SIDA
7.1. Lab. Genética	6.2. Oncología	6. Genética Clínica
7.2. Lab. Microbiología	6.3. Neonatal	7. Inmunoalergia
7.3. Lab. Hematología	6.4. Tórax	8. Nefrología
7.4. Lab. Urgencias	6.5. Digestivo	8.1 Unidad de Diálisis
	6.6. Cirugía Ambulatoria	9. Neonatología
	7. Neurocirugía	10. Neurología/Neurofisiología
	8. Cirugía Máxilofacial	11. Hematología Oncología
	9. Cirugía Plástica	11.1 Hospital del Día
	9.1 Unidad de Quemados	12. Salud Mental
		12.1 Psicología Clínica
		12.3 Psiquiatría
		13. Pediatría
		13.1 Urgencias Pediátricas

(Fuente: F. Cáceres y K. Pesse, 2010).

## **3.2. Planificación de la auditoría energética**

Se planea utilizar diferentes elementos que propone la norma ISO 50002 como herramientas para ejecutar el proceso auditor, tal como se muestra en la figura 2.19, la auditoría comenzará desde la planeación de la misma hasta el informe o reporte de auditoría como parte fundamental del trabajo de tesis, sin embargo, la reunión de cierre es una etapa que se realizará con los delegados del hospital.

### **3.2.1. Objetivo general de la auditoría**

El objetivo principal de la auditoría es conocer el estado del desempeño energético del hospital, y su desarrollo al menos en los dos últimos años, el cual consta de elementos como la eficiencia, intensidad energética (indicadores energéticos), consumos y usos energéticos, (figura 2.7).

### **3.2.2. Jerarquización**

Como premisa se establece la hipótesis de cuáles son los sistema o usos energéticos que mayor peso tienen en el desempeño energético y particularmente en el consumo de energía. Para este caso según el análisis de la figura 1.4, verificamos que el consumo de combustibles tiene un mayor peso frente al consumo eléctrico.

Los combustibles que consume el HBO son el GLP y el diésel, este último es utilizado principalmente para la generación de vapor, y este a su vez es utilizado en el calentamiento de agua, lavandería, desinfección, etc. Por otro lado, el GLP es utilizado en las áreas de cocina, laboratorio y control de llama piloto de los quemadores del caldero. Finalmente, la electricidad y su uso abarcan varios factores como la iluminación, electricidad para el uso de equipos eléctricos y electrónicos, movimiento de motores, etc.

Según los antecedentes mencionados, se determina dar un mayor detalle de análisis a los sistemas eléctrico y vapor, puesto que aparentemente son los elementos más representativos de la matriz energética del hospital Baca Ortiz.

### **3.2.3. Alcance de la Auditoría**

Como se mencionó en los objetivos de esta auditoría el trabajo estuvo enfocado en dos aspectos fundamentales:

- a. Análisis de los energéticos principales (electricidad, diésel, GLP).
- b. Análisis de los sistemas energéticos que se alimentan de los energéticos principales.

En los energéticos principales se pretende determinar los consumos anuales de los años 2015-2016 y compararlos entre sí, determinar líneas de tendencia y líneas base de consumo energético relacionándolos con variables independientes como el área del hospital, número de pacientes, número de camas ocupadas, etc. Finalmente, con los datos de consumo determinar la matriz energética del hospital.

En los sistemas energéticos USEn se requiere determinar los indicadores asociados que pueden exponer las características energéticas de ese sistema, hasta donde permita la información recopilada. Es importante determinar que el sistema energético puede componerse de dos partes:

- a. Subsistema de conversión de energía: que consiste en el equipo, máquina o subsistema que realiza la transformación de la energía, para que se convierta en un uso final, como las calderas, bombas, compresores, etc.
- b. Subsistema de distribución de la energía útil: consisten en todos los componentes, equipos, máquinas, etc. que son utilizados para distribuir la energía útil, por ejemplo, la red de tuberías, redes de cableado, etc.

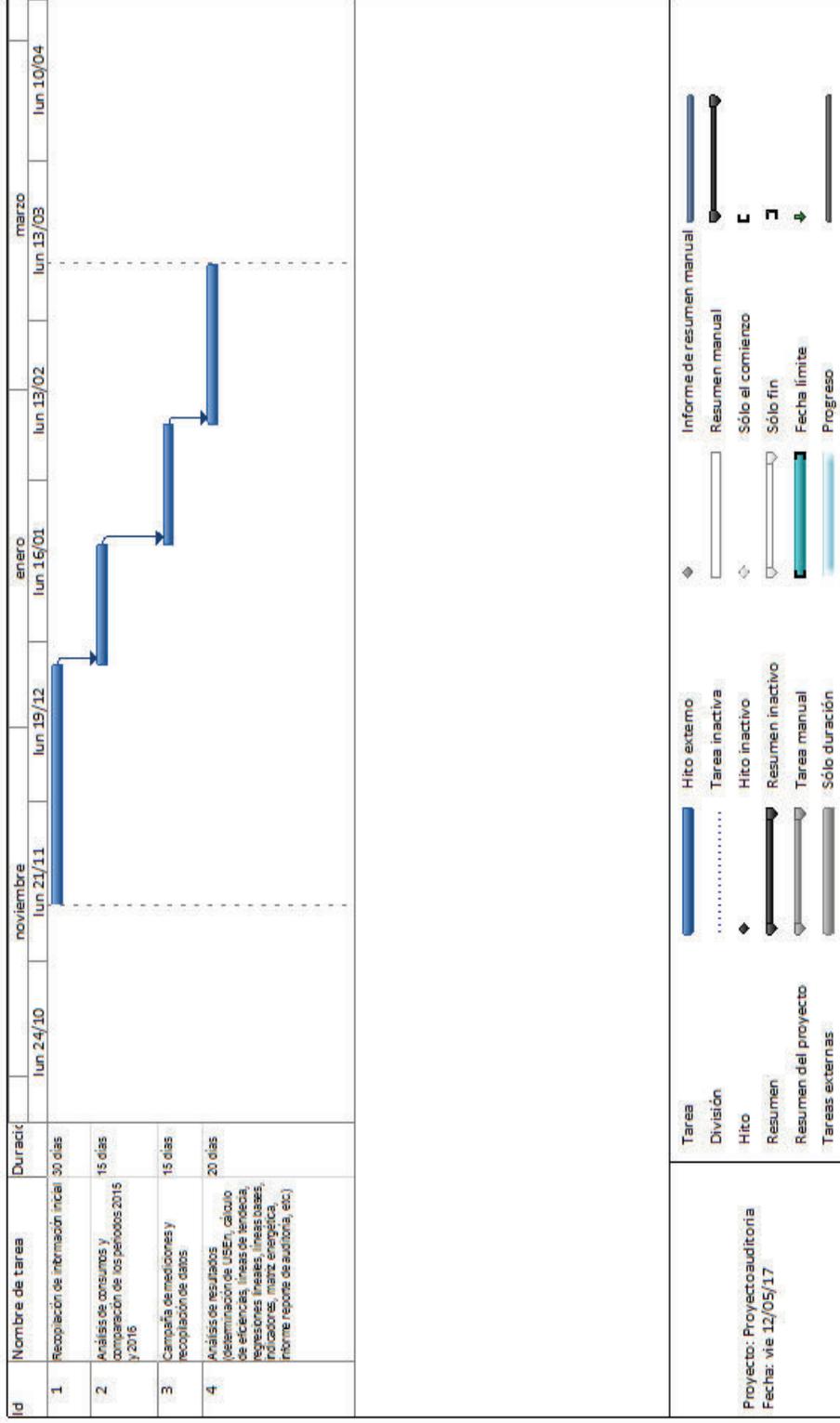
#### **3.2.4. Tiempo de ejecución**

Debido a que este es un factor determinante se realizó la auditoría en un plazo máximo de 3 meses, entre el mes de noviembre de 2016 y marzo de 2017, la planificación del tiempo está basado en factores como: disponibilidad del tiempo de los interesados, alcance de la auditoría, accesibilidad a instalaciones, disponibilidad de personal y equipos de medición.

Una vez iniciada la auditoria nos encontramos con varios inconvenientes el principal en el sistema eléctrico del cual no se disponían datos digitalizados.

En la siguiente tabla 3.4, se detalla la planificación de auditoría.

Tabla 3.4. Cronograma general de actividades de la auditoría elaborado en Project Microsoft Office.



Según el diagrama de Gantt, el programa de auditoría estuvo programado para efectuarse en 80 días sin embargo se tardó alrededor de 10 días más para completar cualquier información o efectuar otra actividad pendiente no programada o imprevista.

### 3.2.5. Personal requerido para la Auditoría

Si bien es cierto, entre los alcances de este proyecto no se contempla la contratación directa de personal, es necesario definir el equipo de energía que colaboró en este proceso.

Tabla 3.5 Equipo de auditoría, conformado por las partes interesadas.

Parte	Integrantes	Habilidad/ Competencia/profesión	Responsabilidad
Estudiantes EPN	Ing. Pablo Soria.	Ingeniería mecánica.	Liderar auditoría parte mecánica.
	Ing. Alberto Albuja.	Ingeniería eléctrica.	Liderar auditoría parte eléctrica.
	Colaboradores.	Estudiantes de ingeniería electrónica y mecánica.	Mediciones, recopilación de información, dibujo, etc.
Hospital Baca Ortíz	Ing. Usca.	Ing. mecánico, supervisor de mantenimiento mecánico.	Proveer información en la parte mecánica, designar al técnico de mantenimiento de turno para colaborar en la auditoría.
	Ing. Salazar.	Ing. eléctrico, supervisor de mantenimiento eléctrico.	Proveer de información y guía en instalaciones en la parte eléctrica.
	Técnicos de mantenimiento general.	Técnicos en áreas de la mecánica, electricidad o electrónica.	Guía en las instalaciones y proveer de información respecto a operación y desempeño de sistemas, equipos, instalaciones, etc.

(Fuente: propia).

### 3.2.6. Restricciones o barreras generales

Podemos mencionar varios obstáculos que se presentaron en el desarrollo de la auditoría:

- a. No hubo acceso a zonas restringidas como quirófanos, cuidados intensivos, área de quemados, etc.
- b. No se pudo verificar redes de tuberías, debido a que estas se encuentran ocultas en los techos y paredes.
- c. Información desactualizada, , no existen planos actualizados.

- d. Equipos fuera de servicio, se ha identificado que en el hospital existen equipos principalmente el sistema de ventilación y aire acondicionado que están fuera de servicio. Este antecedente dificulta el estudio práctico del sistema de ventilación y aire acondicionado centralizado con que fue concebido el Hospital.
- e. No existe equipos disponibles para la medición de caudales, o consumos en el sistema de vapor, por lo que se desconoce el caudal promedio o consumo individual de los usos del vapor, la instalación de los mismos es costosa y no se pudo realizarla.
- f. Disponibilidad de autorización o salvo conductos demoraron, lo que limitó el tiempo de estudio.
- g. Falta de comunicación por parte de las autoridades del HBO para el acceso a diferentes áreas del hospital y el tiempo disponible del personal, evaluar el sistema de distribución de energía útil para los servicios es complejo, porque al requerir los planos no se encontró los mismos y había algunos que en gran medida correspondían a las instalaciones existentes pero en otros casos las remodelaciones no se habían incorporado a los planos, por lo tanto, la auditoría de esta parte se omitirá de este estudio, con la excepción del sistema eléctrico del cual se levantó planos digitales y se evaluó la iluminación y los tomacorrientes eléctricos.

### **3.2.7. Ventajas**

Existe ciertos aspectos que colaboraron en el trabajo de auditoría:

- a) El hospital dispone de registros de consumos e indicadores tales como, diésel, GLP, horas de operación de varios equipos, consumo de gases medicinales, consumo de agua potable, etc., por cada mes, a más de las planillas eléctricas recopiladas mensualmente.
- b) Los estudios de emisiones se encuentran al día, se identifica que las mismas cumplen con la ordenanza 404 del Municipio de Quito.
- c) Se identificó las características técnicas de la mayoría de equipos, por lo que permite acceder a catálogos y hojas técnicas que permiten completar toda información técnica útil para la auditoría.
- d) Aunque no se dispone de un caudalímetro aguas arriba de las bombas de abastecimiento de agua potable, se dispone de un tubo transparente colocado en los tanques de presión hidroneumáticos, en ellos se puede identificar los niveles de llenado y la velocidad con que la bomba llena los tanque, con esta información se puede calcular el caudal y gasto promedio del sistema de agua potable.

- e) El hospital dispone registros referentes a indicadores básicos de hospitalización, como número de camas, días paciente, porcentaje de ocupación, etc., lo que permite realizar comparaciones entre el consumo energético frente a las variables intrínsecas del hospital.

### **3.2.8. Equipos para las mediciones de la Auditoría Energética**

Para la auditoría se dispone de los siguientes equipos de medición:

#### **3.2.8.1. Medidor de Energía Eléctrica Fluke 345**

El Fluke 345 es más que un medidor de energía eléctrica. Combina las funciones de un medidor de abrazadera, osciloscopio, registrador de datos y medidor de potencia digital en un solo dispositivo práctico, es ideal para trabajar con variadores de frecuencia variable, iluminación de alta eficiencia y otras cargas mediante electrónica de conmutación.



Figura 3.3. Medidor de Energía Eléctrica Fluke 345.  
(Fuente: propia).

Tabla 3.6. Características principales del Medidor de Energía Eléctrica Fluke 345.

Corriente CA/CC: Como pinza amperimétrica mide una corriente de CA de hasta 1400 A rms y una corriente de CC de hasta 2000 A sin interrumpir el circuito.
Máxima categoría de seguridad: 600 V CAT IV
Preciso en entornos ruidosos ( formas de onda distorsionadas con cargas electrónicas no lineales).
Registro de datos: Registra cualquier parámetro de calidad eléctrica, incluidos armónicos, durante minutos o meses.
Comprobación de baterías: Medida directa del rizado CC (%) en sistemas de corriente CC y baterías.
Registra armónicos de forma digital y analice su tendencia a través de gráficas.
Corriente de arranque (inrush): Capture y analice disparos inesperados, desde 3 segundos a 300 segundos.
Fácil de usar: Configuración del equipo gracias a su pantalla en color retro iluminada de gran tamaño, la cual permite una perfecta visualización de formas de onda y gráficos de tendencias.
Calidad eléctrica trifásica: Función integrada para cargas equilibradas.
Visualización de gráficos y generación de informes: Utilice el analizador de calidad con el software PowerLog incluido

(Fuente: Support Fluke).

### 3.2.8.2. Analizador de la energía eléctrica Fluke 434 Serie II

Es un instrumento de medición de parámetros eléctricos y el registro de energía, así como de la calidad de la misma.



Figura 3.4. Medidor de Energía Eléctrica Fluke 434.

(Fuente: propia).

Tabla 3.7. Características principales del Medidor de Energía Eléctrica Fluke 345.

La clasificación de seguridad más alta de la industria: Clasificación de CAT IV a 600 V y CAT III a 1000 V para su uso en la entrada de servicio.
4 Pinzas Amperimétricas de AC 400 A (1 mV/A) and 40 A (10 mV/A) intercambiable.
Permite medir las tres fases y el neutro conexiones Estrella o Delta: Con cuatro puntas de prueba de corriente flexibles incluidas, además 4 cables de voltaje con clip tipo lagarto y un mejorado diseño delgado para adaptarse a los lugares más estrechos.
Calculadora de Pérdida de Energía: Las mediciones clásicas de potencia activa y reactiva, desequilibrios y armónicos .
Resolución de problemas en tiempo real: Analice las tendencias utilizando cursores y la función zoom.
Monitor del sistema: Diez parámetros de calidad de potencia en una sola pantalla, de acuerdo con la norma de calidad de potencia eléctrica EN50160.
Función de registrador: Configurado para cualquier condición de prueba con memoria de hasta 600 parámetros a intervalos definidos por el usuario.
Tendencia automática: Todas las mediciones se registran siempre automáticamente, sin necesidad de configuración alguna.
Equipo imprescindible para estudios de carga eléctrica
Análisis de la energía– medir el antes y el después para cuantificar las mejoras de la instalación en el consumo de energía, justificando el uso de los dispositivos de ahorro energético.
Detección y resolución de problemas en primer nivel de actuación – diagnosticar rápidamente los problemas en pantalla, de forma que pueda volver a poner los equipos en marcha.
Análisis a largo plazo – descubrir problemas difíciles de detectar o intermitentes.
Visualización de gráficos y generación de informes: Con el software de análisis incluido FlukeView o PowerLog
Vida útil de la pila: Siete horas de tiempo de funcionamiento por carga en un pack de baterías de lón litio

(Fuente: Support Fluke).

### 3.2.8.3. Analizador de Gases Bacharac PCA2

El PCA 2 es un analizador de categoría comercial diseñado para el muestreo manual de la combustión y las emisiones en la industria ligera, instituciones, hornos, electrodomésticos y calderas comerciales y residenciales.

El instrumento básico cuenta con un conjunto de sonda y manguera, manual, calibrado de fábrica con sensores inteligentes, 4 pilas alcalinas 'AA', los datos se descargan al software con el cable USB.

Debido a la capacidad del PCA 2 de medir hasta cuatro gases simultáneamente, es la herramienta perfecta para la medición en calderas, donde se necesita para determinar la eficiencia de la combustión, el exceso de aire, la acumulación de gas O<sub>2</sub> y los niveles de CO, la temperatura del escape, el tiro y la presión diferencial.

También puede medir directamente y mostrar NO, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> con el uso de de sensores apropiados. Cálculos de eficiencia de la combustión, pueden llevarse a cabo para los siguientes combustibles: gas natural, diésel 2, propano, carbón, madera, queroseno, bagazo y gas digestor. La pantalla gráfica muestra hasta ocho valores de prueba de

combustión simultáneamente, e incluye una capacidad de zoom que proporciona una pantalla extra grande.

Las funciones avanzadas de almacenamiento y comunicación de datos permiten almacenar hasta 500 registros individuales de pruebas de combustión, que pueden imprimirse o descargar en un ordenador personal. En su modo de registro de datos, el analizador puede almacenar 500 datos adicionales registrados archivos.

Un adaptador de alimentación de CA opcional permite que el analizador funcione

Fines de registro de datos.

La sonda de acondicionamiento de muestras opcional se recomienda cuando se mide

NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> para garantizar el mayor grado de precisión de medición.



Figura 3.5. Analizador de Gases Bacharach PCA2.  
(Fuente: Soporte Bacharach).

Tabla 3.8. Características principales del Analizador de Gases Bacharach PCA2.

<b>Rangos de Medidas</b>	Primary/Ambient Air Temperature	-4° to 999° F	
	Stack Temperature	-4° to 2192° F	
	Oxygen	0 to 20.9%	
	Carbon Monoxide (H2 comp)	0 to 4,000 ppm	
	Carbon Monoxide, high range	4,001 to 20,000 ppm	
	Nitric Oxide	0 to 3,000 ppm	
	Nitrogen Dioxide	0 to 500 ppm	
	Sulfur Dioxide	0 to 5,000 ppm	
	Pressure/Draft	-72 to +72 inw c	
<b>Rango de Cálculos</b>	Combustion Efficiency	0.1 to 100%	
	Excess Air	1.0 to 250%	
	Carbon Dioxide (dry basis)	0 to fuel dependent maximum	
	NOx (NOx = NO + NO2)	0 to 3,500 ppm	
	NOx referenced to % O2	0 to 9,999 ppm	
	CO referenced to % O2	0 to 9,999 ppm	
	NO referenced to % O2	0 to 9,999 ppm	
	NO2 referenced to % O2	0 to 9,999 ppm	
SO2 referenced to % O2	0 to 9,999 ppm		
<b>Presición</b>	Oxygen	± 0.3% O2(on flue gas)	
	Stack or Flue Gas Temperature	± 4°F betw een 32 and 255°F (± 2°C betw een 0 and 124°C)	
		± 6°F betw een 257 and 480°F (± 3°C betw een 125 and 249° C)	
		± 8°F betw een 482 and 752°F (± 4°C betw een 250 and 400°C)	
		Primary-air/Ambient Temperature	± 2°F betw een 32 and 212°F (± 1°C betw een 0 and 100°C)
		Pressure/Draft	± 2% of reading or ± .02 inw c w hichever is greater betw een 0 and ±10 inw c ±3% of reading betw een ± 10 and ± 72 inw c ± 5% of reading or ± 10 ppm w hichever is greater betw een 0-2000 ppm CO; ± 10% of reading betw een 2001 to 20,000 ppm CO ± 5% of reading or ± 5 ppm w hichever is greater betw een 0-2000 ppm NO ± 5% of reading or ± 5 ppm w hichever is greater betw een 0-500 ppm NO2 ± 5% of reading or ± 10 ppm w hichever is greater betw een 0-2000 ppm SO2
	CO		
	NO		
	NO2 *		
	SO2		
	<b>Memoria</b>	500 complete combustion test records	
	<b>Memoria de Registro</b>	500 complete logged combustion test records	
	<b>Tipos de Combustibles</b>	Natural Gas, Oil #2, Oil #4, Oil #6, Propane, Coal, Wood, Kerosene, Bagasse and Digester Gas	
<b>Medidas</b>	9"H x 3"W x 2.5"D (22.9 cm x 7.6 cm x 6.3 cm)		
<b>Peso</b>	1.4 lbs (0.6 kg)		
<b>Demanda de Potencia</b>	Four disposable AA alkaline batteries or NiMH rechargeable batteries providing 10 hours of continuous operation. Optional AC Pow er Adapter		
<b>Display</b>	160 x 160 (2.5 in x 2.5 in.) Graphic Liquid Crystal Display		
<b>Tiempo de Calentamiento</b>	60 second total w arm up time (Sensors are checked and autozeroed during w arm up)		

(Fuente: Soporte Bacharach).

### 3.2.8.4. Juego de medición eléctrica y temperatura Fluke 1587/ET

Este juego se usa principalmente para tareas de mantenimiento preventivo industrial.



Figura 3.6. Juego de medición eléctrica y temperatura Fluke 1587/ET.  
(Fuente: Soporte Fluke).

Ideal para equipos eléctricos y Compruebe si hay puntos calientes y la temperatura medida con el Fluke 62 Mini termómetro sin contacto.

#### **Fluke 1587 Multímetro de aislamiento**

- Medidor de aislamiento de gran alcance y multímetro con todas las funciones.
- Pantalla grande con iluminación de fondo.
- Filtro para mediciones de accionamiento del motor.
- Prueba de aislamiento (0.01M $\Omega$  a 2G $\Omega$ ).
- Tensiones de prueba de aislamiento (50 V, 100 V, 250 V, 500 V, 1000 V) para muchas aplicaciones.
- CAT III 1000 V / CAT IV 600 V calificación sobre voltaje para la protección del usuario agregado.
- **Fluke i400 actual Clamp.**
- Pinza amperimétrica Fluke 1587 para medir 1A AC hasta 400 A AC.
- 1 mA / Amp sensibilidad.
- CAT III 1000 V / CAT IV 600 V calificación sobre voltaje para la protección del usuario agregado.
- Conductor máximo:  $\varnothing$  32 mm.

### Fluke 62 Mini termómetro IR

Termómetro infrarrojo de la serie 60 de Fluke, para medidas en objetos difíciles de alcanzar, de elevada temperatura o giratorios, o siempre que se enfrente a medidas de temperatura peligrosas. Medición precisa en un amplio rango de temperaturas, desde  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $760\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-40\text{ }^{\circ}\text{F}$  a  $1400\text{ }^{\circ}\text{F}$ ). Además, su óptica avanzada le permite medir objetos más pequeños y a mayor distancia. Todas estas ventajas en un cómodo dispositivo portátil de fácil manejo.



Figura 3.7. Mini Termómetro IR Fluke 62.  
(Fuente: Soporte Fluke).

- Lecturas de la temperatura superficial rápidos y confiables (sin contacto).
- Mejor precisión de su clase:  $+ 1\%$  de la lectura o  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $2\text{ }^{\circ}\text{F}$ ).
- Amplio rango de temperatura:  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $932\text{ }^{\circ}\text{F}$ ).
- La doble muestra las mediciones actuales y máximos simultáneamente.
- Mantiene las lecturas de temperatura de 7 segundos.

Tabla 3.9. Especificaciones Técnicas del Fluke 62.

Measurement range	-30 °C to 500 °C (-20 °F to 932 °F)
Accuracy	10 °C to 30 °C (50 °F to 86 °F): ± 1 °C (2 °F) Outside 10 °C to 30 °C (50 °F to 86 °F): ± 1.5 °C (3 °F) or ± 1.5 % of reading, whichever is greater
Repeatability	±0.5 % of reading or < ±1 °C (±2 °F), whichever is greater
Emissivity	Preset 0.95
Response time	< 500 mSec
Distance to spot size	10:1 calculated @ 80 % energy
Spectral range	6.5-18 microns thermopile detector
Display resolution	0.2 °C (0.5 °F)
Display hold (7 secon•	
LCD backlit	•
Temperature display	°C or °F selectable
Ambient operating rar	0 to 50 °C (32 to 120 °F)
Relative humidity	10-90 % RH non-condensing, @ up to 30 °C (86 °F)
Typical distance to ta	Up to 2 m (6 ft)
(spot)	
Laser class II	Single offset laser
Weight/dimensions	200 g (7 oz); 152 x 101 x 38 mm (6 x 4 x 1.5 in)
Power	9 V Alkaline battery (included)
Battery life (alkaline)	12 hours
Storage temperature	-20 °C to 65 °C (-4 °F to 150 °F) without battery
Options/accessories:	Includes protective boot and storage holster
Warranty:	2 years (conditional)

(Fuente: Soporte Fluke).

### 3.2.8.5. Medidor de velocidad del viento Anemómetro Proskit MT 4005

Anemómetro, mide flujo de aire en sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado, análisis de conductos de aire, monitoreo o aire de proceso, mide temperatura de bulbo seco, humedad relativa y velocidad del viento.

Características:

- Pantalla: Pantalla de cristal líquido de 4 dígitos (LCD).
- Indicación de batería baja.
- Entorno de funcionamiento: 0B ° C a 50B ° C, <70% R.H.
- Entorno de almacenamiento: -20B ° C a 60B ° C, 0 a 80% R.H. con batería retirada del medidor.
- Precisión: Precisión indicada a 23B ° Cb ± 5B ° C, <75% R.H.

- Dimensiones: 228 mm (H) x 65,5 mm (An.) X 35 mm (D).
- Peso aproximado. 211 g. (incluyendo batería).
- Sensor: Sensor de temperatura del termistor.
- Rango: -20B ° C a 60B ° C, -4B ° F a 140B ° F.
- Resolución: 0.1B ° C, 0.1B ° F.
- Precisión: B ± 0,5B ° C a 0B ° C a 45B ° C.
- B ± 1B ° C: -20B ° C a 0B ° C, 45B ° C a 60B ° C.
- B ± 1B ° F: 32B ° F a 113B ° F.
- B ± 2B ° F: -4B ° F a 32B ° F, 113 ° F a 140 ° F.



Figura 3.8. Anemómetro Proskit MT 4005.  
(Fuente: Soporte Proskit).

Tabla 3.10. Características de medición de la Velocidad del viento:.

Units	Resolution	Threshold	Range
m/s	0.01	0.4	0.0~30.0
ft/min	1	80	0.0~5900
knots	0.1	0.8	0.0~58.0
mph	0.1	0.9	0.0~67.0
kmph	0.1	1.5	0.1~108.0

(Fuente: Soporte Proskit).

### 3.2.8.6. Medidor de Temperatura y Humedad Fluke 971



Figura 3.9. Medidor de temperatura y humedad Fluke 971.  
(Fuente: Soporte Fluke).

El instrumento Fluke modelo 971 es de medición, alimentado a baterías que mide la humedad relativa y la temperatura, muestra tres puntos diferentes de temperatura del aire alrededor del sensor del instrumento: ambiente, bulbo húmedo y punto de condensación.

Tabla 3.11. Especificaciones Técnicas del Fluke 971.

<b>Temperatura</b>	
Rango:	-20 a 60 °C (-4 a 140 °F)
Exactitud:	±0,5 °C en 0 a 45 °C
	±1,0 °C en -20 a 0 °C, 45 a 60 °C
	±1,0 °F en 32 a 113 °F
	±2,0 °F en -4 a 32 °F, 113 a 140 °F
Resolución:	0,1 °C/°F
Frecuencia de actualización:	500 ms
Tipo de sensor:	NTC
<b>Humedad relativa</b>	
Rango:	5 a 95 % HR
Exactitud:	±2,5 % HR (10 a 90 % HR) a 23 °C (73,4 °F)
	±5,0 % HR (< 10, >90 % HR) a 23 °C (73,4 °F)
Resolución:	0,1 % RH
Tiempo de respuesta:	60 segundos máx.
Histéresis del sensor:	±1 % HR con excursión del 90 % al 10 % a 90 %
Tipo de sensor:	Película polimérica de capacitancia electrónica
Coefficiente de temperatura:	0,1 x (exactitud especificada)/ °C (< 23 °C ó > 23 °C) -20 a 60 °C (-4 a 140 °F)
<b>Rango de temperatura de bulbo húmedo:</b>	
Rango de temperatura de punto de condensación:	-50 a 60 °C (-58 a 140 °F)
Memoria:	99 puntos de datos
Potencia:	4 baterías AAA, 24A, LR03
Vida útil de la batería:	200 horas
<b>Ambiente</b>	
Almacenamiento:	-20 a 60 °C a < 80 % HR (sin baterías) Temperatura: -20 a 60 °C

(Fuente: Soporte Fluke).

### 3.2.8.7. Medidor de iluminación Luxómetro Proskit MT 4017

Medidor de intensidad lumínica, es un instrumento de medición de iluminancia con la unidad internacional el lux.



Figura 3.10. Luxómetro Proskit MT 4017.  
(Fuente: Soporte Proskit).

Tabla 3.12. Especificaciones Técnicas del Luxómetro MT 4017.

1. Display: 6 digits LCD Display		
2. Parameters:	Lux (lm/m <sup>2</sup> ) foot candle (lm/ft <sup>2</sup> )	
3. Resolution:	1 Lux (0...90000 Lux) ; 0.1 ftc (0...8300.0 ftc) ;	
4. Range:	0...90000 Lux 0...8300.0 ftc	
5. Accuracy:		
Range	Accuracy	Environment
0-10000lux	±(4%+50digital)	23°C@2856K color
10000-90000lux	Reference	temperature
*If test environment is not at the 2856K color temperature, error will increase.		
4000K warm fluorescent lamp:0~10000Lux±(10%+200counts)		
6000K cold fluorescent lamp:0~10000Lux±(10%+200counts)		
6. Sample rate: 1 time /sec		
7. Auto power off: about 20 minutes		
8. Low battery indicator		
9. Operating environment:	0°C ~ 50 °C (32°F~122°F), 0 ~ 80%RH	
10. Storage environment:	-20°C ~ 60°C (-4°F~140°F), 0 ~ 80%RH	
11. Dimension and Weight:	121(L)x60(W)x30(H)mm, about 180g	
12. Accessories:	DC1.5V (AAA) x 3pcs String x 1pcs Plastic box x 1pcs Users manual x 1pcs	

(Fuente: Soporte Fluke).

### 3.2.8.8. Medidor de Presión de Sonido Sonómetro Proskit MT 4018

Medidor de intensidad sonora, es un instrumento de medición de presión sonora con la unidad internacional el decibelio.



Figura 3.11. Sonómetro Proskit MT 4018  
(Fuente: Soporte Proskit).

Características:

El sonómetro ha sido diseñado bajo la norma IEC 651 Tipo 2, y la ANSI S1.4 Tipo 2.

Frecuencia de respuesta: 31.5Hz-8kHz.

- Precisión: 30 ~ 60dB ±.
- Resolución: 0.1 dB.
- rango de la medida: 30 - 60 dB, 50 – 80 dB, 70 - 100dB, 90 - 120dB.
- Display digital: 4 digitales.
- Ponderación de frecuencia: A Tipo.
- Tiempo de respuesta: Analog bar 125ms Digital 750m.
- Micrófono: Condensador Electret.
- Fuente de alimentación: DC1.5V (AAA) \* 3.
- Temperatura de funcionamiento: 0 ~ + 40 °C.
- Humedad de funcionamiento: 10 ~ 80% RH.
- Temperatura de almacenamiento: -10 ~ + 60 °C.
- Humedad de almacenamiento: 10 a 70% HR.

### **3.2.8.9. Programas de análisis de mediciones asociados a los instrumentos.**

Los programas asociados con los equipos FLUKE son principalmente FlukeView y Power Log. Estos ayudan a presentar la información de una forma organizada visualmente dinámica, con varias herramientas para facilitar el análisis.

**FlukeView:** Visualiza en tiempo real la pantalla de los equipos Fluke series 43x y 345. Con descarga individual de cada medición y su tendencia.

**Power Log 4.4.:** permite la descarga masiva de la información almacenada en los registros de los equipos Fluke 43x-II, 1735, VR 1710, 345. Este software muestra toda la información almacenada de un período de monitoreo, registros gráficos, tablas de datos, imágenes, también tiene la facilidad de exportar datos compatibles con Office Excel o Access.

#### **Dialux software.**

Este software permite crear proyectos de iluminación y está abierto a las luminarias de todos los fabricantes asociados al programa de distribución gratuita.

Características:

Permite crear proyectos de iluminación con mucho profesionalismo, datos actualizados de luminarias de los fabricantes asociados al software, permite la evaluación energética, y escenas de luz con control de escenarios, simulación 3D.

### **3.3. Levantamiento y recopilación de datos**

El hospital cuenta con varios sistemas energéticos y usos finales de la energía, en esta parte se realizó un levantamiento general de sistemas y equipos para identificar los principales energéticos y sus respectivos usos finales.

Adicional, se ha identificado que el hospital dispone información o registros completos y concisos aplicables a este proceso, desde el año 2015, por lo que se recopiló información desde este año hasta el 2016, año culminado, no se considerará parte del estudio la información del 2017 debido a que no representa un periodo o ciclo completo, la información requerida se basa en:

- Planillas o facturas de consumo eléctrico, periodos 2015 y 2016.
- Planillas o registros de consumo de diésel, periodos 2015 y 2016.
- Planillas o registros de consumo de GLP, periodo 2014 y 2016.

- Registro de indicadores hospitalarios del HBO.
- Registro de consumos de equipos o no energéticos como agua, horas de operación de equipos, presiones, costos, etc.
- Planos de diferentes áreas del hospital, tanto civiles mecánicos y eléctricos.
- Documentos legales como certificados de funcionamiento, ambientales, bomberos, etc.
- Catálogos u hojas técnicas de equipos y productos como bombas, calderos, diésel, etc.
- Último informe de control de emisiones o análisis de gases de combustión de los calderos año 2016.

A continuación, se presentan tablas elaboradas sobre la base de los datos proporcionados por el HBO y que fueron procesadas por los autores del presente estudio.

### 3.3.1. Sistema eléctrico

El hospital cuenta con una habitación donde están instalados los tableros de distribución, estos pueden ser identificados según las conexiones que disponen para diferentes servicios:



Figura 3.12. Transformadores Eléctricos.  
(Fuente: propia).

1. Transformador Reductor I-315 KVA, 6300/220 V, Trifásico, 60 Hz.
2. Fuerza Radiológica RED.
3. Fuerza estabilizada RED-GRUPO (2 tableros).
4. Transformador Reductor II-800 KVA, 6300/220V, Trifásico, 60 Hz.
5. Fuerza motores RED (2 tableros).

6. Fuerza Enchufes RED (2 tableros).
7. Alumbrado RED.
8. Fuerza Calor Negro RED (HVAC).
9. Acoplamiento.
10. Grupo Electrónico 545 kW, 220 V, Trifásico 60 Hz.
11. Fuerza Motores Conmutable RED – Grupo.
12. Fuerza Motores RED – Grupo y Conmutable.
13. Fuerza Enchufes RED – Grupo.
14. Fuerza Enchufes y Alumbrado RED – Grupo.
15. Alumbrado RED – Grupo (2 tableros).
16. Transformador Reductor III – 800 KVA, 6300/220 V, Trifásico, 60 Hz.



Figura 3.13. Tableros de distribución.  
(Fuente: propia).

El generador no abastece a todo el hospital, en caso de un corte, este proporcionaría energía eléctrica a las áreas más críticas como UCI (Unidad de Cuidados Intensivos), quirófanos, emergencias y ciertos grupos de enchufes donde se necesita abastecimiento eléctrico constante para el funcionamiento de equipos críticos.

La energía eléctrica es una de las fuentes fundamentales para el funcionamiento de un hospital, los sistemas que utilizan la misma son:

- Sistema Eléctrico
- Sistema de Vacío
- Sistema de Gases medicinales
- Sistema de agua potable
- Otros como HVAC, Equipos auxiliares sistema de vapor, agua caliente y agua potable.

La Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR, a través de su normativa ITC -BT- 28 (NORMA ESPAÑOLA PARA INSTALACIONES EN LOCALES DE PÚBLICA CONCURRENCIA) determina los Hospitales como lugares de reunión, trabajo y usos sanitarios; dentro de su campo de aplicación, y la norma UNE 20460-3 también lo hace, esta norma establece que los centros hospitalarios deberán contar con al menos dos tipos de suministro eléctrico en su literal 2.3, las fuentes para servicios complementarios o de seguridad deben estar instaladas en lugar fijo y de forma que no puedan ser afectadas por el fallo de la fuente normal.

El sistema Eléctrico parte de la fuente de principal de suministro que viene en Medio Voltaje en el caso del HBO 6300 [V] como voltaje primario en sus transformadores y en el secundario de los mismos 210 [V], de los transformadores se alimenta a un tablero principal de bajo voltaje que necesariamente tiene que tener la transferencia automática al segundo suministro o suministro alternativo para luego de allí alimentar a los diferentes sistemas y tableros de conexión eléctrica de los diferentes pisos del HBO. En estos tableros puede haber alimentaciones a subtableros y de allí se va a los circuitos eléctricos, estos son los que finalmente alimentan las diferentes cargas ya sea de los sistemas que usan energía eléctrica o a los USEn eléctricos.

Es necesario decir que se han realizado también una auditoría energética del Sistema Eléctrico de Iluminación del HBO.

### **Fuente Principal de Energía Eléctrica**

Es aquel que se efectúa a través de una empresa proveedora del servicio de energía eléctrica en este caso al estar ubicado el Hospital en la ciudad de Quito es la Empresa Eléctrica Quito a través del alimentador 32 C de la subestación 10 nueva.

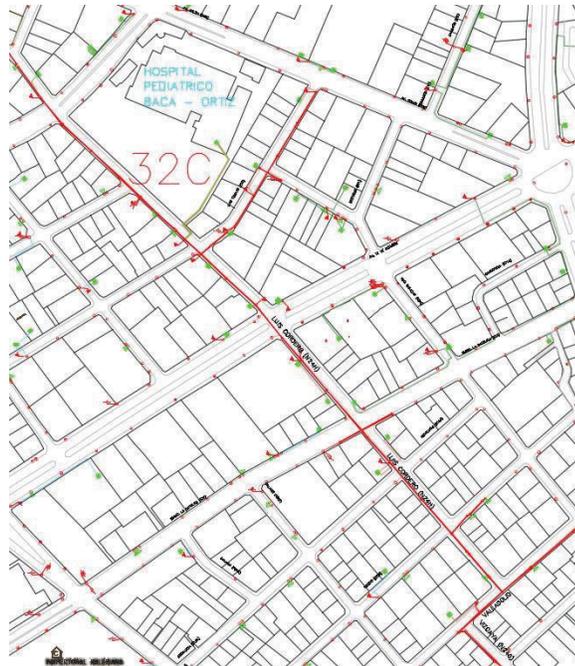


Figura 3.14. Alimentador 32 C de la Subestación 10 Nueva EEQ.  
(Fuente: EEQ, GIS, 2015).

La Subestación dispone de un transformador de 15/20 MVA, a un voltaje de 46/6.3 KV, de 1978, y cuatro primarios, los mismos que son cortos, la subestación esta fuera del baricentro de su carga eléctrica, esto significa que no está en el centro de carga de sus alimentadores.

El alimentador 32 C tiene un recorrido aéreo en su totalidad, suministra energía a los barrios de la Floresta y la Mariscal, parte de la subestación por la calle Hernando Dávila, pasando por la Av. Ladrón de Guevara, sigue su recorrido a través del redondel de la Floresta y tomar la Av. La Coruña hasta llegar a la calle Vizcaya, sigue por la Valladolid y finalmente tomar la calle Luis Cordero que a la altura de la intersección de la Luis Tamaño se ha realizado una acometida de medio voltaje subterránea que alimenta a los transformadores del Hospital Baca Ortiz HBO, de numeración 17279C – 17377C -17212C de 800 [kVA] los dos primeros y el tercero de 315 [kVA] de relación de voltaje 6000/210 [V].

La mayoría de usuarios de este alimentador según la clasificación de la EEQ es residencial y comercial tipo A, que es el de mayor consumo de energía eléctrica en el área de concesión de la EEQ.

### **Fuentes Secundarias de Energía Eléctrica del HBO**

Estas fuentes son aquellas que pueden asumir la carga eléctrica de por lo menos las zonas críticas de servicios hospitalarios y en el caso del HBO tiene las siguientes fuentes alternativas.

- La Empresa Eléctrica Quito dispone de interconexiones con otros alimentadores de la misma subestación y uno con otro alimentador de la subestación La Floresta.
  - a. La primera interconexión se encuentra en la calle Juan León Mera (Norte) y Cordero con el primario 32 B de la subestación Vicentina.
  - b. La segunda interconexión está en la calle Juan León Mera (Sur) y Cordero con el primario 32 E de la subestación Vicentina.
  - c. Una tercera interconexión se la puede realizar en la calle Wilson (Oeste) y Almagro, interconectándose con el primario 12 A de la subestación La Floresta.
  - d. Una cuarta interconexión ubicada en la calle Salazar (Este) y Tamayo, interconectándose con el primario 32 B de la subestación Vicentina.
- El Hospital dispone de un generador de 545 [kW] que como ya se dijo en el capítulo uno no satisface la demanda total, pero si abastece las cargas críticas. Este es en realidad la segunda alternativa en caso de corte del fluido eléctrico. La Empresa de motores a combustión interna WEG determina una pérdida de potencia en alrededor del 4.5% cada 500m.s.n.m. por la disminución de densidad de oxígeno en el aire. Por este motivo el Generador del HBO tiene una capacidad real de alrededor de un 27% menos a la altura de Quito que se traduce en una potencia activa efectiva de 365 [kW].
- En quirófanos se tiene un UPS de alrededor de 100 [kVA] que para ese ambiente es el adecuado para sus cargas críticas este se convierte en la tercera alternativa del HBO.

### **Usos Significativos USEn en Hospitales.**

Uno de los pasos que debió darse fue la actualización de los planos eléctricos constantes en el Anexo I, ya que el Hospital contaba con originales en papel impreso que databan de 1980, en un proceso muy largo, que tomo más de tres meses, se levantó y se realizaron los planos en digital, que deben contener errores pero que son una aproximación bastante buena de las instalaciones eléctricas del Hospital.

En algunos casos se debió realizar la actualización inclusive de la planta arquitectónica porque con el pasar de los años, el Hospital ha sufrido remodelaciones que no han sido registradas digitalmente excepto por la realizada en la Unidad de Cuidados Intensivos UCI.

Luego con los planos eléctricos a disposición, se empezó con una segunda campaña la cual consistió en verificar tablero por tablero y circuito por circuito de acuerdo con el diagrama unifilar el levantamiento de la carga eléctrica instalada del Hospital, una vez realizado todo este proceso se procedió a la clasificación de los elementos de consumo eléctrico en las siguientes categorías o Usos Significativos de Energía USEn que se los ha dividido en Iluminación, refrigeración, Fuerza Motriz; Calor y producción de vapor; Calefacción – Extracción, ventilación y Aire acondicionado que conforman el HVAC, calentamiento de agua, Cocción y preparación de alimentos, Equipo de Electromedicina, Equipo de oficina Electrónico, y Otros que se dividen en equipo eléctricos y otras instalaciones eléctricas que no estén contempladas en las anteriores como muestra el siguiente gráfico.

En general en todo Hospital estos son los usos significativos asociados con los energéticos primarios que se dividen en dos componentes que son los energéticos térmicos y los eléctricos o que usan electricidad. En este último caso probablemente en las horas picos la electricidad que se suministra también podría venir de fuentes térmicas este es un dato que ya a nivel de país y local por parte de la empresa eléctrica del área de concesión deberá determinarse.

En todo caso debe aclararse que actualmente están entrando en operación centrales eléctricas hidráulicas que de acuerdo con versiones oficiales deberán abastecer un 90 % del consumo dejando un 2 % a otras energías de tipo renovable y el 8 % a centrales térmicas o que utilizan combustibles fósiles.

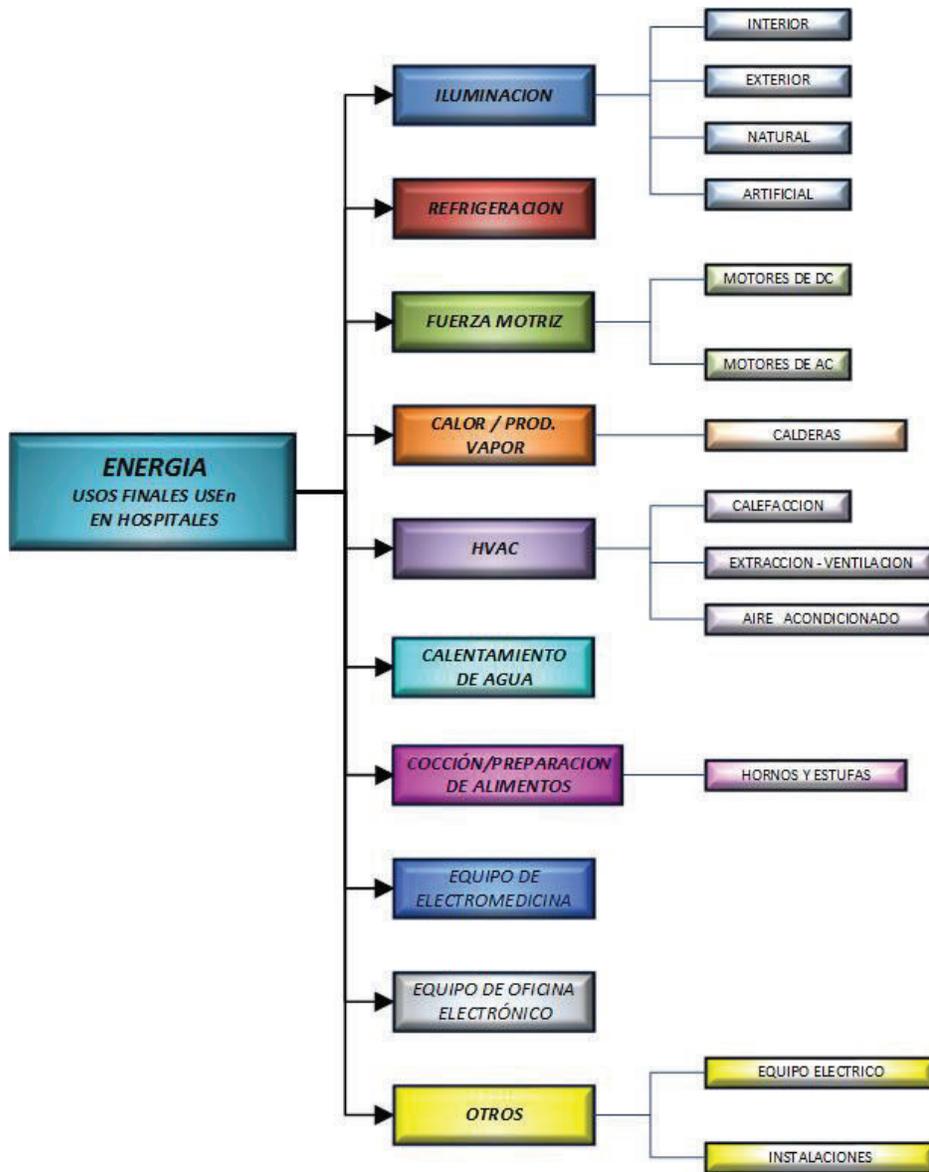


Figura 3.15. Usos Significativos de Energía en Hospitales.  
(Fuente: propia).

Las tablas por piso de la carga levantada se encuentran en el Anexo G, allí se puede ver los cálculos para determinar la potencia útil eléctrica, en este caso la Potencia Activa P cuya unidad es [kW]. Las tablas de Iluminación se las ha dejado solas porque también los tableros de todo el hospital están divididos en tableros de iluminación y fuerza.

## **Planos Eléctricos del HBO**

Los planos eléctricos compuestos por iluminación, fuerza y diagramas unifilares se adjuntan en archivo magnético que serán entregados al HBO.

Dado el tamaño y la cantidad de tableros y sub tableros, es necesario una medición de parámetros eléctricos por tablero para determinar la curva de carga sobre la base de la carga instalada que pueda ajustarse a la curva de carga del HBO. Esta es una tarea pendiente que deberá realizar el Hospital cuando implante el SGEN, como dato podemos decir que existen 50 tableros de iluminación y de 48 de Fuerza además de un tablero principal que controla todos los tableros antes mencionados que se puede ver en la figura 3.4, 3.5 y 3.6

## **Sistema Eléctrico de Iluminación**

Se realizó el levantamiento de los planos eléctricos de iluminación y se ha tabulado la cantidad de luminarias del HBO del levantamiento por piso. Además, se determinó que uno de los USEn de electricidad más representativa es la iluminación con un 17.12% y una carga instalada de 211.94 [kW] en su mayoría son lámparas de tipo fluorescente que son cargas eléctricas de tipo no lineal y que generan distorsión armónica lo cual también deberá ser verificado en un próximo estudio dentro del SGEN.

## **Sistema Eléctrico de Fuerza**

En general se puede decir que hay tres transformadores ya descritos anteriormente, y un tablero de distribución principal del cual se derivan todos los demás tableros y sub tableros que se detallan en los Anexos del USEn y además se encuentran en los Anexos digitales de los Planos Eléctricos que es imposible anexarlos al presente estudio porque ocuparían mucho espacio en este estudio. Se presenta el Diagrama Unifilar del Tablero de Distribución General que tiene a los tres transformadores conectados en paralelo estableciéndose una sola barra para alimentación del HBO.

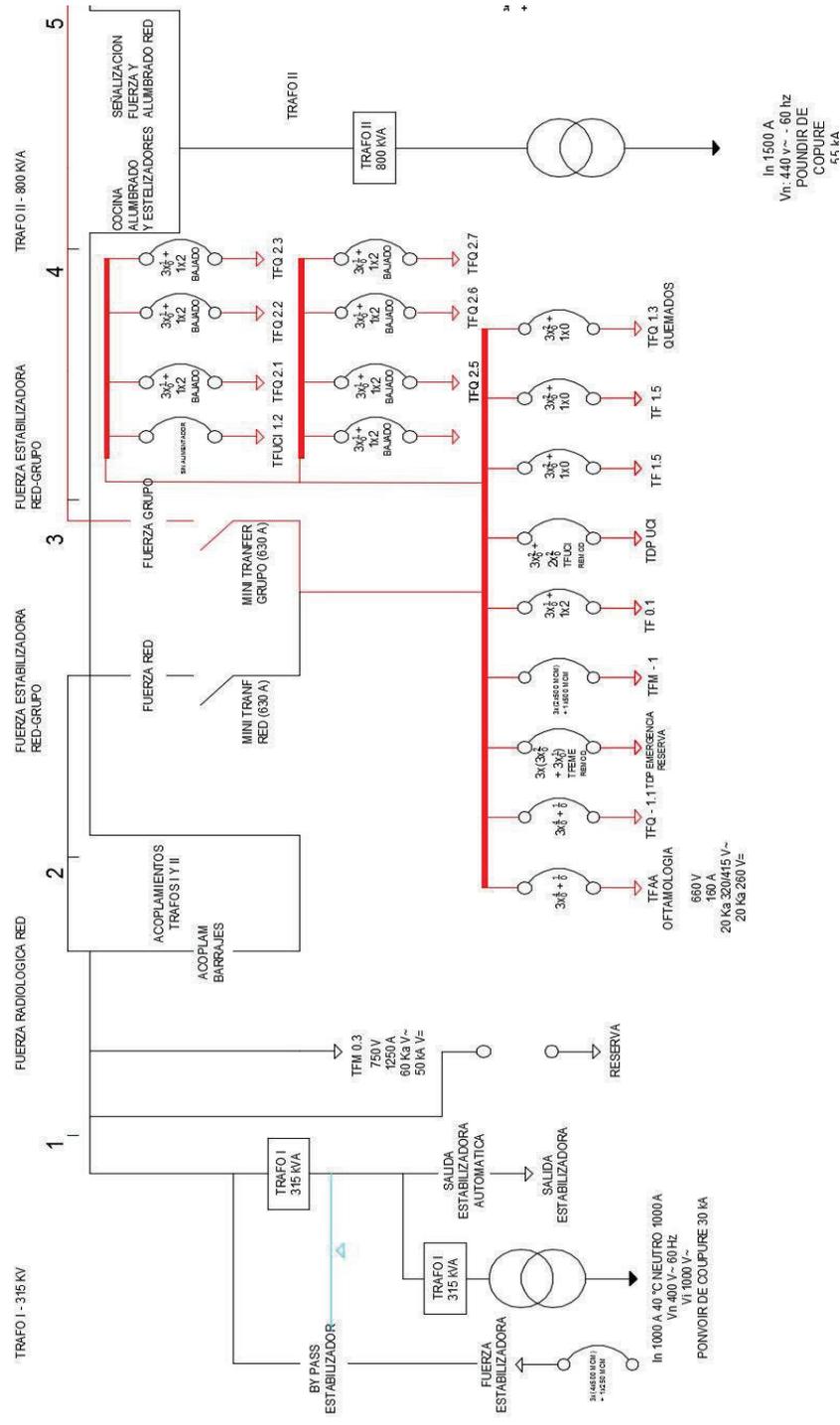


Figura 3.16. Diagrama Unifilar Eléctrico Normal del Hospital Pediátrico Baca Ortiz (Continua).  
 (Fuente: Propia)

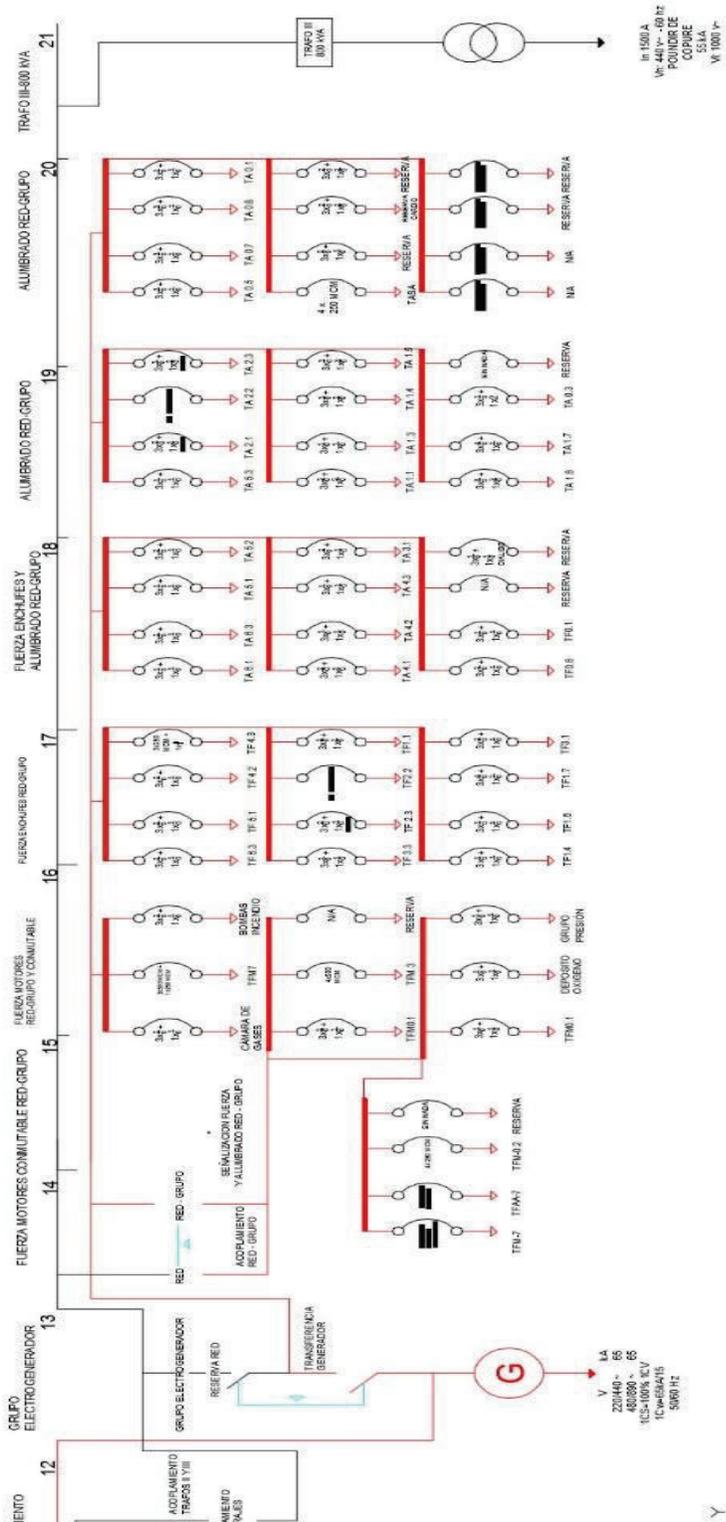


Figura 3.17. Diagrama Unifilar Eléctrico Normal del Hospital Pediátrico Baca Ortiz (Continuación).  
(Fuente: Propia)

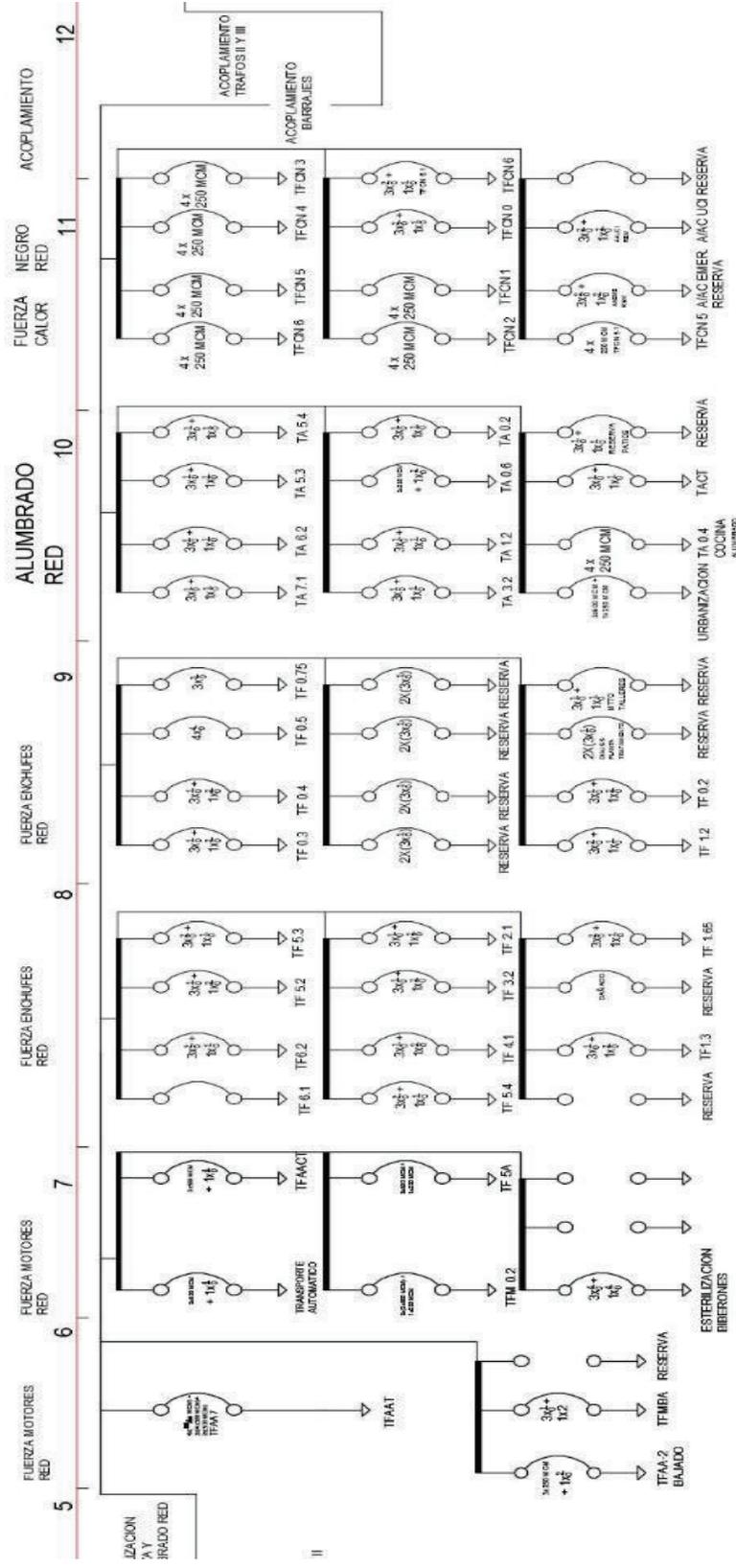


Figura 3.18. Diagrama Unifilar Eléctrico de Emergencia del Hospital Pediátrico Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).

En general se ha analizado principalmente los sistemas que usan energía eléctrica ya descritos en el numeral 3.5.

Debe establecerse que de los Usos Significativos Energéticos de la energía eléctrica los más representativos de Fuerza de tipo lineal son los motores en su mayoría de inducción y que tienen como carga instalada un 19.91 % y una carga instalada de 246.58 [kW].

En los que son cargas de tipo no lineal y que resultan en posibles generadores de distorsión armónica están los equipos de electromedicina con un 25.75 % y una carga instalada de 318.89 [kW] y el equipo de oficina electrónico con un 13.85 % y una carga instalada de 171.51 [kW] y el sistema de HVAC que tiene como carga instalada 13.94 % y potencia instalada 172.64 [kW], nuevamente debemos establecer que un estudio de calidad de energía es necesario para establecer si los parámetros están dentro de la normativa CONELEC 004/01.

### 3.3.1.1. Datos de consumo Eléctrico

Tabla 3.13. Resumen Planilla de Consumo Eléctrico HBO año 2015.

CONSUMO ELÉCTRICO 2015 (kWh)												
DIAS FACTURADOS	MES	FECHA	ENERGÍA ACTIVA [kWh] (07h-22h) (L-D)	ENERGÍA ACTIVA [kWh] (22h-07h) (L-D)	ENERGÍA ACTIVA (kWh) [0h-24h] (L-D)	ENERGÍA REACTIVA [kVarh] (00h-24h) (L-D)	FACTOR POTENCIA	PENALIZACIÓN	FACTOR CORRECCIÓN	VALOR CONSUMO	DEMANDA	
31	DICIEMBRE	01/12/2014-01/01/2015	121981	47928	169909	29790	0.98	0	0.78	\$ 10,055.08	\$ 755.06	
31	ENERO	01/01/2015-01/02/2015	122325	49006	171331	31366	0.98	0	0.75	\$ 10,132.46	\$ 752.39	
28	FEBRERO	01/02/2015-01/03/2015	110395	44769	155164	27652	0.98	0	0.73	\$ 9,172.48	\$ 718.51	
31	MARZO	01/03/2015-01/04/2015	123050	49678	172728	30530	0.98	0	0.73	\$ 10,212.36	\$ 728.38	
30	ABRIL	01/04/2015-01/05/2015	119458	48458	167916	31409	0.98	0	0.76	\$ 9,926.22	\$ 754.20	
31	MAYO	01/05/2015-01/06/2015	119696	47823	167519	28828	0.99	0	0.73	\$ 9,907.95	\$ 740.22	
30	JUNIO	01/06/2015-01/07/2015	119299	47289	166588	28361	0.99	0	0.75	\$ 9,855.57	\$ 744.28	
31	JULIO	01/07/2015-01/08/2015	124101	49261	173362	27419	0.99	0	0.79	\$ 10,255.83	\$ 764.75	
31	AGOSTO	01/08/2015-01/09/2015	122203	51334	173537	26040	0.99	0	0.76	\$ 10,245.96	\$ 731.59	
30	SEPTIEMBRE	01/09/2015-01/10/2015	121160	49968	171128	27369	0.99	0	0.79	\$ 10,110.26	\$ 777.56	
31	OCTUBRE	01/10/2015-01/11/2015	129165	53051	182216	31658	0.99	0	0.76	\$ 10,766.88	\$ 780.92	
30	NOVIEMBRE	01/11/2015-01/12/2015	123054	50910	173964	29496	0.99	0	0.76	\$ 10,276.67	\$ 789.14	
TOTAL =			1455887	589475	2045362	349918	0.99	0	0.7575	\$ 120,917.72	\$ 9,037.00	
										COST. ELEC. \$	129,954.72	
										<b>COSTO [kWh] \$</b>	<b>0.06</b>	

(Fuente: Dep. Mantenimiento, Hospital Baca Ortiz, 2017).

Tabla 3.14. Resumen Planilla de Consumo Eléctrico HBO año 2016.

CONSUMO ELÉCTRICO 2016 (kWh)												
DÍAS FACTURADOS	MES	FECHA	ENERGÍA ACTIVA [kWh] (07h-22h) (L-D)	ENERGÍA ACTIVA [kWh] (22h-07h) (L-D)	ENERGÍA ACTIVA (kWh) [0h-24h] (L-D)	ENERGÍA REACTIVA [kVarh] (00h-24h) (L-D)	FACTOR POTENCIA	PENALIZACIÓN	FACTOR CORRECCIÓN	VALOR CONSUMO TOTAL	DEMANDA	
31	DICIEMBRE	01/12/2015-01/01/2016	124719	50498	175217	29958	0.99	0	0.60	\$ 10,358.48	\$ 754.42	
31	ENERO	01/01/2016-01/02/2016	121821	49516	171337	32014	0.98	0	0.73	\$ 10,127.73	\$ 714.56	
29	FEBRERO	01/02/2016-01/03/2016	117466	47747	165213	29825	0.98	0	0.76	\$ 9,765.73	\$ 758.31	
31	MARZO	01/03/2016-01/04/2016	130021	51290	181311	35358	0.98	0	0.73	\$ 10,728.38	\$ 761.93	
30	ABRIL	01/04/2016-01/05/2016	124754	49926	174680	37071	0.98	0	0.80	\$ 10,330.90	\$ 811.20	
31	MAYO	01/05/2016-01/06/2016	126776	51116	177892	34658	0.98	0	0.76	\$ 10,518.25	\$ 780.92	
30	JUNIO	01/06/2016-01/07/2016	120349	47906	168255	29943	0.98	0	0.80	\$ 9,952.75	\$ 798.22	
31	JULIO	01/07/2016-01/08/2016	125026	50110	175136	31204	0.99	0	0.77	\$ 10,357.33	\$ 772.45	
31	AGOSTO	01/08/2016-01/09/2016	124512	49942	174454	32574	0.98	0	0.72	\$ 10,316.72	\$ 755.39	
30	SEPTIEMBRE	01/09/2016- 01/10/2016	120231	47315	167546	29053	0.99	0	0.75	\$ 9,914.70	\$ 734.14	
34	OCTUBRE	01/10/2016- 04/11/2016	123102	48921	172023	32292	0.98	0	0.79	\$ 10,176.21	\$ 777.56	
27	NOVIEMBRE	01/11/2016- 01/12/2016	93405	27214	120619	47319	0.98	0	0.78	\$ 9,938.97	\$ 782.48	
TOTAL =			1452182	571501	2023683	401269	0.98	0	0.75	\$ 122,486.15	\$ 9,201.58	
										COSTO ELEC. \$	131,687.73	
										COSTO [kWh] \$	0.06	

(Fuente: Dep. Mantenimiento, Hospital Baca Ortiz, 2017).

### 3.3.2. Sistema térmico Diésel (generación de vapor)

El hospital cuenta con tres calderas de 250BHP, dos de la marca FULTON y una de marca SADECA, esta última se encuentra actualmente fuera de servicio, las dos calderas restantes trabajan alternadamente cada semana y poseen similares características. Según el reporte del personal de mantenimiento el equipo tiene un horario de trabajo desde las 5:30 am, hasta las 8 pm, con un total de 14.5 horas diarias de trabajo.

Tabla 3.15. Calderos Fulton 250BHP.

Características	Fotografía
Caldero marca: Fulton	
Cantidad: 2 unidades	
Año de fabricación: 2001	
Tipo: piro-tubular	
Modelo: FBS-250	
Producción: 6610 Lbs-steam/Hr	
Presiones de diseño: 250psi	
Potencia: 250 BHP	
Quemador Marca: Industrial Combustion	
Modelo: DL150P	
Consumo gas: 10500 Mbtu/hr	
Potencia motor blower: 10HP	
Combustible: Diesel Industrial #2	
Consumo combustible: 75GPH	
Amperaje: 19,6A	
Voltaje: 220V (trifásico)	
Régimen de operación: 5:30AM-8:00PM	

(Fuente: propia).

Las dimensiones de los calderos se especifican:

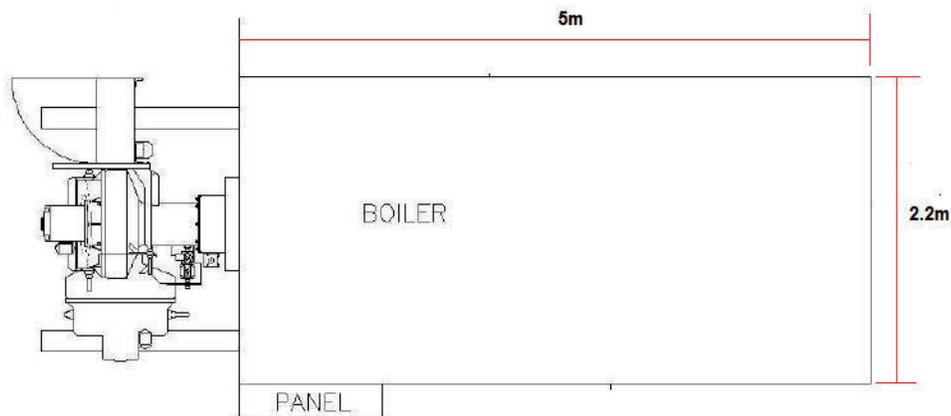


Figura 3.19. Medidas del caldero Fulton.  
(Fuente: propia).

El sistema de generación de vapor dispone de un tanque de almacenamiento de condensado de 1.5 m<sup>3</sup>, aproximadamente, este recoge todo el condensado de los servicios de vapor, adicional en este se realiza el ablandamiento de agua y dosificación de químicos mediante una bomba. También después del tanque se dispone de dos bombas de alta presión de marca AURORA, para abastecimiento de agua al caldero a 150psi.

Tabla 3.16. Bombas Aurora.

Características	Fotografía
Marca: AURORA Cantidad: 2 unidades Modelo: F6T S 116A BF Serie: 09-1802392-50 Motor eléctrico marca: SIEMENS Potencia 10Hp Modelo: 09-1902382-5 Amperaje: 116 [A] Voltaje: 220V (trifásico)	

(Fuente: propia).

El vapor procede desde de las calderas con una tubería de 4" y llega un distribuidor de 6" interconectado para 7 servicios principales:

1. Calentamiento de Piscina.
2. Cocina (para dos marmitas)
3. Esterilización.
4. Equipo de esterilización y lavado con vapor de telas (Matachana)
5. Agua caliente sanitaria ( duchas y fregaderos).
6. Lavandería (vapor y calentamiento de agua)
7. Calandra (planchado)



Figura 3.20. Distribuidor de vapor.  
(Fuente: propia).

El sistema de generación de vapor cuenta con un tanque de almacenamiento de DIESEL de 1200 GAL, que es alimentado por medio de una bomba que succiona desde una cisterna aledaña de 2642 GAL aproximadamente, en esta es donde se realiza el descargo de los camiones tanqueros.

Complementario a este sistema se encuentra el sistema de acumulación de agua caliente sanitario el cual cuenta principalmente de dos tanques acumuladores de 925 GAL con aislamiento térmico de 5 cm aproximadamente de lana de vidrio, con presión de trabajo de 4 bares. El vapor ingresa al tanque a más de 100 °C a través de un intercambiador de calor interno donde la energía es cedida al volumen de agua, el agua se encuentra a una temperatura promedio de 50 °C. Adicional el sistema de agua caliente cuenta con dos bombas de recirculación de agua caliente, que son accionadas manualmente durante el transcurso del día para dotar de agua caliente a toda la línea. El sistema abastece a un total de 308 puntos de consumo de agua caliente entre duchas y fregaderos.

Tabla 3.17. Tanques acumuladores de agua caliente y bombas de recirculación.

Características	Fotografía
Tanque acumulador marca: Sedeca, 3m <sup>3</sup> Temp. Trabajo: 50°C temperatura Presión trabajo: 4 BAR Presión prueba: 19.5 Kg/cm <sup>2</sup> Bomba recirculación marca: Goulds Modelo: NPE Potencia: 1.5Hp Voltaje: 220–230V Velocidad: 2850 RPM	

(Fuente: propia).

Lamentablemente el hospital no dispone de equipos instalados para la contabilización del caudal y consumo de vapor en los siguientes servicios, sin embargo, según el Anexo F- tabla 2, se puede establecer un caudal de diseño que da una referencia del flujo de vapor que se puede presentar en las líneas según los servicios son:

Tabla 3.18. Caudal de diseño para redes de tubería de vapor.

#	Servicios de vapor (desde el distribuidor)	Diámetro de tubería servicio [plg]	Presión de servicio [kg/cm <sup>2</sup> ]	Caudal Nominal [kg-vapor/h]
1	Agua caliente para lavandería	1-1/4	10	1032
2	Vapor para cocina	1-1/2	1.5	144
3	Agua caliente para servicios	1-1/4	10	1032
4	Lavandería	1-1/2	5	504
5	Central de esterilización.	1-1/4	3	234
6	Esterilización colchones	1-1/4	3	234
7	Calandra	2-1/2	10	2700
8	Piscina.	1-1/2	8.5	900
TOTAL =				6780

(Fuente: Propia).

Debemos considerar que la capacidad nominal de producción de vapor del caldero es 6610 lb/h o 3004.5 kg/h, y que la demanda total llega 6780 kg/h, por lo tanto, se estima que el diseño de la red de tuberías de vapor fue considerando un factor de simultaneidad k.

$$k = \frac{3004.5}{6780} = 0.45$$

Es decir que el sistema está dimensionado para abastecer al 44% en un determinado momento, esto es real debido a que la mayoría de servicios no son usos constantes, es decir que el vapor se suministra según las necesidades.

### Equipos auxiliares sistema térmico diésel

Al considerar otros sistemas se puede incluir a equipos que son complementarios a los sistemas anteriormente mencionados, que su consumo u operación no es representativo frente al valor y servicio energético del sistema, es el caso del sistema térmico. En este se contempla.

- Quemador caldero (ventilador), con motor de 3Hp, el factor de servicio es del 40% aproximadamente en 14.5 horas de servicio del caldero.
- Bomba de alimentación de condensado 10Hp, cuyo factor de servicio es aproximadamente 10% de las 14.5 horas de servicio del caldero.
- Bombas de recirculación de 1.5Hp (2 unidades) para recirculación de agua caliente para lavandería y servicios, el factor de servicio es del 50% de las 24 horas de servicio del caldero.

El consumo total aproximado de estos equipos es de 42112 kWh/año, este valor es considerable al tomar el conjunto de equipos mencionados, representa un costo aproximado de 3368.83\$/año. Una de las principales barreras al determinar el factor de servicio es medir el tiempo exacto de encendido de los equipos, **el factor 0.45** fue determinado en base a observaciones durante el periodo de adquisición de datos y mediciones del Anexo C. junto con la información provista por el personal de mantenimiento.

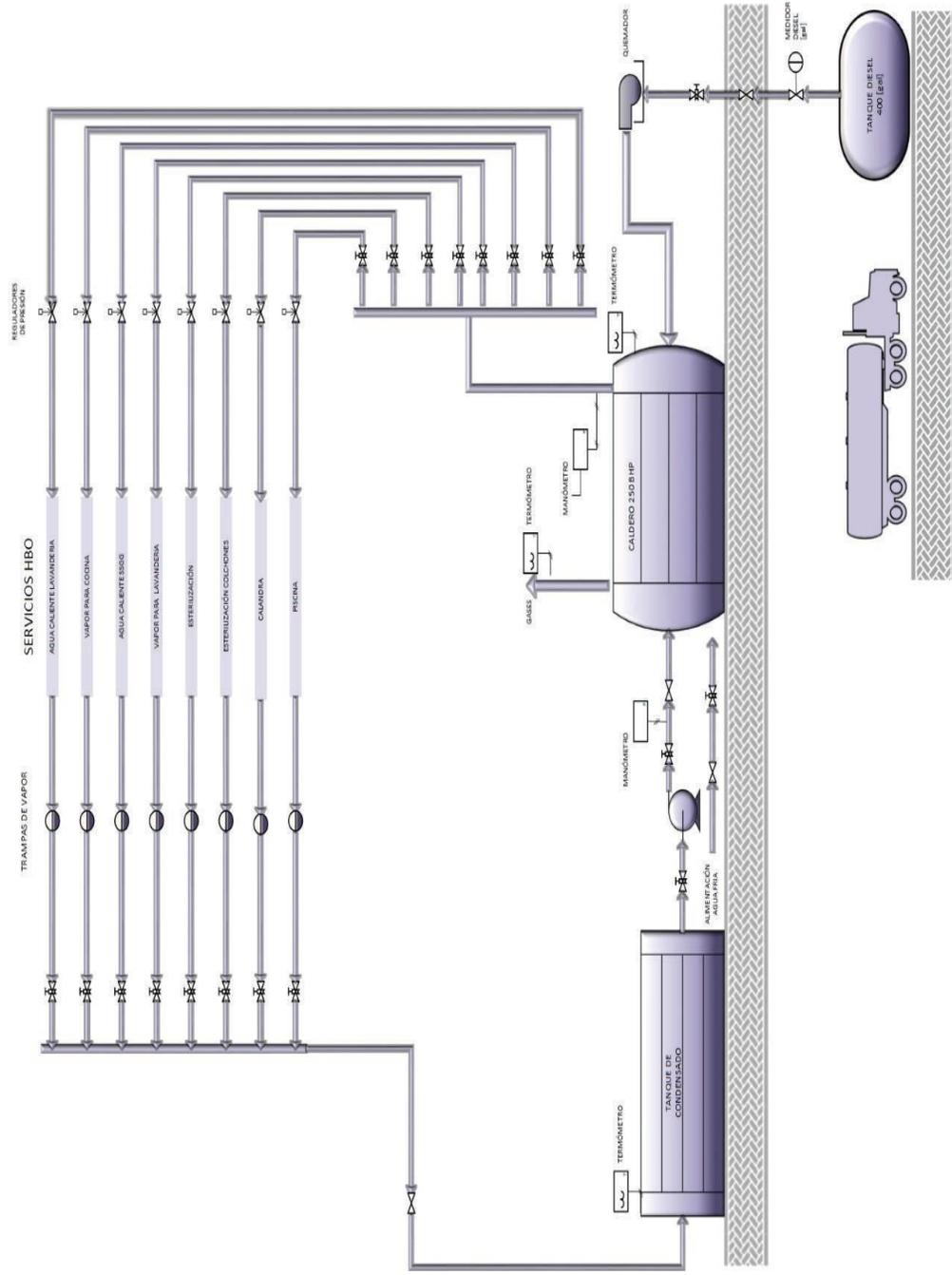


Figura 3.21. Diagrama de flujo del sistema de vapor.  
(Fuente: propia).

### 3.3.2.1. Datos de consumo del Sistema Térmico Diésel y auxiliares

De los registros del hospital se determina los consumos de diésel mensual y anual para la generación de vapor. En la siguiente tabla se refleja el consumo de diésel en galones y el equivalente energético en kWh, se consideró un poder calórico del Diésel # 2 de 26382 kJ/kg o a su vez 7.34 kWh/kg (Hoja de Seguridad MSDS, Diésel 2, Anexo F), y densidad de 857kg/m<sup>3</sup>.

Tabla 3.19. Resumen Planilla de Consumo de Diésel HBO años 2015 – 2016.

<b>CONSUMO DIESEL EN [GAL] y [kWh]</b>				
<b>MES</b>	<b>CONSUMO [GAL] 2015</b>	<b>CONSUMO [kWh] 2015</b>	<b>CONSUMO [GAL] 2016</b>	<b>CONSUMO [kWh] 2016</b>
ENERO	6765	160935	9349.7	222434
FEBRERO	7159	170318	7667.8	182420
MARZO	7171	170601	9956.9	236879
ABRIL	8665	206151	8692.6	206801
MAYO	6680	158916	6847.8	162912
JUNIO	8860	210788	8363.1	198962
JULIO	7277	173126	6982.7	166122
AGOSTO	7270	172952	8476.7	201665
SEPTIEMBRE	7793	185399	7027.4	167185
OCTUBRE	9605	228515	7362	175145
NOVIEMBRE	7709	183401	7000	166533
DICIEMBRE	7566	179996	7500	178428
<b>TOTALANUAL =</b>	<b>92520</b>	<b>2201098</b>	<b>95226.7</b>	<b>2265487</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>7710</b>	<b>183425</b>	<b>7936</b>	<b>188791</b>
<b>PROMEDIO 2015 - 2016</b>	<b>7823</b>	<b>CONSUMO [GAL]</b>	<b>186108</b>	<b>CONSUMO [kWh]</b>

(Fuente: Dep. Mantenimiento, Hospital Baca Ortiz, 2017).

Tabla 3.20. Consumo equipos auxiliares del sistema térmico Diésel HBO de años 2015 – 2016.

<b>Equipos auxiliares Eléctricos del Caldero</b>	<b>Potencia [kW]</b>	<b>Horas de servicio</b>	<b>Factor de operación</b>	<b>kWh/día</b>	<b>kWh/mes</b>	<b>kWh/año</b>
<b>Quemador</b>	10	14.5	40%	43.3	1341	16096
<b>Bomba alimentación condensado Sis,</b>	10	14.5	15%	16	503	6035.9
<b>Bomba de recirculación (x2)</b>	3	24	100%	54	1665	19981
<b>TOTAL =</b>				<b>113</b>	<b>3509</b>	<b>42112</b>

(Fuente: Dep. Mantenimiento, Hospital Baca Ortiz, 2017).

### 3.3.3. Sistema de abastecimiento de GLP

El sistema centralizado de abastecimiento y distribución de gas fue instalado en el año 2014 y es utilizado para cocción de alimentos en el área de cocinas y sirve como combustible para tres cocinas con tres quemadores cada una, se estima que cada quemador puede entregar de 5.5 kW de potencia, por lo tanto, la potencia instalada es de 82.5 kW, el consumo en cocinas se estima que es el 90% según el departamento de mantenimiento. El gas también es usado en el área de calderos para mantener la llama piloto de los quemadores, cuyo consumo nominal es de 10500 Mbtu/hr (3079.17 kWh/hr), o 244.4 kg/hr. Finalmente, el GLP es utilizado en el laboratorio para mecheros y una pequeña concina, este último según criterio del personal de mantenimiento refleja un consumo aproximado del 2%.

El gas es almacenado en un tanque de 4 m<sup>3</sup>, la presión del sistema varía entre 2 y 1.5 bares, siendo esta última el parámetro de referencia para realizar una nueva recarga a la bombona de gas. Los periodos de recarga aproximadamente son cada 15 días, pero el personal de mantenimiento recopila valores de consumo diariamente.

El sistema está construido principalmente bajo la normativa CPE-INEN-NEC-SE-IG- 26-11, “Instalaciones de Gases Combustibles para Uso Residencial, Comercial e Industrial, Requisitos”, del año 2014, esta normativa también abarca a normas como las INEN 440 referente a colores de identificación de tuberías o la norma INEN 2490, referente a los requisitos para gasoductos y sistemas de distribución de gases combustibles, entre otras.



Figura 3.22. Tanque acumulador GLP.  
(Fuente: propia)

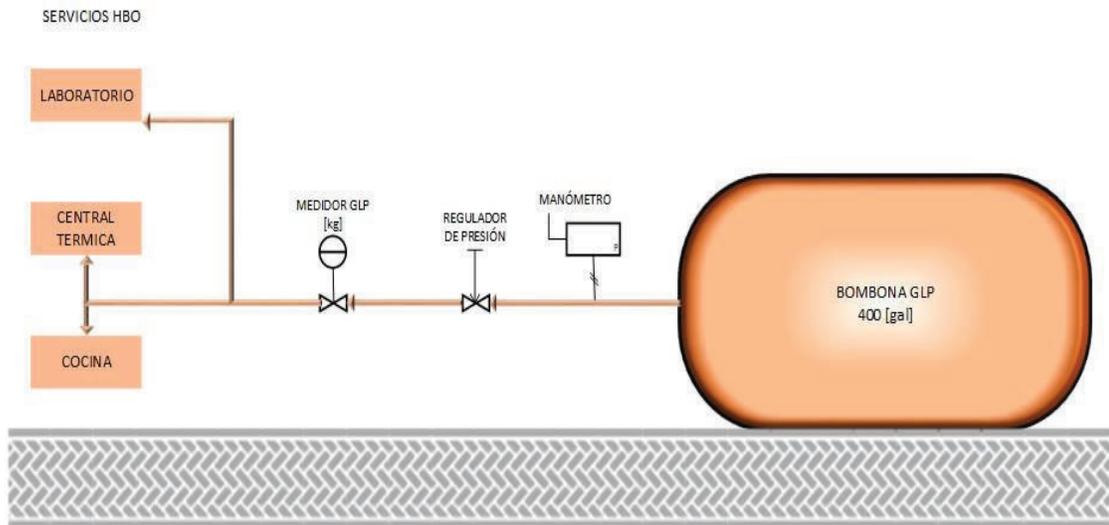


Figura 3.23. Diagrama de flujo, distribución del GLP.  
(Fuente: propia).

### 3.3.3.1. Datos de consumo de GLP

El hospital Baca Ortiz, únicamente dispone de planillas totalizadas de consumo de GLP, es decir que no se dispone del consumo exacto de GLP en los distintos usos finales. En la siguiente tabla se indica el consumo del hospital de GLP en kg y su respectiva equivalencia energética, se consideró el poder calórico del GLP 12.6kWh/kg. (hoja de seguridad Agip).

Tabla 3.21. Resumen Planilla de Consumo de GLP HBO años 2015 – 2016.

Mes	Consumo de GLP [kg] y [kWh]			
	Consumo [kg] 2015	Consumo [kWh] 2015	Consumo [kg] 2016	Consumo [kWh] 2016
ENERO	2731	34309	2631	33053
FEBRERO	2240	31043	2471	31043
MARZO	2800	38078	2731	34309
ABRIL	2460	33806	2631	33053
MAYO	2680	36570	1231	15465
JUNIO	2680	36570	591	7425
JULIO	2360	32550	561	7048
AGOSTO	2600	35565	1106	13894
SEPTIEMBRE	2540	34812	2411	30289
OCTUBRE	2700	36822	2581	32425
NOVIEMBRE	2450	33681	2534	31834
DICIEMBRE	2074	28957	2570	32286
TOTAL =	30315	412763	24049	302123

(Fuente: Dep. Mantenimiento, Hospital Baca Ortiz, 2017).

### 3.3.4. Sistema de abastecimiento de agua potable

El sistema de abastecimiento de agua potable es hidroneumático, consta de un grupo de presión formado por dos bombas operativas y dos tanques de presión de 8 m<sup>3</sup>, las bombas trabajan alternadamente bombeando un caudal aproximado de 910 litros/minuto. La presión del sistema está regulada por dos interruptores de presión que trabajan en un rango de entre 4 a 6 bares.

El agua es succionada por las bombas desde una cisterna de 70 m<sup>3</sup>, la cual es llenada manualmente cada 12 horas. Finalmente, el sistema dispone de un compresor auxiliar de pistón de 3kW que sirve para compensar pérdidas de presión en los tanques hidroneumáticos, este opera con un factor de servicio del 6%, es decir que de las 24 horas de operación del sistema este se enciende 1 hora con 25 minutos aproximadamente.

Tabla 3.22. Equipos sistema de abastecimiento de agua potable.

Características	Fotografía
Bombas marca: Goulds Medidas: 2 ½ X 3-8 Modelo 3656 Serie 7BF1P2B0 Potencia: 25HP Voltaje: 230/460 Amperios: 60/300 Velocidad: RPM 3500	
Tanques de presión: FAU 1528 Presión de trabajo recomendada: 10 Kg/cm <sup>2</sup> Presión de trabajo tanques: 4-6 [BAR] Diámetro: 1500 [mm] Longitud total: 3800 [mm] Espesor fondos: 12 [mm] Espesor virola: 11 [mm] Capacidad: 8 [m <sup>3</sup> ]	

(Fuente: propia).

Como sistema de agua residual, el hospital cuenta con una planta floculante de 121 m<sup>3</sup> para el tratamiento de aguas servidas. Los elementos energéticos que conforman el sistema de tratamiento son: dos bombas sumergibles tipo campana de 2 Hp de potencia

cada una, que bombean el agua desde la cisterna de recolección de aproximadamente 411 m<sup>3</sup>, hacia la planta, también consta de dos bombas de recirculación de 2Hp de potencia y dos blowers de 2 Hp de potencia.

Como se mencionó en la tabla 3.22, el sistema cuenta con dos bombas de 25hp y dos tanques hidroneumáticos junto con un compresor que permite compensar la presión del sistema. En el siguiente diagrama se representa los equipos y dirección de flujo del sistema.

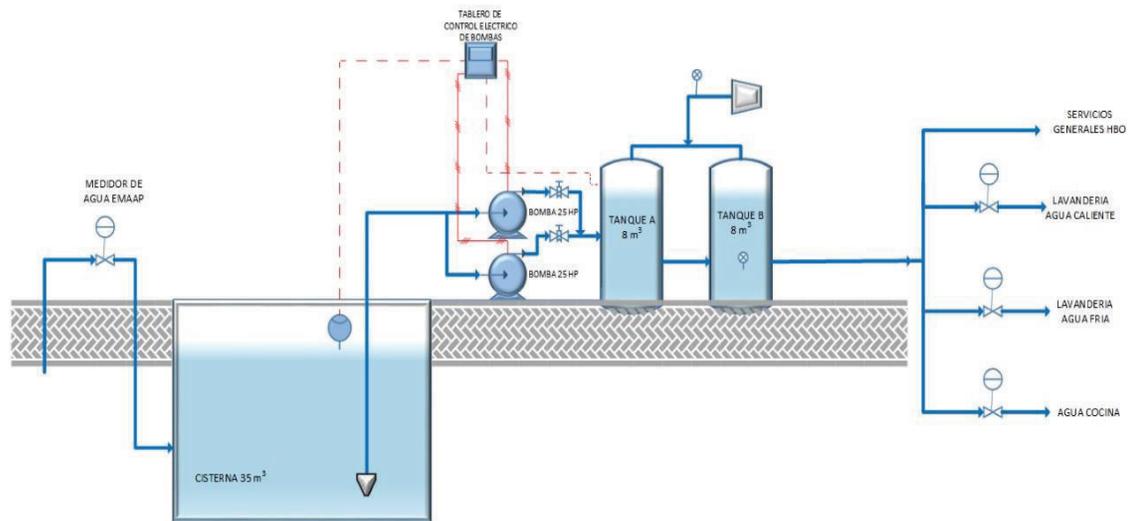


Figura 3.24. Diagrama de proceso del sistema de abastecimiento de agua potable.  
(Fuente: propia).

Como se observa en la figura anterior, el hospital dispone de un medidor de volumen de agua ubicado al ingreso de la cisterna principal, los valores de consumo o gasto fueron registrados en la base de datos que maneja el hospital. En la siguiente tabla se indica el consumo de agua en m<sup>3</sup> por mes, junto con su equivalente energético.

### 3.3.4.1. Datos del consumo de agua potable

Tabla 3.23. Resumen Planilla de Consumo de Agua HBO años 2015 – 2016.

CONSUMO DE AGUA (M <sup>3</sup> )				
Y				
CONSUMO ELECTRICO SISTEMA HIDRONEUMATICO (kWh)				
MES	CONSUMO 2015 (m <sup>3</sup> )	CONSUMO 2015 (kWh)	CONSUMO 2016 (m <sup>3</sup> )	CONSUMO 2016 (kWh)
ENERO	8565	2312.55	8422	2274
FEBRERO	7098	1916.46	8106	2189
MARZO	7391	1995.57	10637	2872
ABRIL	11173	3016.71	8094	2185
MAYO	8424	2274.48	7284	1967
JUNIO	9719	2624.13	8857	2391
JULIO	7794	2104.38	7571	2044
AGOSTO	7779	2100.33	9157	2472
SEPTIEMBRE	8044	2171.88	6425	1735
OCTUBRE	9950	2686.5	7079	1911
NOVIEMBRE	7935	2142.45	8001	2160
DICIEMBRE	9665	2609.55	9500	2565
<b>TOTALANUAL =</b>	<b>103537</b>	<b>27955</b>	<b>99133</b>	<b>26766</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>8628</b>	<b>2330</b>	<b>8261</b>	<b>2230</b>
<b>PROMEDIO 2015 - 2016</b>	<b>8445</b>	<b>CONSUMO [m<sup>3</sup>]</b>	<b>2280</b>	<b>CONSUMO [kWh]</b>

(Fuente: Dep. Mantenimiento, Hospital Baca Ortiz, 2017).

**Nota:** para la conversión del consumo de m<sup>3</sup> a kWh, se utilizó un factor de conversión de 0.27 kWh/m<sup>3</sup>, la estimación de este valor se desarrollará en la sección 3.5.1.3.

Tabla 3.24. Consumo del Sistema auxiliar Hidroneumático HBO años 2015 – 2016.

Equipos auxiliares Sistema Hidroneumático	Potencia [kW]	Horas de servicio	Factor de operación	kWh/día	kWh/mes	kWh/año
Compresor de pistón	3	24	6%	3	100	1199
TOTAL =				3	100	1199

(Fuente: Dep. Mantenimiento, Hospital Baca Ortiz, 2017).

### 3.3.5. Sistemas de vacío y gases medicinales

El hospital cuenta con un central de gases medicinales, las presiones de estos son regulados mediante válvulas reguladoras, de igual manera el oxígeno medicinal se regula de forma automática digital, entre los más frecuentes en utilización son:

- Oxígeno Industrial (Tubería Verde) 50-55psi
- Óxido Nitroso (Tubería Azul) 45psi
- Oxígeno Medicinal (Tubería Blanca) 50-55psi
- Aire Comprimido criogénico (Tubería Amarilla) 7bar
- Vacío (Tubería Blanca) 50-55psi.



Figura 3.25. Central de gases medicinales.  
(Fuente: Propia)

También se dispone de un sistema múltiple de dos bombas de vacío para el hospital, acoplados a un tanque acumulador de 200 galones. Las dos bombas de vacío son de marca Elmo Rietshle de 10Hp (7.5kW), que trabajan alternadamente y están a disponibilidad las 24 horas del día, el punto de operación es 19.4 inHgV y 100cfm, el sistema de vacío está disponible para gran parte del hospital principalmente a quirófanos y salas de recuperación.

Tabla 3.25. Características bombas de vacío.

Características	Fotografía
Bomba marca: Elmo Rietchle	
Cantidad: 2 unidades	
Modelo: Vc 303	
Potencias: 10Hp/cu-5.5kW/cu	
Vacío final parcial: 0.075 Torr	
Vacío último: 0.375 Torr	
Volumen tanque 200 Gal	
Presión de diseño tanque: 150 psi	
Presión de vacío 19,4inHg	

(Fuente: propia).

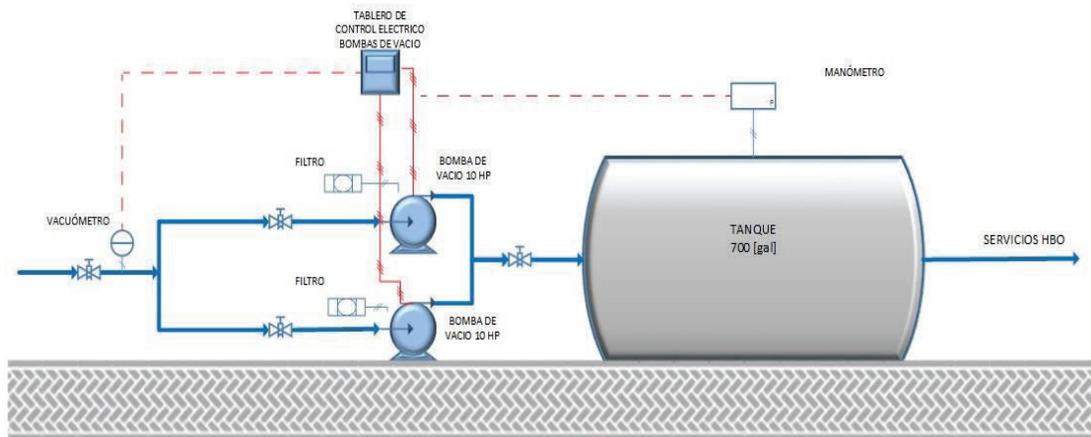


Figura 3.26. Diagrama de flujo del sistema de vacío.  
(Fuente: propia).

El aire respirable es abastecido mediante un sistema de compresores criogénicos que genera el aire respirable. Este equipo consta de tres compresores Atlas Copco de 3.7kW tipo Scroll, libres de aceite y tanque acumulador de 0.76 m<sup>3</sup> (200 GAL), que trabajan alternadamente durante 24 horas del día.

Tabla 3.26. Características sistema criogénico de abastecimiento de aire respirable.

Características	Fotografía
Compresor marca: Beacon Medes	
Cantidad: 3 unidades	
Modelo: 4107005453	
Serie: HOP450432	
Potencias compresores: 5Hp	
Presión nominal max: 8bar	
Caudal nominal: 6.8Lit/s	
Volumen tanque 200 Gal	
Horómetro/compresor: 3	

(Fuente: propia).

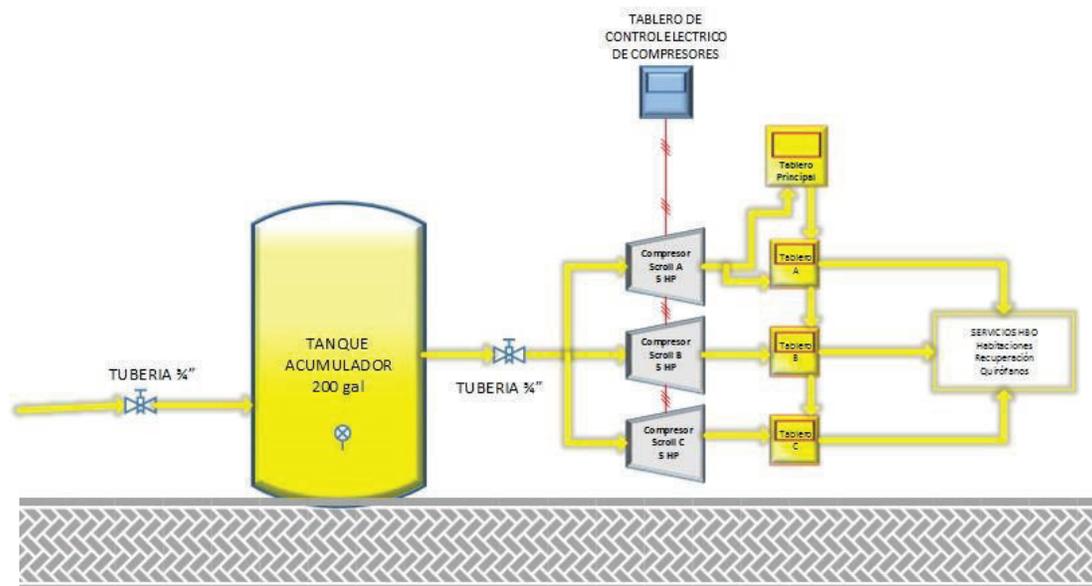


Figura 3.27. Diagrama de flujo del sistema de aire medicinal.  
(Fuente: propia).

### 3.3.5.1. Datos de consumo de las bombas del sistema de vacío

El hospital registra únicamente horas de trabajo de las dos bombas de vacío, para estimar rápidamente el consumo energético se multiplica las horas de consumo por las correspondientes potencias, que en este caso es 10 HP o 7.5 Kw por cada bomba.

Tabla 3.27. Consumo de la Bombas de Vacío 1, Sistema de Gases Medicinales años 2015 – 2016.

<b>Consumo energético bomba de vacío 1</b>				
<b>Mes</b>	<b>Horas/mes consumo año 2015</b>	<b>[kWh] 2015</b>	<b>Horas/mes consumo año 2016</b>	<b>[kWh] 2016</b>
ENERO	333	1829	339	1864
FEBRERO	305	1675	310	1706
MARZO	339	1862	356	1956
ABRIL	348	1913	345	1898
MAYO	352	1937	356	1959
JUNIO	344	1893	338	1860
JULIO	345	1898	362	1991
AGOSTO	360	1977	363	1995
SEPTIEMBRE	345	1898	335	1842
OCTUBRE	395	2174	362	1992
NOVIEMBRE	343	1885	359	1972
DICIEMBRE	338	1861	327	1798
<b>TOTAL =</b>	<b>4146</b>	<b>22801</b>	<b>4151</b>	<b>22832</b>

(Fuente: Dep. Mantenimiento, Hospital Baca Ortiz, 2017).

Tabla 3.28. Consumo de la Bombas de Vacío 2, Sistema de Gases Medicinales años 2015 – 2016.

<b>Consumo energético bomba de vacío 2</b>				
<b>Mes</b>	<b>Horas/mes consumo año 2015</b>	<b>[kWh] 2015</b>	<b>Horas/mes consumo año 2016</b>	<b>[kWh] 2016</b>
ENERO	334	1839	338	1860
FEBRERO	305	1676	311	1709
MARZO	340	1867	354	1949
ABRIL	306	1684	345	1896
MAYO	353	1942	357	1965
JUNIO	342	1882	337	1856
JULIO	346	1902	361	1987
AGOSTO	359	1973	363	1994
SEPTIEMBRE	347	1906	335	1843
OCTUBRE	319	1757	345	1899
NOVIEMBRE	335	1845	360	1982
DICIEMBRE	339	1866	316	1738
<b>TOTAL =</b>	<b>4025</b>	<b>22140</b>	<b>4123</b>	<b>22678</b>

(Fuente: Dep. Mantenimiento, Hospital Baca Ortiz, 2017).

### 3.3.5.2. Datos de consumo de compresores del sistema de aire medicinal

Tabla 3.29. Consumo de aire medicinal y Consumo Eléctrico estimado años 2015 – 2016.

Mes	Generación aire medicinal [m <sup>3</sup> ] y [kWh]			
	Consumo [m <sup>3</sup> ] 2015	Consumo [kWh] 2015	Consumo [m <sup>3</sup> ] 2016	Consumo [kWh] 2016
ENERO	2651	404	3450	526
FEBRERO	2505	382	3158	481
MARZO	3535	539	4408	672
ABRIL	3376	514	3591	547
MAYO	4138	631	3553	541
JUNIO	3761	573	3401	518
JULIO	3834	584	4550	693
AGOSTO	4488	684	4699	716
SEPTIEMBRE	3889	593	3859	588
OCTUBRE	3166	482	4698	716
NOVIEMBRE	3230	492	4746	723
DICIEMBRE	4454	679	4413	672
TOTAL =	43027	6556	48526	7394

(Fuente: Dep. Mantenimiento, Hospital Baca Ortiz, 2017).

**Nota:** para la conversión del consumo de m<sup>3</sup> a kWh, se utilizó un factor de conversión de 0.15 kWh/m<sup>3</sup>, la estimación de este valor se desarrollará en la sección 3.5.1.2.

### 3.3.6. Sistema de Ventilación y aire acondicionado

Los equipos que operan con normalidad son los que dan servicio a áreas críticas del hospital como la unidad de cuidados intensivos (UCI), quirófanos, endoscopia, recuperación, emergencias, así como otros varios servicios. La dificultad de realizar mediciones en ductos por el aislamiento de los mismos, así como el acceso a diferentes zonas críticas, impide el desarrollo de un análisis concreto del sistema, entonces este es otro de los pendientes de este estudio.

El sistema de ventilación y aire acondicionado principalmente consiste en un conjunto de Unidades de Mejora de Aire (UMA), ventiladores de inyección, extracción (VI, VE) y unidades condensadoras (UC), estos trabajan en conjunto para diferentes áreas del Hospital. Adicional existe varias áreas del hospital que no son críticas por lo que el manejo del aire o climatización se maneja con unidades Split de A/C. En la tabla 1.15 se detalla el conjunto de equipos que dan servicio a diferentes áreas críticas del hospital según el código de la unidad de mejora de aire (UMA) y la unidad condensadora (UC), determinado por el Hospital.

Tabla 3.30. Equipos unidades de mejora de aire y unidades condensadoras por áreas según códigos del Hospital.

<b>Equipos de Aire Acondicionado (AC)</b>				
<b>Código</b>	<b>Capacidad [kW]</b>	<b>Caudal [m³/h]</b>	<b>Alimentación</b>	
			<b>eléctrica [V/Ph/Hz]</b>	<b>Área de Uso</b>
UMA Y UC-0	17,58	3740	220/1/60	Quirófanos
UMA Y UC-1	17,58	3740	220/1/60	
UMA Y UC-2	17,58	3740	220/1/60	
UMA Y UC-3	17,58	3740	220/1/60	
UMA Y UC-4	17,58	3740	220/1/60	
UMA Y UC-5	17,58	3740	220/1/60	UCI
UMA Y UC-A	10,55	2040	220/1/60	Endoscopia y
UMA Y UC-B	17,58	3400	220/1/60	Recuperación
UMA Y UC-C	17,58	3400	220/1/60	Emergencias
UMA Y UC-D	7,032	1360	220/1/60	Quirófanos

(Fuente: Hospital Baca Ortiz Dp. Mantenimiento).

Cada UMA detallada en la tabla 1.15 dispone de un ventilador o conjunto de ventiladores junto con las respectivas unidades condensadoras. En la tabla 1.16 se detalla las capacidades de los ventiladores que trabajan junto con las UMAs y las UCs.

Tabla 3.31. Ventiladores por áreas según códigos del Hospital.

<b>Ventiladores de Extracción</b>			
<b>Código</b>	<b>Caudal [m³/h]</b>	<b>Alimentación</b>	
		<b>eléctrica [V/Ph/Hz]</b>	<b>Área de Uso</b>
VE-A	1632	220/1/60	Endoscopia y Recuperación
VE-B	3060	220/1/60	
VE-C	3060	220/1/60	
VE-D	255	220/1/60	Quirófanos
VE-0	3400	220/1/60	
VE-1	3400	220/1/60	
VE-2	3400	220/1/60	
VE-3	3400	220/1/60	
VE-4	3400	220/1/60	Emergencia
VE-5	3400	220/1/60	UCI
VE-6	3400	220/1/60	
VE-9	2210	220/1/60	
VE-9-2	1870	220/1/60	Quirófanos

(Fuente: Hospital Baca Ortiz Dp. Mantenimiento).

Adicionalmente el área de quirófanos particularmente tiene un ventilador de 1/4Hp y un caudal de 2550 m³/h (1500 CFM) y está designado con el código VI-8 de inyección que suple la necesidad de ingreso de aire. En general los equipos de HVAC operativos fueron instalados alrededor del 2014 y 2015, es decir, los equipos son relativamente nuevos.

La operación del sistema de ventilación y aire acondicionado dependerá de la carga térmica del momento en el área o zona donde brinde el servicio, medir esta carga constituye una dificultad ya que dependerá del número de personas que utilizan el lugar, el número de equipos eléctricos y electrónicos que operen, así como las condiciones ambientales exteriores y la psicrometría de la ciudad de Quito.

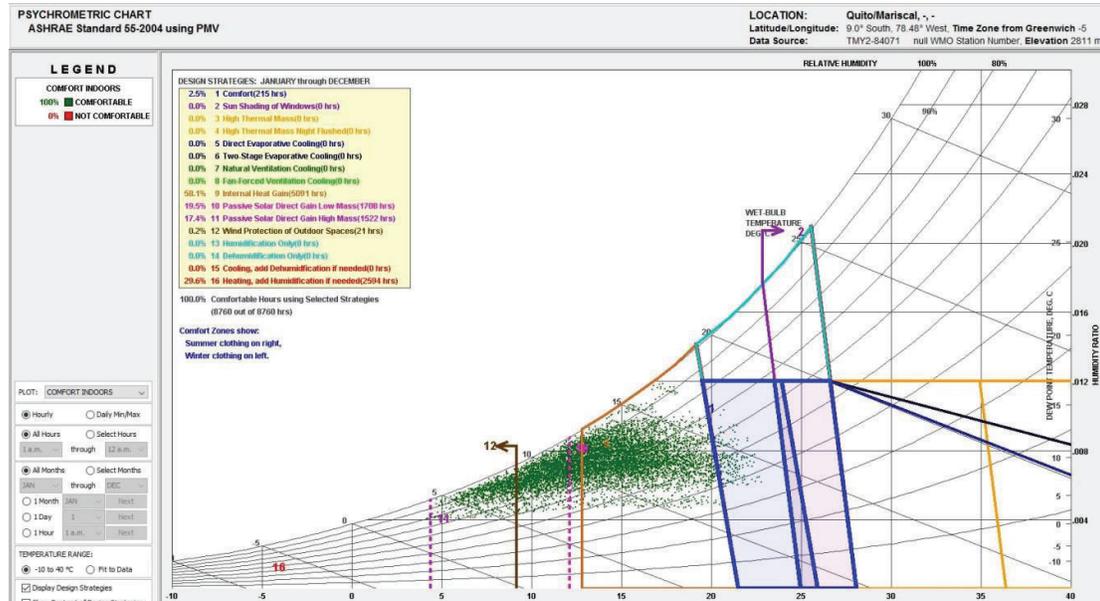


Figura 3.28. Carta Psicométrica de Quito.  
(Fuente: Climate Consultant).

En el caso de la estación Mariscal de la ciudad de Quito se puede evidenciar que la zona de confort que se ve en los rectángulos azules está fuera de los valores normales de temperatura y humedad relativa de Quito, lo cual nos dice que se debería usar control adaptivo bajo la norma ASHRAE 55, pero en el caso del Hospital los pacientes no pueden hacerlo por lo cual el sistema de HVAC que esta fuera de servicio en el Hospital deberá ponérselo en servicio lo más pronto posible porque el clima es un factor fundamental en los servicios hospitalarios.

Los proyectos de investigación deben considerar que los datos deben ser adquiridos en base a una muestra representativa de alrededor de un año, los equipos y sensores de temperatura, humedad, energía eléctrica, etc. deberían permitir la recolección de información en intervalos de minutos e incluso segundos, con el fin de obtener datos que permitan elaborar modelos matemáticos más exactos.

Finalmente, para este proyecto se considera a los equipos de ventilación y aire acondicionado como parte de la matriz eléctrica, es decir que su uso y consumo energético

se registraron entre los valores totales del sistema eléctrico y se los ubico en el USEn Eléctrico.

### 3.3.7. Datos e indicadores de Hospitalización del HBO

El hospital Baca Ortiz inicia sus operaciones el 14 de Julio de 1948, en un terreno de propiedad de la familia Baca Ortiz que donaron el terreno junto con algunas construcciones que se encontraban dentro de la hacienda. El 11 de noviembre del mismo año, bajo la dirección del Dr. Carlos Andrade Marín se establece definitivamente la misión del hospital que es: “Velar por los cuidados de los enfermos y mantener un alto nivel técnico y profesional”. Por la alta demanda de atención, en el año de 1964 se inaugura el segundo edificio de cinco plantas.



Figura 3.29. Panorámica Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).

El hospital cuenta con diferentes indicadores estadísticos que le permiten de manera general verificar su rendimiento (Ver tabla 1.8). El Ministerio de Salud Pública del Ecuador, en el 2014 creó el documento “Producción Estadística 2006-2014”, con el fin de publicar las estadísticas hospitalarias generales, además que se definen los conceptos de todos los indicadores, junto con su metodología de cálculo (MSP, 2014). Conforme a lo anterior analizaremos algunos de los indicadores que son manejados por el hospital Baca Ortiz:

- **Dotación de camas.** - es el número de camas asignadas al establecimiento para la atención de pacientes.
- **Camas disponibles.** - o camas de trabajo, es el número de camas aptas o habilitadas instaladas en el hospital para uso inmediato por parte de pacientes.
- **Altas.** - es el número de pacientes que fueron dados de alta (pacientes sanos y vivos), durante un periodo.

- **Defunciones.** - número total de pacientes que fallecieron en un determinado periodo, esta definición excluye a las defunciones fetales (DISSPS).
- **Egresos.** - sumatoria de pacientes que salen del hospital con el alta + pacientes fallecidos (defunciones), determinado en periodo de tiempo.
- **Autopsias.** - número total de procedimientos quirúrgicos para investigación de las causas mortuorias.
- **Total, Días de Estada.** - es el número total de días de permanencia en el hospital de todos los pacientes egresados.
- **Días Paciente.** - o cama ocupada y es el número de días que estuvieron ocupadas las camas disponibles de un servicio durante un periodo.
- **Días Camas Disponibles.** - es el número de camas que no fueron ocupadas, aunque estén disponibles.
- **Giro de camas.** - indica el promedio de pacientes que pasa por una cama en un determinado periodo (DISSPS), puede indicar la productividad que tiene cada una de las camas (UFPS).
- **Intervalo de Giro.** - es el valor obtenido de la resta de las camas no ocupadas (disponibles) – el número de camas ocupadas (paciente –días), dividido para el número total de egresos.
- **Promedio de días Paciente.** - es el promedio de camas ocupadas en un periodo, para el caso del hospital Baca Ortiz el departamento de Estadística y Registros Médicos establece un periodo de 31 días.
- **Porcentaje de ocupación.** - el porcentaje que se obtiene de la relación entre el número de camas ocupadas (Paciente-días) y el número de camas disponibles.
- **Promedio Días Estada.** - es el resultado de dividir el número de días de estada de los egresos del período entre el número de egresos del mismo período (DISSPS).
- **Promedio Días Camas Disponibles.** - es el resultado de dividir el número de camas disponibles (no ocupadas) por el número de días considerados en el periodo, para el este caso se considera 31 días.
- **Promedio Diario de Egresos.** - es el resultado de dividir el número de egresos del periodo, por el número de días considerados en el periodo, para el este caso se considera 31 días.

Para el caso de estudio se solicitó al departamento de mantenimiento la matriz consolidada de indicadores de internación y rendimiento (tabla 1.8), se determina la tabla del año 2015 ya que al momento la del 2016 se encontraba en consolidación y lo hicimos en el presente estudio.

Tabla 3.32. Indicadores de Internación Hospital Baca Ortiz, consolidado periodo 2015.

INDICADORES	TOTAL HOSPITAL	SERVICIOS										UCI	
		MEDICINA INTERNA	CIRUGIA	TRAUMA LOGIA	UNIDAD DE QUEMADOS LOGIA	INFECTO LOGIA	CARDIOTOXICA	NEONATOLOGIA	LACTANTES	ONCOHEMATOLOGIA	MEDICINA ESPECIALIDADES		NEUROCIENCIA
ALTAS	771	155	113	95	17	65	12	32	69	61	110	42	36
TOTAL DEFUNCIONES	16	3	1	0	0	0	0	2	4	3	3	0	12
MENOS 48 HORAS	2		1						1				3
MAS 48 HORAS	14	3					2	2	3	3	3		9
TOTAL EGRESOS	787	158	114	95	17	65	12	34	73	64	113	42	48
INTERCONSULTA													
AUTOPSIAS:													
TOTAL DIAS ESTADA	7.013	974	839	675	288	537	185	770	981	461	1.009	294	334
TOTAL DIAS PACIENTE	7.206	1.108	703	862	251	601	243	590	918	586	1.015	329	364
DIAS CAMAS DISPONIBLES	7.351	1.068	860	930	372	521	372	525	725	620	986	372	403
GIRO DE CAMAS	3,3	4,6	4,1	3,2	1,4	3,9	1,0	2,0	3,1	3,2	3,6	3,5	3,7
INTERVALO GIRO	0,2	(0,3)	1,4	0,7	7,1	(1,2)	10,8	(1,9)	(2,6)	0,5	(0,3)	1,0	0,8
X DIAR. DIAS PACIENTE	232,5	35,7	22,7	27,8	8,1	19,4	7,8	19,0	29,6	18,9	32,7	10,6	11,7
% DE OCUPACION	98,0	103,7	81,7	92,7	67,5	115,4	65,3	112,4	126,6	94,5	102,9	88,4	90,3
X DIAS ESTADA	8,9	6,2	7,4	7,1	16,9	8,3	15,4	22,6	13,4	7,2	8,9	7,0	7,0
X DIAR. CAMAS DISP.	237	34	28	30	12	17	12	17	23	20	32	12	13
X DIARIOS EGRESOS	25,4	5,1	3,7	3,1	0,5	2,1	0,4	1,1	2,4	2,1	3,6	1,4	1,5
MORTA + 48 HORAS	1,8	1,9						5,9	4,1	4,7	2,7		18,8
TOTAL AUTOPSIAS													
INTERCONSULTA													
DOTACION NORMAL CAMAS	267	36	30	30	12	25	12	21	34	20	35	12	14

(Fuente: Análisis de Egresos Hospitalarios-Hospital Baca Ortiz-2015).

Según los datos estadísticos podemos resumir que el hospital tubo un total de 8758 pacientes en el 2015 que fueron egresados, este valor incluye a los pacientes que fueron dados de alta, y difuntos, sin embargo, no se incluye a los pacientes que fueron recibidos y trasladados a otros centros de salud (ya que el hospital no los podía atender por algún motivo). Adicionalmente es importante destacar que el promedio de días que un paciente permaneció en el hospital es de 9.1 días durante el mismo periodo, este valor es alto comparado con otros hospitales públicos nacionales como el Homero Castanier de la ciudad de Azogues y el hospital Vicente Corral de la ciudad de Ibarra, que tienen un promedio de 5.3 y 4.3 días respectivamente, obviamente comparándolos a nivel de establecimientos públicos ANEXO B. Al comparar con estándares de otros países latinoamericanos, por ejemplo, en Perú, según el ministerio de salud de ese país, establece que el promedio de días recomendado para un hospital debe ser entre 6-8 días (Ministerio de Salud de Perú, 2013), en México según el ministerio de salud, se establece que se debe trazar una línea base para identificar el promedio de días aceptable (Secretaría de Salud México, 2013). Otro dato fundamental es el porcentaje de ocupación que es el 101.2% en el 2015, comparando este valor, en Perú se recomienda que el porcentaje de ocupación debe ser entre el 85% y 90% para un hospital (Ministerio de días (Ministerio de Salud de Perú, 2013). En México el porcentaje recomendado es entre el 60% - 80% Secretaría de Salud México, 2013).

De los datos anteriores podemos plantear la hipótesis que en el Hospital Baca Ortiz el tiempo de hospitalización de pacientes es elevado, esto es sustentado al analizar el porcentaje de ocupación, que refleja un valor sobre el 100%, muy probablemente se deba a que es un hospital de especialidad, por lo que en muchos casos, pacientes de otros niveles de atención son remitidos a este hospital, también no se puede descartar que por razones de logística, falta y/o disponibilidad de personal médico, enfermería, personal administrativo, disponibilidad de medicamentos, etc. los indicadores sean afectados. Sin embargo, el alcance de este proyecto no es el de determinar valores óptimos de internación hospitalaria, pero estos nos pueden dar un punto de referencia sobre el nivel de consumo energético, por ejemplo, ***la cantidad de camas ocupadas en el hospital es directamente proporcional al consumo energético, ó la prolongada estadía de pacientes también produce la reducción de camas disponibles lo cual disminuye el número de pacientes atendidos incidiendo en ineficiencia.*** Podemos mencionar inicialmente que mientras se logre atender a más pacientes en un determinado periodo con la misma generación de energía mejoraríamos la eficiencia energética del hospital.

### **3.3.8. Planos del HBO**

Como ya se dijo anteriormente los mismos están desactualizados y solo en áreas que han sido intervenidas recientemente (remodeladas) existen planos digitalizados.

Para realizar la auditoría del sistema eléctrico, se requería de los planos eléctricos lo cual fue levantado en esta tesis siendo uno de los logros entregar digitalizados los mismos para que el personal de mantenimiento eléctrico los valide y/o modifique si es necesario.

En cuanto a los demás sistemas es muy poca la información que dispone el Hospital, necesitan actualizar y consolidar sistemas con sus modificaciones, caso específico el HVAC que era un sistema centralizado esta en desuso y se han realizado instalaciones nuevas para los quirófanos y la UCI dejando todo lo demás del sistema en desuso.

### **3.4. Plan y campaña de mediciones**

En esta etapa se define las variables e información que se necesita para realizar el análisis del desempeño energético de los diferentes sistemas propuestos. Como se mencionó en el numeral 3.2.2, de la jerarquización, los sistemas donde el análisis será más detallado es el eléctrico y el de vapor, por lo tanto, se invertirá más tiempo y recursos en la medición y recolección de datos. Para tomar una muestra representativa del desempeño energético se ha establecido una frecuencia de mediciones de 5 minutos entre cada medición, esto durante un periodo de 8 horas, al menos un día.

En la tabla 3.33 se detalla los parámetros necesarios de medir, calcular, o adquirir de registros como es el caso de las planillas eléctricas que se deben interpretar de acuerdo con el siguiente detalle:

- M:Medición,
- P:Planilla o Registro HBO,
- C:Cálculo,
- D:Digitalización de Planos Existentes,
- L:Levantamiento.



### 3.4.1. Mediciones y análisis del Sistema Eléctrico

Se realizó mediciones desde el 7 de noviembre del 2016 hasta el 6 de enero de 2017 y se obtuvo los siguientes parámetros que nos da el analizador de Redes Fluke 434:

- Voltaje medio [V].
- Corriente media [I]
- Potencia Activa [kW].
- Potencia Reactiva [kVAR].
- Potencia Aparente [kVA].
- Factor de Potencia.
- Consumo de Energía.
- Distorsión Armónico THD [%].



Figura 3.30. Panorámica Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).

Un ejemplo de los datos obtenidos por el equipo se presenta a continuación, el total de registros fue de alrededor de 5800 en períodos de 15 min.

Tabla 3.34.Registro de Variables Eléctricas del Hospital Baca Ortiz con el Fluke 434 meses de noviembre, diciembre y enero (ejemplo 15 de noviembre de 2016).

ENTIDAD	FECHA	HORA	CLASIFICACION	HORA	KW	KVar	
HBO	15/11/2016	0:15	0	15	0	36,810	10,260.00
HBO	15/11/2016	0:30	0	30	0	42,750	13,995.00
HBO	15/11/2016	0:45	0	45	0	38,205	10,350.00
HBO	15/11/2016	1:00	1	0	0	39,645	10,620.00
HBO	15/11/2016	1:15	1	15	0	41,085	11,385.00
HBO	15/11/2016	1:30	1	30	0	46,710	16,425.00
HBO	15/11/2016	1:45	1	45	0	35,775	9,990.00
HBO	15/11/2016	2:00	2	0	0	35,955	10,170.00
HBO	15/11/2016	2:15	2	15	0	34,380	9,765.00
HBO	15/11/2016	2:30	2	30	0	35,055	10,080.00
HBO	15/11/2016	2:45	2	45	0	39,825	13,410.00
HBO	15/11/2016	3:00	3	0	0	38,430	11,745.00
HBO	15/11/2016	3:15	3	15	0	37,575	10,260.00
HBO	15/11/2016	3:30	3	30	0	38,430	10,890.00
HBO	15/11/2016	3:45	3	45	0	34,065	8,460.00
HBO	15/11/2016	4:00	4	0	0	39,510	11,925.00
HBO	15/11/2016	4:15	4	15	0	34,515	9,765.00
HBO	15/11/2016	4:30	4	30	0	34,335	10,755.00
HBO	15/11/2016	4:45	4	45	0	36,315	11,835.00
HBO	15/11/2016	5:00	5	0	0	29,655	7,155.00
HBO	15/11/2016	5:15	5	15	0	32,805	8,910.00
HBO	15/11/2016	5:30	5	30	0	32,760	10,035.00
HBO	15/11/2016	5:45	5	45	0	31,590	9,360.00
HBO	15/11/2016	6:00	6	0	0	30,690	8,820.00
HBO	15/11/2016	6:15	6	15	0	32,220	10,260.00
HBO	15/11/2016	6:30	6	30	0	33,525	10,170.00
HBO	15/11/2016	6:45	6	45	0	30,870	6,885.00
HBO	15/11/2016	7:00	7	0	0	36,000	11,295.00
HBO	15/11/2016	7:15	7	15	0	38,070	14,040.00
HBO	15/11/2016	7:30	7	30	0	31,635	9,765.00
HBO	15/11/2016	7:45	7	45	0	28,530	8,325.00
HBO	15/11/2016	8:00	8	0	0	37,260	13,770.00
HBO	15/11/2016	8:15	8	15	0	37,980	14,310.00
HBO	15/11/2016	8:30	8	30	0	37,935	11,880.00
HBO	15/11/2016	8:45	8	45	0	46,305	15,165.00
HBO	15/11/2016	9:00	9	0	0	37,845	14,310.00
HBO	15/11/2016	9:15	9	15	0	39,420	12,645.00
HBO	15/11/2016	9:30	9	30	0	57,465	20,025.00
HBO	15/11/2016	9:45	9	45	0	46,575	17,325.00
HBO	15/11/2016	10:00	10	0	0	42,570	15,390.00
HBO	15/11/2016	10:15	10	15	0	65,430	20,745.00
HBO	15/11/2016	10:30	10	30	0	55,395	14,670.00
HBO	15/11/2016	10:45	10	45	0	54,540	16,920.00
HBO	15/11/2016	11:00	11	0	0	57,420	18,450.00
HBO	15/11/2016	11:15	11	15	0	63,765	24,840.00
HBO	15/11/2016	11:30	11	30	0	52,020	15,705.00
HBO	15/11/2016	11:45	11	45	0	64,350	21,870.00
HBO	15/11/2016	12:00	12	0	0	65,475	19,485.00
HBO	15/11/2016	12:15	12	15	0	68,715	26,100.00
HBO	15/11/2016	12:30	12	30	0	54,990	17,955.00
HBO	15/11/2016	12:45	12	45	0	66,060	23,085.00
HBO	15/11/2016	13:00	13	0	0	48,735	17,910.00
HBO	15/11/2016	13:15	13	15	0	56,610	18,765.00
HBO	15/11/2016	13:30	13	30	0	62,415	17,235.00
HBO	15/11/2016	13:45	13	45	0	63,045	23,625.00
HBO	15/11/2016	14:00	14	0	0	45,315	15,300.00
HBO	15/11/2016	14:15	14	15	0	50,670	18,180.00
HBO	15/11/2016	14:30	14	30	0	55,710	21,960.00
HBO	15/11/2016	14:45	14	45	0	48,555	16,650.00
HBO	15/11/2016	15:00	15	0	0	54,450	19,845.00
HBO	15/11/2016	15:15	15	15	0	48,870	16,965.00
HBO	15/11/2016	15:30	15	30	0	61,965	20,115.00
HBO	15/11/2016	15:45	15	45	0	50,760	14,670.00
HBO	15/11/2016	16:00	16	0	0	59,490	19,260.00
HBO	15/11/2016	16:15	16	15	0	53,010	15,840.00
HBO	15/11/2016	16:30	16	30	0	62,865	22,095.00
HBO	15/11/2016	16:45	16	45	0	53,280	15,255.00
HBO	15/11/2016	17:00	17	0	0	52,650	14,490.00
HBO	15/11/2016	17:15	17	15	0	56,520	17,775.00
HBO	15/11/2016	17:30	17	30	0	50,625	14,985.00
HBO	15/11/2016	17:45	17	45	0	56,340	16,560.00
HBO	15/11/2016	18:00	18	0	0	57,015	14,850.00
HBO	15/11/2016	18:15	18	15	0	55,260	14,265.00
HBO	15/11/2016	18:30	18	30	0	55,845	15,525.00
HBO	15/11/2016	18:45	18	45	0	55,980	17,370.00
HBO	15/11/2016	19:00	19	0	0	52,245	16,920.00
HBO	15/11/2016	19:15	19	15	0	66,600	18,900.00
HBO	15/11/2016	19:30	19	30	0	74,520	21,645.00
HBO	15/11/2016	19:45	19	45	0	64,170	17,235.00
HBO	15/11/2016	20:00	20	0	0	67,095	21,510.00
HBO	15/11/2016	20:15	20	15	0	60,120	15,885.00
HBO	15/11/2016	20:30	20	30	0	67,905	19,350.00
HBO	15/11/2016	20:45	20	45	0	51,075	14,535.00
HBO	15/11/2016	21:00	21	0	0	61,605	19,890.00
HBO	15/11/2016	21:15	21	15	0	61,425	14,670.00
HBO	15/11/2016	21:30	21	30	0	63,765	19,800.00
HBO	15/11/2016	21:45	21	45	0	54,630	16,470.00
HBO	15/11/2016	22:00	22	0	0	43,785	13,005.00
HBO	15/11/2016	22:15	22	15	0	47,295	13,680.00
HBO	15/11/2016	22:30	22	30	0	47,250	14,130.00
HBO	15/11/2016	22:45	22	45	0	49,185	15,345.00
HBO	15/11/2016	23:00	23	0	0	43,875	12,015.00
HBO	15/11/2016	23:15	23	15	0	41,085	10,485.00
HBO	15/11/2016	23:30	23	30	0	42,390	10,890.00
HBO	15/11/2016	23:45	23	45	0	38,835	9,045.00
HBO	15/11/2016	0:00	0	0	0	48,555	15,885.00
HBO	16/11/2016	0:15	0	15	0	45,270	13,185.00

(Fuente: propia).

### 3.4.1.1. Resultados de Voltaje

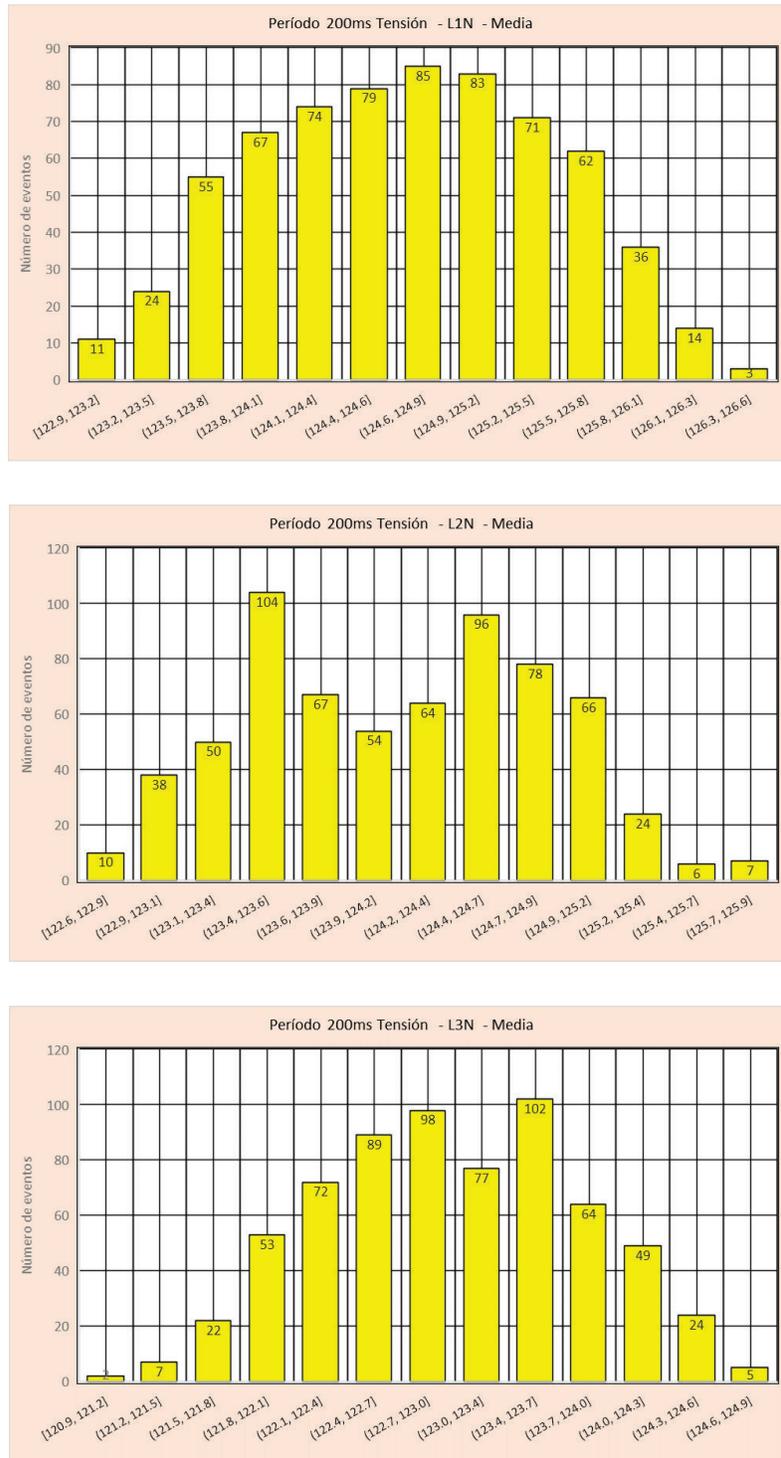
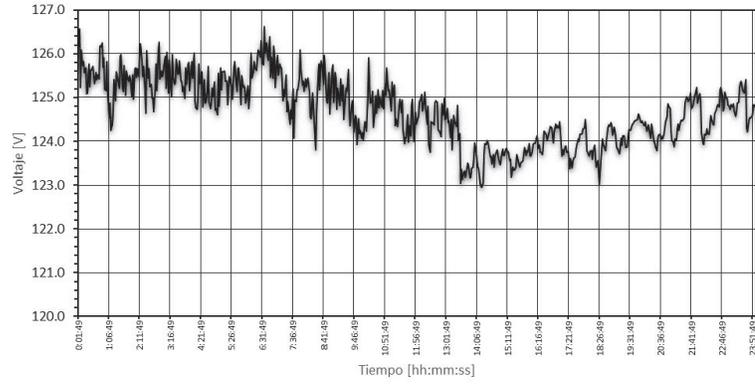
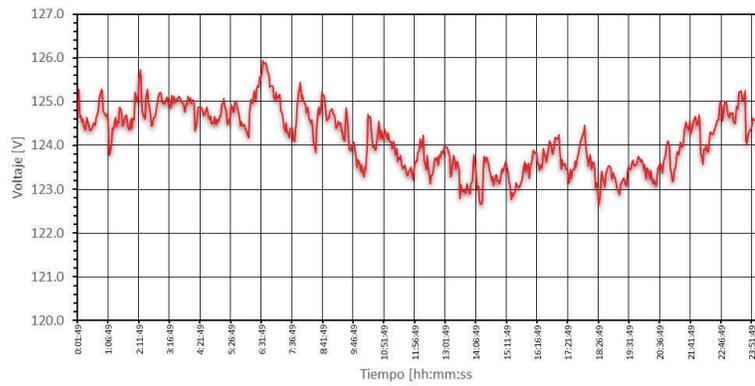


Figura 3.31. Histogramas de Voltaje del Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).

Tendencia de Voltaje - L1N - Media



Tendencia de Voltaje - L2N - Media



Tendencia de Voltaje - L3N - Media

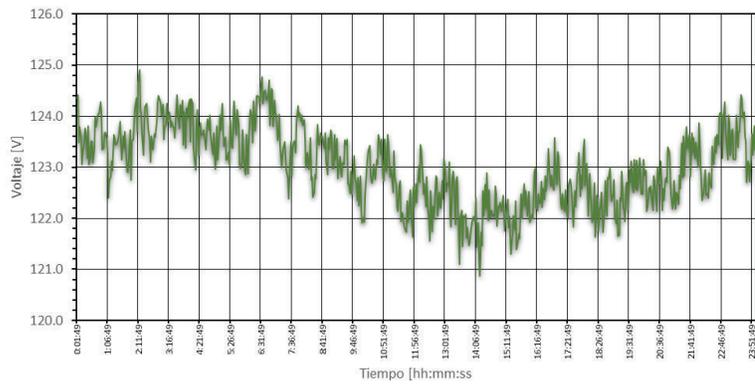


Figura 3.32. Tendencia de Voltaje del Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).

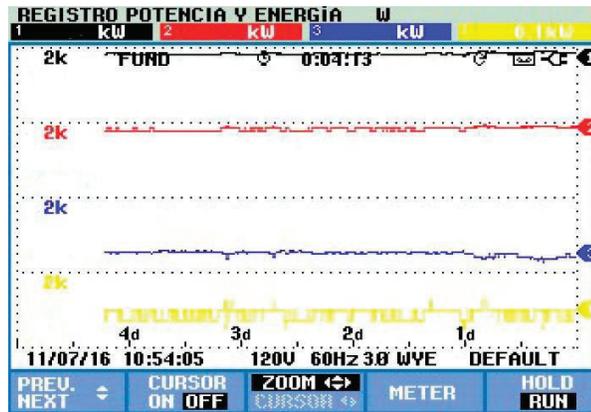


Figura 3.33.Registro de Potencia y Energía del Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).



Figura 3.34.Desequilibrio del Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).

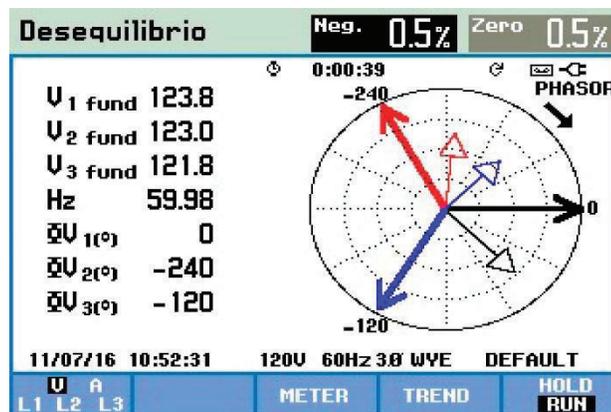


Figura 3.35.Desequilibrio del Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).

TABLA ARMÓNICOS				
Amp	L1	L2	L3	N
THD%f	4.6	6.6	11.8	52.4
H3%f	2.3	4.6	10.0	49.6
H5%f	3.2	4.3	5.7	13.7
H7%f	1.1	1.1	2.0	4.3
H9%f	0.6	0.5	0.8	5.2
H11%f	0.5	0.6	0.5	1.8
H13%f	0.6	0.8	0.7	1.5
H15%f	0.3	0.6	0.5	0.7
11/07/16 10:50:43 120V 60Hz 3Ø WYE DEFAULT				
U A W	HARMONIC GRAPH		TREND	HOLD RUN
U&A				

Figura 3.36. Distorsión armónica del Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).

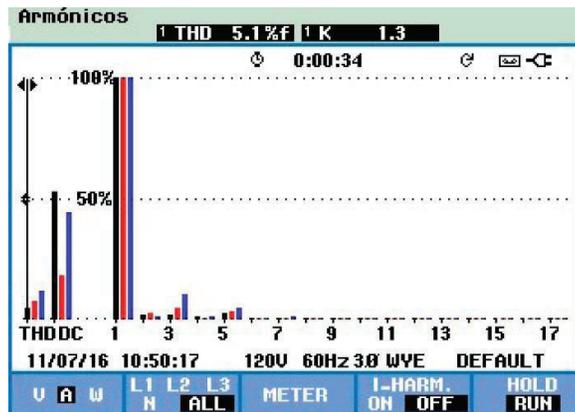


Figura 3.37. Distorsión Armónica del Tablero de Quirófanos del Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).

Voltios/Amperios/Hz				
	L1	L2	L3	N
Urms	124.9	124.2	123.0	1.0
Vpk	173.6	172.1	171.2	2.2
CF	1.39	1.39	1.39	OL
Hz	59.97			
	L1	L2	L3	N
Arms	409.0	534.9	379.1	23.6
CF	OL	OL	OL	OL
11/07/16 10:49:52 120V 60Hz 3Ø WYE DEFAULT				
VOLTAGE	TREND		HOLD RUN	
▲ ▼				

Figura 3.38. Medición de Voltaje, Corriente y frecuencia del Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).

TABLA ARMÓNICOS				
Amp	L1	L2	L3	N
THD%f	29.0	30.9	34.6	25.7
H3%f	13.8	12.6	12.9	14.6
H5%f	23.5	26.5	30.1	13.6
H7%f	18.0	20.7	20.0	10.3
H9%f	4.2	7.5	10.0	3.6
H11%f	7.3	10.3	11.3	4.9
H13%f	6.6	10.5	7.5	5.0
H15%f	0.9	1.7	1.7	3.0

11/07/16 11:44:31 120V 60Hz 3Ø WYE DEFAULT

U A W HARMONIC TREND HOLD  
U&A GRAPH RUN

Figura 3.39. Distorsión Armónica del Tablero de Ascensores del Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).

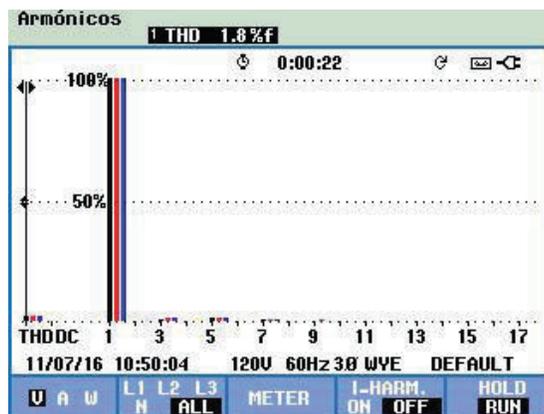


Figura 3.40. Distorsión Armónica del Tablero del Sistema Hidroneumático del Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).

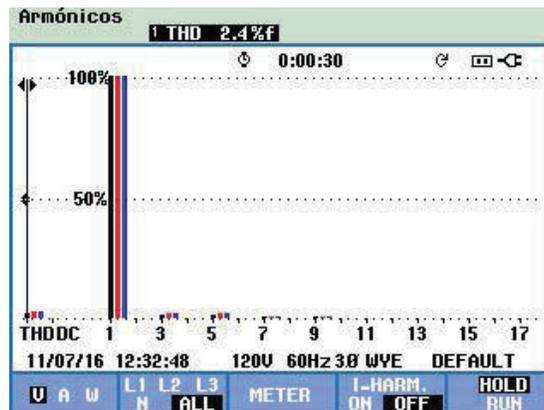


Figura 3.41. Distorsión Armónica del Tablero del Sistema de Gases Medicinales del Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).

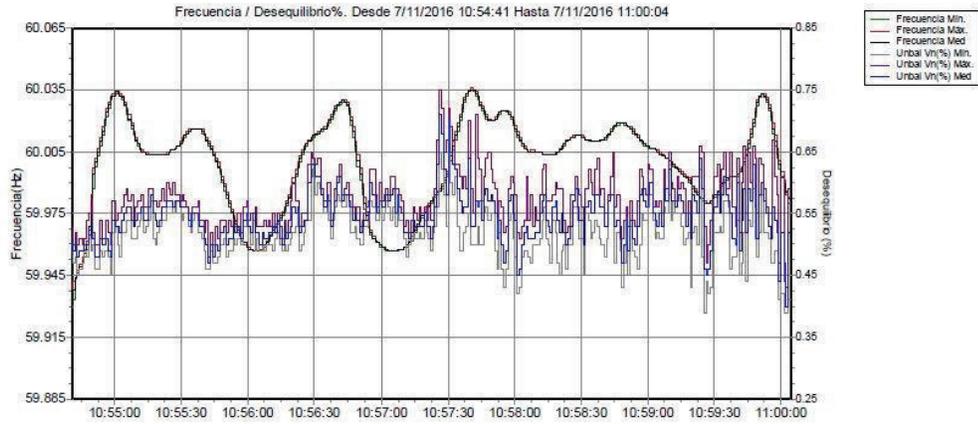


Figura 3.42. Medición de Voltaje, Corriente y frecuencia del Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).

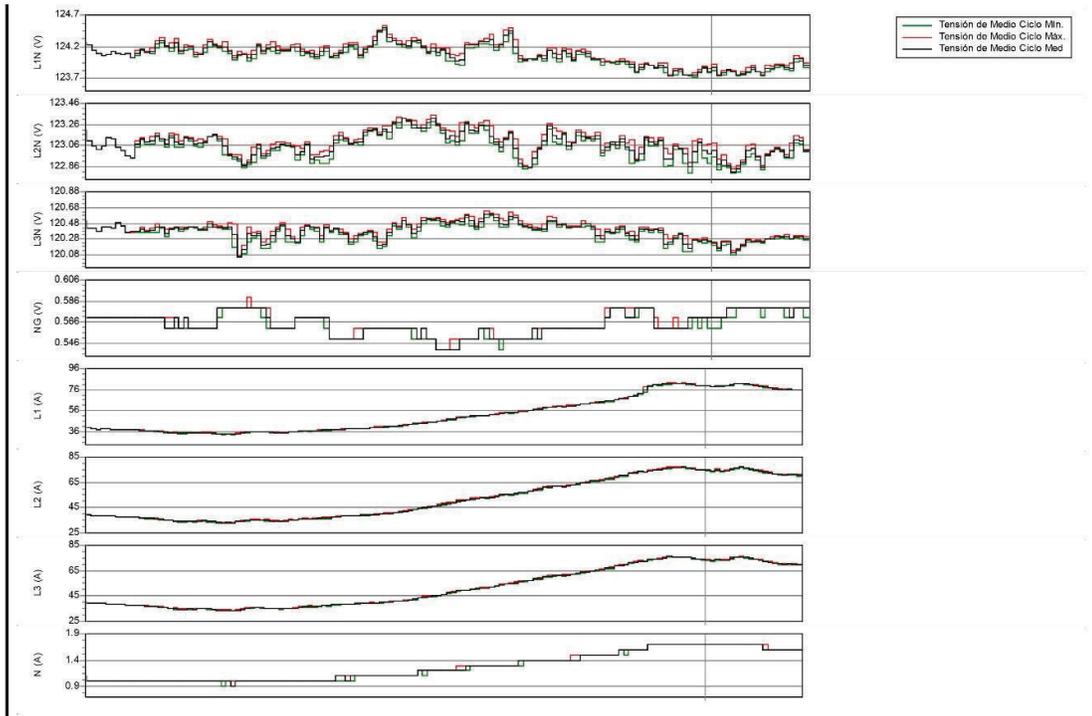


Figura 3.43. Registros de Voltaje, Corriente mínima media máxima del Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).

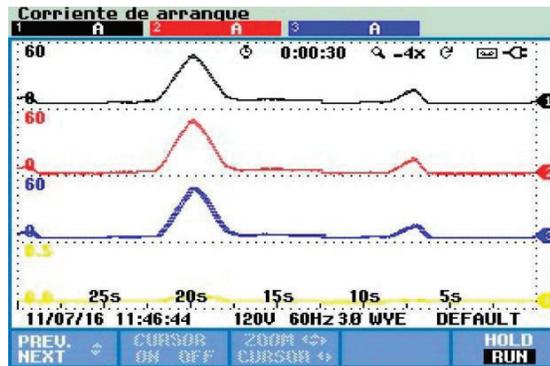


Figura 3.44.Registros de Corriente de arranque del tablero de ascensores del Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).

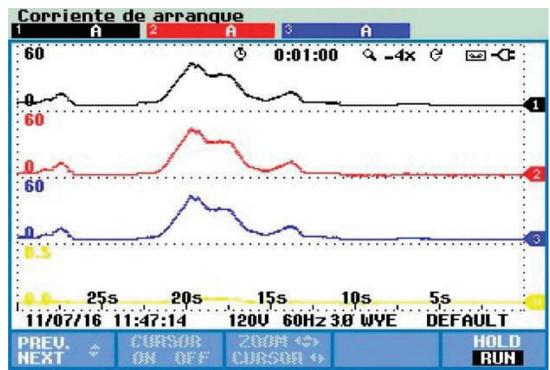


Figura 3.45.Registros de Voltaje, Corriente mínima media máxima del Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).

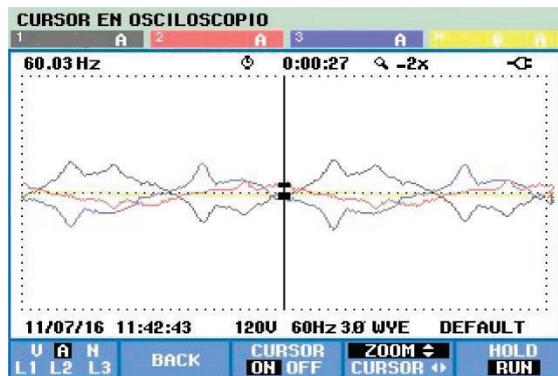


Figura 3.46.Corriente en las tres fases del tablero principal del Hospital Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).

De las gráficas obtenidas se puede concluir lo siguiente:

- El voltaje está bien controlado ya que existe un regulador de voltaje acoplado a las barras del sistema eléctrico del HBO.

- El factor de potencia también se encuentra bien controlado ya que se dispone de un tablero automático de control que se refleja en un factor alto de potencia de 0.98 inductivo.
- Existe un alto desequilibrio en la carga, ese desbalance deberá ser estudiado y corregido en la mayor medida posible.
- La distorsión armónica se refleja en la forma de onda de corriente la cual ya no es sinusoidal debido a la gran cantidad de cargas no lineales (equipo electro médico y a los controladores de velocidad de los ascensores).

### **3.4.2. Mediciones y análisis del sistema de iluminación**

Se hizo una campaña de medición de iluminancias de las diferentes áreas del HBO, debemos decir que aquí ya nos encontramos con las primeras barreras para la realización del presente estudio, ya que el personal del HBO no tenía conocimiento sobre la campaña de mediciones a realizar, y por lo tanto no se dio acceso sino a ciertas áreas del Hospital, de otras no se tuvo datos de las mismas, por lo que esta parte del estudio se puede decir que está incompleta y deberá realizarse en los ambientes faltantes cuando se establezca el SGEEn.

De todas formas, se presenta el Anexo H de mediciones e iluminancias promedio por ambiente y que están comparadas con la normativa UNE 12464-1, el método utilizado es de medir bajo la luminaria y en el espacio entre luminarias, la cantidad total de medidas es muy grande alrededor de 1500 mediciones para obtener los promedios presentados en el Anexo antes mencionado, de un análisis general podemos decir que muchos ambientes cumplen con la normativa y otros no lo hacen lo cual deberá ser corregido.

Cabe destacar que las medidas corresponden a los valores de luminosidad del Hospital Baca Ortiz realizadas en el horario de 9h00 a 16h30, en el cual la iluminación natural ayuda a la artificial, es decir, que además de contemplar la complementación de mediciones deberá hacerse otra en horario nocturno en especial en las áreas que aparentemente tiene sobre dimensionamiento por la ayuda de la iluminación artificial del sol. Es necesario destacar que la tecnología de iluminación de las lámparas del HBO es de tipo PL, T8 y T10 con algunas lámparas de mercurio halogenado.

En todo caso se realizó algunas simulaciones lumínicas en diferentes ambientes con los datos del levantamiento del sistema eléctrico que también constan en el Anexo de iluminación. En el quinto piso hay dos salas, la primera la hemos simulado, la que queda junto a procedimiento y diagonal a los baños, de las mediciones esta sala tiene un promedio

de Iluminación de 134,33 [lux], la norma dice que debe tener un valor mínimo de 200 [lux] este valor se puede deber a corta vida útil de las lámparas y del equipo electrónico, o falta de limpieza; de la simulación el valor promedio obtenido con lámparas T8 nuevas es de 332 [lux] y reemplazando las mismas con lámparas LED de 12 W se obtiene un promedio de 355 [lux] en los dos casos cumple con la normativa, pero de las mediciones podemos ver que el deterioro de los T8 es de alrededor de un 60% de sus características lumínicas.

Tabla 3.35. Luminarias HBO y Potencia instalada.

TOTAL DE LUMINARIAS DEL HBO POR TIPO				
Tipo	Descripción	Potencia [W]	Número de Luminarias	Potencia Total por tipo de Luminaria [kW]
L1	Luminaria tipo ojo de buey 2x26 PL	52	233	12.12
L2	Luminaria fluorescente 3x32W/120V para cielo falso, con equipo electrónico completo, incluye celda brillante.	96	634	60.86
L3	Luminaria fluorescente de cabecera sistema emergencia (0.6x0.3m) 2x17W/120V con equipo electrónico	34	209	7.11
L4	Luminaria fluorescente 3x32W/120V para cielo falso, con equipo electrónico completo, incluye celda brillante.	96	674	64.70
L5	Luminaria fluorescente 2x32W/120V para cielo falso, con equipo electrónico completo, incluye celda brillante.	64	216	13.82
L6	Luminaria fluorescente 3x32W/120V para cielo falso, con equipo electrónico completo, incluye celda brillante.	96	253	24.29
A.P.	Ojo de Buey con Lámpara Fluorescente de 1x26W, 120V	26	75	1.95
L Hg	Luminaria Tipo Mercurio Halogenado 220V 100W Tipo Industrial	100	4	0.40
L Hg	Luminaria Tipo Mercurio Halogenado 220V 1625 W	1625	5	8.13
L12	Luminaria fluorescente sistema emergencia (1.2x0.3m) 4X40W/127V	160	116	18.56
			TOTAL=	211.94

(Fuente: propia).

### 3.4.3. Medición y análisis de parámetros del sistema de abastecimiento de agua potable y sistema hidroneumático

Para el análisis del consumo de agua se tomó datos desde los manómetros para el caso de presiones, para el caso de medición de caudales se consideró el tiempo que se desplazaba el agua en los tanques hidroneumáticos, este desplazamiento es posible observarlo a través del visor instalado en los tanques de presión (tubo transparente). Se organizó una tabla con los valores necesarios para determinar incluso el factor o indicador kW/m<sup>3</sup>.

Tabla 3.36. Ejemplo de parámetros medidos y calculados en el sistema de abastecimiento de agua potable.

Consumo de Agua													
#	HORA	PRES MIN	PRES MAX	TIEMP. LLENADO min	Horas	TIEMP. VACIADO min	Horas	PRENDE COMPR. SI/NO	ALTURA cm	ALTURA m	VOLUMEN PROMEDIO DESPLAZADO	CAUDAL LLENADO - BOMBA m <sup>3</sup> /h	Kwh/m <sup>3</sup>
1	11:00	3,50	5,00	1,10	0,018	3,50	0,06	SI	39,00	0,39	1,33	72,8	0,26

(Fuente: propia).

**Nota:** El desarrollo de la tabla anterior se encuentra en el anexo C.

El color amarillo representa datos medidos u observados, mientras que el color verde en la tabla representa valores calculados directamente. En el caso del volumen desplazado se calcula en base a la altura que se desplaza el agua entre encendido y apagado de la bomba, multiplicado por la sección de los dos tanques, posteriormente para el caudal, se considera dividir el volumen desplazado de agua para el tiempo en que se demora en elevarse el volumen. El factor de conversión será explicado en el numeral 3.5.1.3.

#### 3.4.4. Recopilación parámetros de operación del caldero

Los calderos tienen un régimen de trabajo en el horario de 5:30am hasta 8:00pm (14.5horas) produciendo un vapor saturado, sin embargo, es importante destacar que el quemador se enciende en un promedio de 40% del tiempo de régimen de operación, mientras que el 60% del tiempo, el quemador se mantiene apagado consumiéndose el vapor acumulado en el interior de la caldera únicamente.

Para determinar los parámetros de operación reales de la caldera se realizó tablas de mediciones en el tiempo de un día tipo para determinar valores promedio, tales como indica en el Anexo C. En la siguiente tabla se detalla los parámetros medios de operación según mediciones de campo.

Tabla 3.37. Parámetros de operación del Caldero Fulton FB900.

Parámetro de operación del caldero FULTON FB900			
DATOS	MAX	MIN	MED
Presión salida de vapor (Psi)	150.00	110.00	130.00
Temperatura salida vapor (C°)	150.00	138.00	140.00
Temp. Salida de gases (C°)	190.00	150.00	170.00
Temp. Ingreso agua cond. (C°)	72.00	61.00	68.30
Presión ingreso agua (Psi)			150.00
Presión distribuidor (Psi)	149.00	112.00	130.50
Poder calórico del diesel #2 (kJ/kg, Qin)			26382.22
Consumo medio diario Gal/día	742.50	269.40	374.00
Factor de servicio (%), tiempo permanece encendido el quemador)			40.00%

(Fuente: Dep. Mantenimiento, Hospital Baca Ortiz y propia, 2017).

Para el análisis integral del rendimiento energético del sistema de calderos se considera variables como las temperaturas de pared de caldera y la temperatura ambiente, para esto se realizó un barrido de mediciones para determinar valores puntuales y posteriormente medios, como se muestra en el Anexo C. En el siguiente esquema se representa los puntos donde fueron tomadas las mediciones de temperatura de pared del caldero y las temperaturas del ambiente circundante.

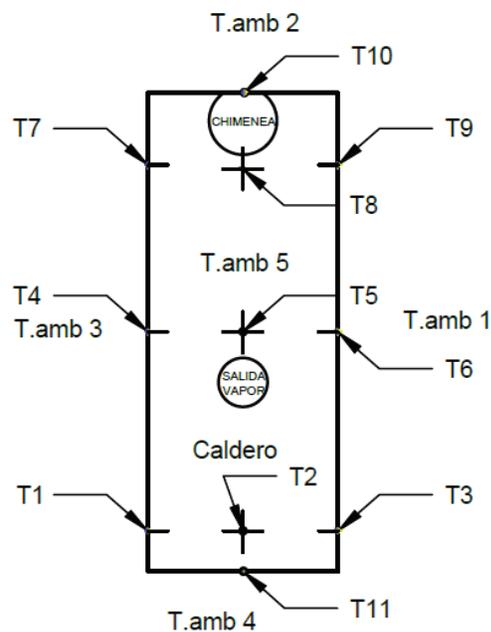


Figura 3.47. Puntos de medición de temperaturas en el caldero. (Fuente: propia).

De donde obtenemos temperaturas promedio medidas alrededor del equipo (ver anexo C):

Tabla 3.38. Temperaturas medias de pared del caldero y temperaturas medias ambiente.

T1 (C°)	T2 (C°)	T3 (C°)	T4 (C°)	T5 (C°)	T6 (C°)	T7 (C°)	T8 (C°)	T9 (C°)	T10 (C°)	T11 (C°)
35,8	46,7	37,2	49,8	58,7	52,4	37,8	62,7	38,2	54,9	54,8
T. amb1	T. amb2	T. amb3	T. amb4	T. amb5	MED.					
22,0	21,6	21,6	21,3	21,6	21,6					

(Fuente: propia, del Anexo C).

En el anexo C también se determinó que la temperatura media de las paredes del caldero es 48.1°C. De igual manera las temperaturas medias registradas del ambiente circundante en un periodo de 8 horas alrededor del caldero es 21.6°C.

### 3.5. Cálculo y análisis de datos (Balances, ELB, IDENs, Oportunidades)

#### 3.5.1. Evaluación inicial

##### 3.5.1.1. Evaluación del consumo de las bombas del sistema de vacío

El hospital registra las horas de trabajo que los equipos, conociendo la potencia podemos determinar la energía mensual y total anual utilizada para generar vacío en el sistema, tal como se indica en las tablas 3.28 y 3.28.

$$Energía Consumida Total = Pot. \times horas = kWh \quad Ec. 3.1$$

Por lo tanto, al sumar las horas de trabajo de los equipos, la cantidad total de consumo energético del sistema de vacío es:

$$Consumo energético (anual) = kWh(bomba1) + kWh(bomba2) \quad Ec. 3.2$$

$$Consumo energético (2015) = 22801.35 + 22139.7 = 44941.1kWh/año$$

$$Consumo energético (2016) = 22831.6 + 22678.15 = 45509.75kWh/año$$

El consumo energético durante el 2015 y 2016 podemos evaluarlos gráficamente.

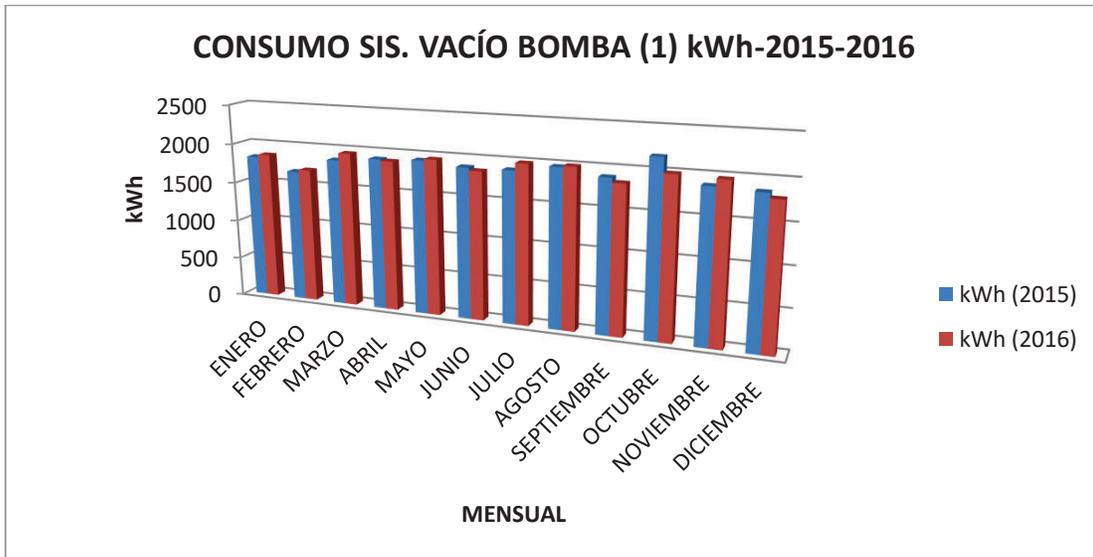


Figura 3.48. Consumo eléctrico bomba de vacío 1, kWh/Mensual, comparación 2015 y 2016. (Fuente: propia).

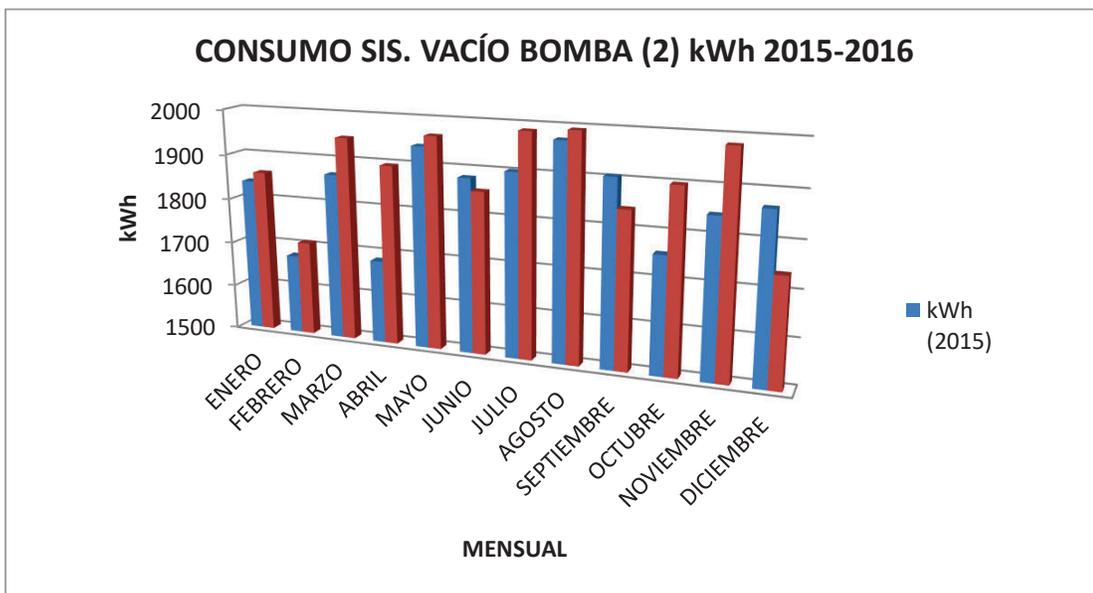


Figura 3.49. Consumo eléctrico bomba de vacío 2, kWh/Mensual, comparación 2015 y 2016. (Fuente: propia).

De los datos obtenidos concluimos que existe un consumo mayor en el 2016 de 1.2% respecto al 2015, como se mencionó respecto al sistema de gases medicinales, se aumentó puntos de consumo en habitaciones, por tal razón también el número de pacientes que necesitan de este servicio.

El consumo de la bomba de vacío 1 se refleja un pico en el mes de octubre del 2015, esto se debe muy probablemente a que los niños en estos meses ingresan a la escuela y son más propensos a contagios de enfermedades. La bomba de vacío 2 por otro lado refleja un comportamiento aleatorio, esto se debe probablemente a que la bomba en ocasiones ha trabajado como un backup, al momento de realizar mantenimientos preventivos o correctivos, lo que indica que la bomba de vacío 1 trabaja como equipo principal. En la siguiente gráfica se refleja el comportamiento en conjunto de los dos equipos.

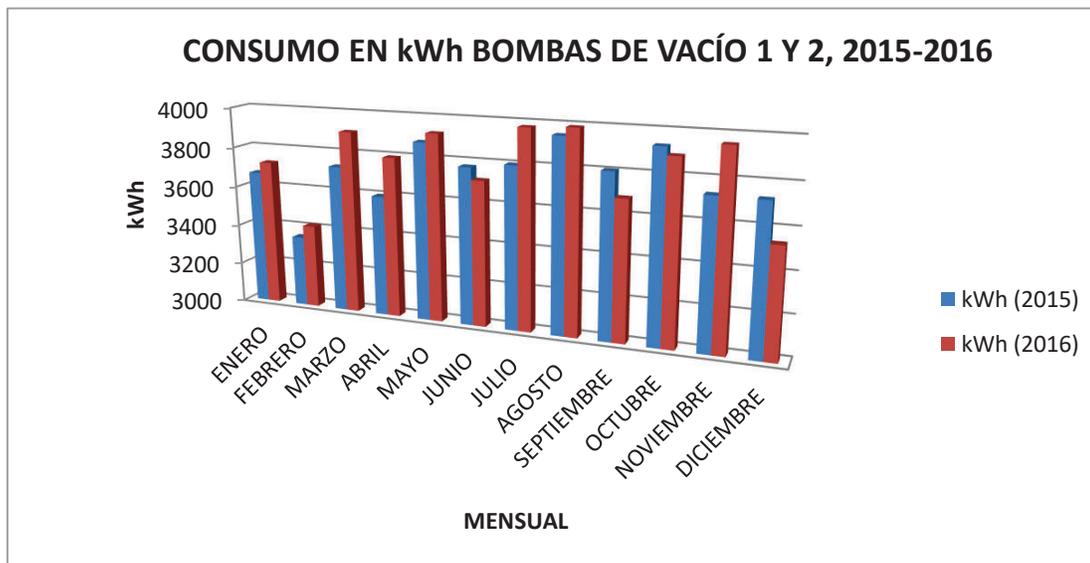


Figura 3.50. Consumo eléctrico bombas de vacío 1 y 2, kWh/Mensual, comparación 2015 y 2016. (Fuente: propia).

En el gráfico consolidado demuestra un consumo equivalente entre el año 2015 y 2016, por ejemplo, entre el mes de enero y junio se evidencia picos o tendencias similares, mientras que en los meses de julio, noviembre y diciembre no son similares, sin embargo, se puede decir que el 75% del periodo evaluado es regular.

### 3.5.1.2. Evaluación del consumo, factor de conversión energético y eficiencias termodinámicas del sistema de compresores para aire medicinal

La producción de aire comprimido en el año 2016 es 13% mayor al 2015, esto principalmente se debe a que se han habilitado más puntos de consumo en el hospital. Para determinar el consumo energético se conoce que los compresores son iguales de 5Hp (3.7kW), adicional, la capacidad volumétrica es de 6.8L/s (24.5m<sup>3</sup>/h), con estos datos podemos determinar el factor de conversión energético kWh/m<sup>3</sup>.

$$\frac{Pot. compresor}{Caudal} = \frac{3.7kW}{24.5m^3/h} = 0.15kWh/m^3$$

Si multiplicamos este indicador por el gasto total de aire del hospital obtenemos que el consumo energético en los dos años sea:

$$Consumo Energético (2015) = \frac{0.15kWh}{m^3} * 43027m^3 = 6556 kWh/año$$

$$Consumo Energético (2016) = \frac{0.15kWh}{m^3} * 48526m^3 = 7394 kWh/año$$

El consumo promedio mensual es, por lo tanto:

$$\frac{6556 \frac{kWh}{año}}{12} = \frac{546.33kWh}{mes} (2015)$$

$$\frac{7394 \frac{kWh}{año}}{12} = \frac{616.16kWh}{mes} (2016)$$

Los equipos del sistema de administración de aire criogénico son rentados a la empresa Linde Ecuador S.A., sin embargo el consumo energético eléctrico lo paga el hospital debido a que este valor varía en función de la demanda, la empresa Linde suministra equipos para un consumo máximo, en el caso de que el hospital llegue a superar la demanda máxima estimada, Linde proveerá de equipos de mayor capacidad, sin embargo podemos evaluar los consumos energéticos anuales y las eficiencias termodinámicas de los mismos.

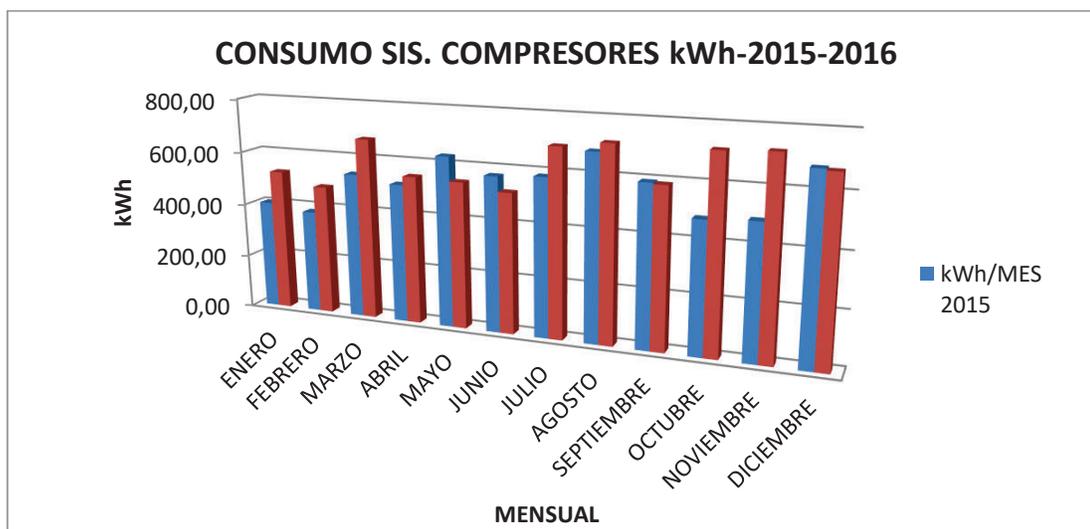


Figura 3.51. Consumo eléctrico compresores del sistema de aire medicinal, kWh/Mensual, comparación 2015 y 2016. (Fuente: propia).

Se puede observar que, en los meses de marzo, octubre y noviembre del 2016 existe picos de consumos al igual que otros sistemas, esto se debe a que en estos meses existe mayor número de ingresos, lo que puede deberse a factores como el ingreso a clases de los niños en el mes de septiembre y octubre, así como en el mes de marzo debido a la época invernal.

### **Eficiencias termodinámicas del compresor**

Para estimar la eficiencia del compresor se debe considera que el gas comprimido (aire) experimenta tres procesos de compresión termodinámicos ideales que es el proceso isentrópico, politrópico e isotérmico. Para calcular el trabajo requerido por el compresor en los diferentes casos se consideró los siguientes datos.

Presión máxima del compresor, 8bar, o 800 kPa, presión ambiente relativa a la altura de Quito 75 kPa, potencia del motor del compresor 5Hp (3.7 kW) y 87% de eficiencia. En el libro “*Problemas de fundamentos de hidráulica y termotecnia*”, (pg.151), recomienda que la eficiencia mecánica mínima de un compresor tipo scroll se puede considerar en un 90% y el rendimiento volumétrico también en 90%, (V. Erojin & G. Mjankó, 1986). Adicional se realizó una iteración de temperaturas entre 8°C a 22°C, que son las temperaturas ambientales mínimas y máximas que se registrarían en Quito.

#### **a. Compresión isentrópica**

La ecuación del trabajo teórico requerido para efectuar una compresión isentrópica en 1 kg de aire es:

$$W_{isent.} = \frac{k}{k-1} RT_1 \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \quad Ec. 3.3$$

Dónde:

$k$ , Es el exponente isentrópico, generalmente es 1.4

$R$ , Constante universal de los gases, 0.287 kJ/kg\*K

$T_1$ , Temperatura de ingreso del aire al compresor (K)

$\frac{P_2}{P_1}$ , Relación de compresión, entre presión atmosférica y la alcanzada.

$$W_{isent.} = \frac{1.4}{1.4 - 1} 0.287 * (T_{8^{\circ}C} - 22^{\circ}C) * \left[ \left( \frac{800}{75} \right)^{0.285} - 1 \right]$$

Del cálculo se determinó que el valor máximo del trabajo del compresor, a 22°C, es **1.7 kW**, mientras que la mínima es **1.6 kW**, la variación entre ambos casos es mínima en promedio de 0.1kW.

La eficiencia isentrópica total para este caso es:

$$n_{isent.} = \frac{W_{isent.}}{W_{motor.} * n_{motor} * n_{mec} * n_{vol}} * 100 \quad Ec.3.4$$

$$n_{isent.} = \frac{1.7kW}{3.7kW * 0.87 * 0.9 * 0.9} * 100 = 65\%$$

### b. Compresión Politrópica

La ecuación del trabajo teórico requerido para efectuar una compresión politrópica en 1 kg de aire es:

$$W_{poli.} = \frac{n}{n - 1} RT_1 \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right] \quad Ec.3.5$$

Dónde:

$n$ , Es el exponente politrópico, generalmente es 1.3

$$W_{poli.} = \frac{1.3}{1.3 - 1} 0.287 * (T_{8^{\circ}C} - 22^{\circ}C) * \left[ \left( \frac{800}{75} \right)^{0.23} - 1 \right]$$

Así mismo, se determinó que el valor máximo del trabajo del compresor, a 22°C, es **1.6 kW**, mientras que la mínima es **1.5 kW**, la variación entre ambos casos es mínima en promedio de 0.1kW.

$$n_{poli.} = \frac{W_{poli.}}{W_{motor.} * n_{motor} * n_{mec} * n_{vol}} * 100 \quad Ec.3.6$$

$$n_{poli.} = \frac{1.6kW}{3.7kW * 0.87 * 0.9 * 0.9} * 100 = 60\%$$

### c. Compresión isotérmica

La ecuación del trabajo teórico requerido para efectuar una compresión isotérmica en 1 kg de aire es:

$$W_{iso.} = RT_1 \ln \left[ \frac{P_2}{P_1} \right] \quad Ec. 3.7$$

$$W_{iso.} = 0.287 * (T_{8^\circ C - 22^\circ C}) \ln \left[ \frac{800}{75} \right]$$

De la iteración, se determinó que el valor máximo del trabajo del compresor, a 22°C, es **1.1 kW**, mientras que la mínima es **1.2 kW**, la variación entre ambos casos es mínima en promedio de 0.1kW.

$$n_{iso.} = \frac{W_{iso.}}{W_{motor.} * n_{motor} * n_{mec} * n_{vol}} * 100 \quad Ec. 3.8$$

$$n_{iso.} = \frac{1.2kW}{3.7kW * 0.87 * 0.9 * 0.9} * 100 = 47\%$$

Estos valores determinan que el proceso isotérmico es el que menos trabajo requiere para realizar la compresión a las condiciones dadas, y el proceso isentrópico es el que mayor trabajo demanda para el compresor.

### 3.5.1.3. Evaluación del gasto de agua, factor de conversión energético y rendimiento de sistema hidroneumático

De la tabla 3.23, verificamos un consumo anual para 2015 y 2016 es 103537m<sup>3</sup> y 99133m<sup>3</sup> respectivamente, donde el año 2015 tuvo un consumo 4% mayor respecto al 2016. Para determinar el consumo energético equivalente al consumo en m<sup>3</sup> de agua, se conoce que la bomba del sistema de abastecimiento es de 25Hp (18.6kW), adicional según el Anexo C. se determinaron los valores del caudal promedio que maneja el equipo que es 69m<sup>3</sup>/h con las respectivas presiones on/off de 3.5 y 5 Bar. De esto se determinó el factor de conversión kWh/m<sup>3</sup> de agua.

$$\frac{Pot. bomba}{Caudal} = \frac{18.6kW}{69m^3/h} = 0.27kWh/m^3$$

Si multiplicamos este indicador por el gasto total del hospital obtenemos que:

$$Consumo Energético bomba (2015) = \frac{0.27kWh}{m^3} * 103537m^3 = 27955 kWh/año$$

$$Consumo Energético bomba (2016) = \frac{0.27kWh}{m^3} * 99133m^3 = 26766 kWh/año$$

En la siguiente gráfica se visualiza la comparación entre los dos años respecto al consumo de agua potable.

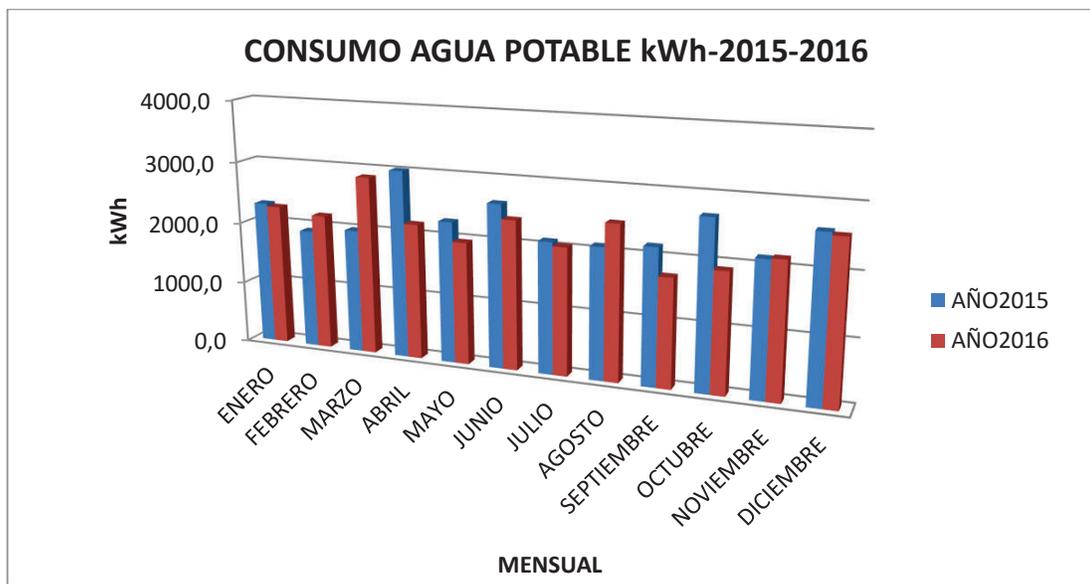


Figura 3.52. Consumo eléctrico de la bomba de agua, sistema de abastecimiento de agua potable, kWh/Mensual, comparación 2015 y 2016. (Fuente: propia).

El consumo del 2015 es mayor en un 4% comparado con el 2016, aunque existen picos y valles equivalentes, podemos observar que en los meses de septiembre y octubre en el año 2016 existe un gran valle, esto se debe posiblemente a que en estos meses el número de egresos fue menor comparado con los mismos meses del año anterior, los pacientes al momento de egresar tienden a bañarse o asearse generalmente. Otra alternativa es que se realiza mantenimiento de la piscina. Es importante que el hospital en el futuro lleve un control de la cantidad de agua que se suministra a la piscina anualmente, ya que por evaporación y mantenimientos la renovación incide en grandes cantidades de agua.

### Usos finales del agua

El hospital dispone de 4 medidores de agua, uno en el ingreso de agua de la cisterna principal, para el agua caliente de lavandería, agua fría para lavandería y finalmente cocina. Del balance de consumos se determinó tanto para el año 2015 como el 2016, el siguiente gráfico:

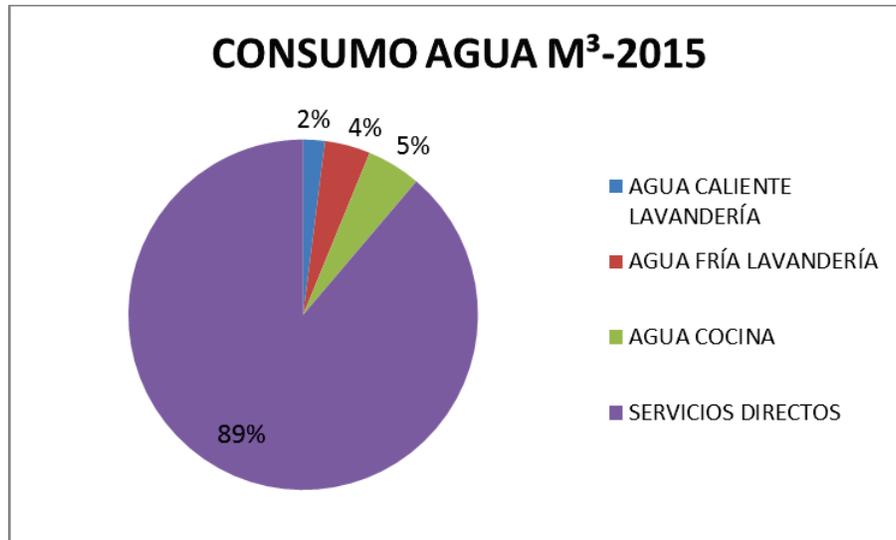


Figura 3.53. Consumo de agua en diferentes servicios, 2015.  
(Fuente: propia).

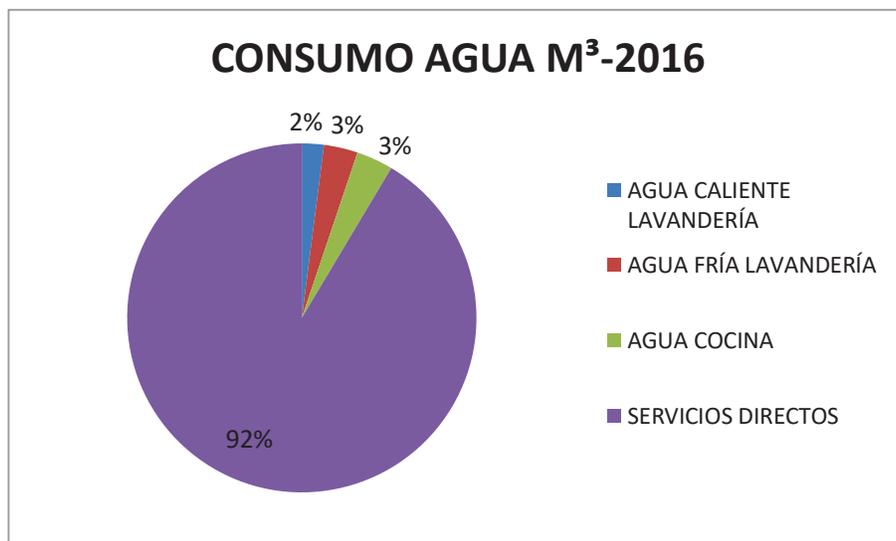


Figura 3.54. Consumo de agua en diferentes servicios, 2016.  
(Fuente: propia).

Podemos mencionar que los porcentajes indicados en los gráficos son los mismos para el consumo energético, aunque el gráfico hace referencia al m<sup>3</sup> de agua consumida. Los servicios directos como inodoros, fregaderos, duchas, ubicados en habitaciones, oficinas, etc. son potenciales objetivos para el desarrollo de eficiencia energética y de continuación de este estudio.

### Análisis energético sistema hidroneumático

Del Anexo C. conocemos que el volumen promedio desplazado en los dos tanques hidroneumáticos por la bomba en cada arranque y parada es de  $1.4\text{m}^3$  (se considera dos tanques hidroneumáticos), por lo tanto, la energía necesaria para presurizar los tanques hidroneumáticos en cada arranque y parada de la bomba es:

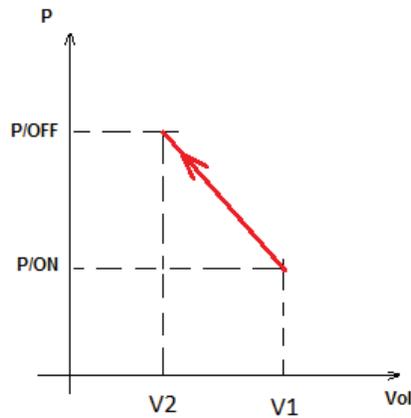


Figura 3.55. Diagrama del trabajo que realiza la presión en el sistema hidroneumático.  
(Fuente: propia).

Del proceso podemos definir que el trabajo que realiza la bomba sobre el sistema hidroneumático es el área bajo la curva.

$$Vol = V2 - V1 \quad \text{Ec. 3.9}$$

$$Energía \text{ Sis. Hidroneumático} = \frac{Vol}{2} * (P_{off} + P_{on}) \quad \text{Ec. 3.10}$$

$$\begin{aligned} Energía \text{ Sis. Hidroneumático} &= \frac{1.4}{2} * (5 + 3.5) * 100000 = 600\text{kJ/arranque} \\ &= 0.2\text{kWh/arranque} \end{aligned}$$

Si dividimos el gasto total anual entre el volumen desplazado estimamos el número de arranques de la bomba.

$$\#arranques_{(2015)} = \frac{103537\text{m}^3}{1.4\text{m}^3} = 73955$$

$$\#arranques_{(2016)} = \frac{99133\text{m}^3}{1.4\text{m}^3} = 70809$$

La energía total consumida anualmente por el sistema hidroneumático es:

$$\text{Energía consumida}_{(2015)} = 73955 * 0.2\text{kWh} = 14791\text{kWh}$$

$$\text{Energía consumida}_{(2016)} = 70809.3 * 0.2\text{kWh} = 14162\text{kWh}$$

Por lo tanto, si consideramos la transmisión de energía desde el motor eléctrico hasta el sistema hidroneumático la eficiencia general del sistema es:

$$n(\%)(2015 - 2016) = \frac{14791 + 14162}{27955 + 26766} = 53\%$$

### 3.5.1.4. Evaluación del consumo de combustible y balance general del caldero y estimación del costo de producción de vapor

De la tabla 3.19, obtenemos los datos de consumo de Diesel en energía, y podemos evidenciar el comportamiento del consumo del diésel en los años 2015 y 2016 en la siguiente gráfica.

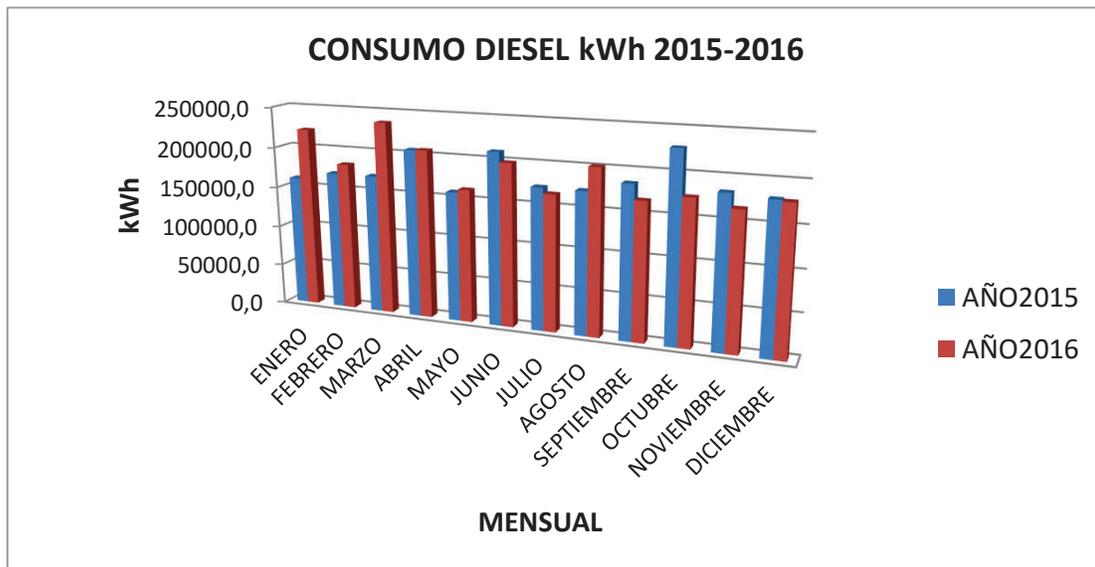


Figura 3.56. Consumo de diésel en kWh/Mensual, comparación 2015 y 2016.  
(Fuente: propia).

Se puede observar que en el mes de marzo del año 2016 y en el mes de octubre del 2015 existen picos relevantes, esto se debe a que en el mes de marzo existen mayores casos de enfermedades típicas de la época invernal, por otro lado, en el mes de octubre es el ingreso al régimen escolar de la sierra por lo que existen mayor cantidad de contagios especialmente entre niños.

## Consumo de combustible

Según la tabla 3.36, el consumo de combustible para el caldero es de 374 Gal/día en promedio, adicionalmente se conoce que el caldero arranca desde las 5:30am y trabaja hasta las 8:00pm, con un total de 14.5 horas todos los días, con un factor de servicio del 40%, por lo tanto, se desea conocer el consumo de combustible por cada hora.

$$374 \frac{\text{Gal}}{\text{día}} * \frac{1 \text{ día}}{(14.5 * 0.4)h} = \frac{64.5 \text{ gal}}{h}$$

Por motivos de equivalencia, la unidad se trabajará en el SI (Sistema Internacional), para la conversión a flujo másico se considera una densidad del diésel 2 de 857kg/m<sup>3</sup>, esto a una temperatura óptima de 15°C similar al promedio de Quito que es 14°C.

$$64.5 \frac{\text{gal}}{h} = 0.24 \frac{\text{m}^3}{h} = 0.24 \frac{\text{m}^3}{h} * 857 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 205.7 \frac{\text{kg}}{h}$$

Como se mencionó en el primer capítulo, el hospital funciona con dos calderos de iguales capacidades, que trabajan alternadamente cada semana. Los datos nominales de los calderos se presentan a continuación.

## Análisis parámetros de la combustión

El hospital realiza anualmente análisis de combustión de los calderos 2 y 3, con empresas privadas contratadas, para el caso de estudio consideramos el caldero 2, ya que es donde se realizaron las diferentes mediciones. En la siguiente tabla se indica los resultados del análisis de gases realizados en el mes de septiembre del 2016.

Tabla 3.39. Datos del análisis de gases del caldero 2 en septiembre del 2016.

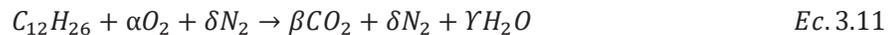
Datos de análisis de gases				
DATOS	Carga baja	Carga media	Carga alta	Promedio
Temperatura de salida gases de escape ( C°)	181.00	235.00	253.00	223.00
Temperatura ambiente (cuarto de máquinas) ( C°)	25.90	28.20	27.10	27.07
Exceso de Aire%	24.00%	64.00%	15.00%	34.33%
Eficiencia de la combustión %	87.40%	82.30%	84.70%	84.80%
Concentración O2 %	4.10%	8.20%	2.80%	5.03%
Concentración CO2 %	12.70%	9.60%	13.70%	12.00%
Concentración N2=100%-CO2%+O2%	91.40%	98.60%	89.10%	93.03%
Concentración SO2 (PPM)	138.00	179.00	209.00	175.33
Concentración CO (PPM)	0.00	21.00	15.00	12.00
Concentración COX (PPM)	57.00	78.00	89.00	74.67
Opacidad (#humo)	0.00	0.00	0.00	0.00

(Fuente: Solinec, Informe 001-2016).

**Nota:** para el presente caso de estudio se considerará como válidos a todos los parámetros de la tabla 3.37, con excepción de la temperatura ambiente y temperatura de gases de escape, ya que se desconoce bajo que circunstancias fueron medidas y están totalmente distorsionadas de los valores tomados según el Anexo C.

Con los datos de la tabla anterior se puede comparar la relación aire combustible teórica y real. Según datos obtenidos del diésel 2, su fórmula química básica es:  $C_{12}H_{26}$ , (ver Anexo F), por lo tanto:

$$\begin{array}{l} \text{Aire} \quad O_2 \rightarrow 21\% \rightarrow \alpha \\ \quad \quad N_2 \rightarrow 79\% \rightarrow \delta \end{array} \quad \gg \delta = (\alpha) \frac{79}{21}$$



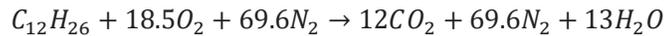
$$\mathbf{C:} \quad 12=\beta \quad \beta=12$$

$$\mathbf{H:} \quad 26=2\gamma \quad \gamma=13$$

$$\mathbf{O:} \quad 2\alpha=2\beta+\gamma \quad \alpha=18.5$$

$$\mathbf{N:} \quad \delta=79(\alpha)/21 \quad \delta=69.6$$

La ecuación reemplazando los valores de factores.



Por lo tanto:

$$\text{masa de aire} = 18.5 \times 2 \times 16 + 69.6 \times 2 \times 14 = 2540.8 \text{ kg aire}$$

$$\text{masa de combustible} = 12 \times 12 + 26 \times 1 = 170 \text{ kg de combustible}$$

$$\text{Relación aire – combustible (teórica)} = \frac{\text{masa de aire}}{\text{masa combustible}} \quad \text{Ec. 3.12}$$

$$\text{Relación aire – combustible (teórica)} = \frac{2540.8}{170} = 14.95 \frac{\text{kg aire}}{\text{kg combustible}}$$

Pesos moleculares de los elementos que intervienen en la ecuación de combustión:

Elemento	Peso molecular
Carbono (C)	12
Hidrogeno (H)	1
Oxígeno (O)	16
Nitrógeno (N)	14

Por lo tanto, la comprobación matemática es:

$$12(12) + 26(1) + 18.5 \times 2(16) + 69.6 \times 2(14) = 2710.8$$

$$12(12) + 12 \times 2(16) + 69.6 \times 2(14) + 13 \times 2(1) + 13(16) = 2710.8$$

### Relación aire combustible real

Para realizar este análisis se considera los valores promedio emitidos por el equipo analizador de gases. Los valores de exceso de aire nos permiten determinar la relación aire combustible real con que el equipo trabaja.

$$\% \text{ exceso de aire} = \frac{\text{Rel. real} - \text{Rel. teórica}}{\text{Rel. teórica}} * 100 \quad \text{Ec. 3.13}$$

### Con llama baja.

$$Rel.real = (exceso\ de\ aire * Rel.teórica + Rel.teórica) * 10 \quad Ec. 3.14$$

$$Rel.real = (0.24 * 0.1495 + 0.1495) * 100 = 18.53 \frac{kg\ aire}{Kg\ combustible}$$

### Con llama media

$$Rel.real = (0.64 * 0.1495 + 0.1495) * 100 = 24.51 \frac{kg\ aire}{Kg\ combustible}$$

### Con llama alta

$$Rel.real = (0.15 * 0.1495 + 0.1495) * 100 = 17.91 \frac{kg\ aire}{Kg\ combustible}$$

Según la información obtenida por el análisis e gases, el valor medio es 20.31, aparentemente la relación más eficiente que se puede alcanzar es cuando se trabaja con llama alta es decir a la máxima capacidad del caldero. Sin embargo, la máxima eficiencia de combustión se alcanza en llama baja. Por lo tanto, el punto más eficiente de operación es el de llama baja, ya que el exceso de aire es promedio y la eficiencia de combustión es la mayor 87.4%, adicional que en este punto el monóxido de carbono es cero y la opacidad es cero.

### Pérdidas de energía

La ecuación del balance de una caldera se puede escribir de la siguiente manera:

$$Q_{in} = Q_{útil} + \sum Q_{pérdidas} \quad Ec. 3.15$$

Dónde:

$Q_{in}$ , Es el poder calórico inferior del combustible kJ/kg.

$Q_{útil}$ , Es el calor útil que se realiza el trabajo de evaporación kJ/kg

La sumatoria de las pérdidas se define como:

$$\sum Q_{pérdidas} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad Ec. 3.16$$

Dónde:

$Q_1$ , Las pérdidas por el calor sensible de los humos o gases de escape.

$Q_2$ , Las pérdidas de calor debido a la combustión químicamente incompleta y las pérdidas debidas al combustible no quemado.

$Q_3$ , Las pérdidas de calor debidas a la transferencia de calor por conducción, convección y radiación.

#### **a. Pérdidas por gases de combustión**

La pérdida de calor sensible de los gases de combustión se determina como la diferencia entre la entalpía de los gases que salen y la entalpía del aire que ha participado en la combustión, (V. Erojin & G. Mjankó, 1986). Consideraremos que los gases de combustión se asemejan al aire estándar, esto por motivos de estimar el valor de energía perdida, por lo tanto, si la temperatura de la salida de gases en promedio es  $170\text{ }^\circ\text{C}$  y la temperatura ambiente alrededor de la caldera es  $21.6\text{ }^\circ\text{C}$  (ver tabla 3.36, y Anexo C).

Determinamos las entalpías correspondientes.

$$h_{170^\circ\text{C}} = 444.6 \text{ kJ/kg (Yunos A. Cengel-tabla A-17)}$$

$$h_{21.6^\circ\text{C}} = 295.17 \text{ kJ/kg (Yunos A. Cengel tabla A-17)}$$

$$Q_1 = h_{170^\circ\text{C}} - h_{21.6^\circ\text{C}} = 444.6 - 295.17 = 149.43 \text{ kJ/kg} \quad \text{Ec. 3.17}$$

#### **b. Pérdidas de calor por ineficiencia de la combustión.**

El porcentaje de eficiencia de la combustión puede ser calculado a partir de la resta del porcentaje de pérdidas de calor en la combustión. (Pedro Vicente, 2015). Podemos partir desde los datos emitidos por el análisis de gases en la tabla 3.37, donde la eficiencia de la combustión es dada por:

$$\eta(\%) = 100 - P_{inq}(\%) \quad \text{Ec. 3.18}$$

Dónde:

$\eta$ , Eficiencia de la combustión media =  $84.8\% = 85\%$  (análisis de gases: Solinec)

$P_{inq}(\%)$ , Porcentaje de calor perdido en la combustión.

Del análisis de gases conocemos la eficiencia de la combustión en diferentes regímenes de operación, por lo tanto, despejando la ecuación 3.18:

$$P_{inq}(\%) = 100 - \eta(\%)$$

**Con llama baja.**

$$P_{inq}(\%) = 100 - 87.4 = 12.6\%$$

**Con llama media**

$$P_{inq}(\%) = 100 - 82.3 = 17.7\%$$

**Con llama alta**

$$P_{inq}(\%) = 100 - 84.7 = 15.3\%$$

Siendo el promedio de pérdidas de calor por la combustión 15.2%. Adicional la mayor cantidad de pérdidas de calor se produce en el régimen de llama media y la menor en llama baja. Por lo tanto, para cada condición de llama las pérdidas se definen.

$$Q_2 = Q_{in} * P_{inq}(\%) \quad \text{Ec. 3.19}$$

**Llama baja:**  $Q_2 = Q_{in} * P_{inq}(\%) = 26382.22 * 12.6\% = 3324.16 \text{ kJ/kg}$

**Llama media:**  $Q_2 = Q_{in} * P_{inq}(\%) = 26382.22 * 17.7\% = 4669.65 \text{ kJ/kg}$

**Llama alta:**  $Q_2 = Q_{in} * P_{inq}(\%) = 26382.22 * 15.3\% = 4036.45 \text{ kJ/kg}$

Siendo el promedio de energía perdida por deficiencia de la combustión.

$$Q_2 = Q_{in} * P_{inq}(\%) = 4010.1 \text{ kJ/kg}$$

### **c. Pérdidas de calor por transferencia**

Respecto a las pérdidas por transferencia de calor debemos considerar que en el caso de la caldera se puede producir pérdidas por los fenómenos de conductividad, convección y radiación de calor. Debemos considerar a la caldera como un elemento cilíndrico sin embargo el diámetro es mucho mayor que el espesor por lo que en el caso de la conducción consideraremos como una pared a toda la envoltura de la caldera.

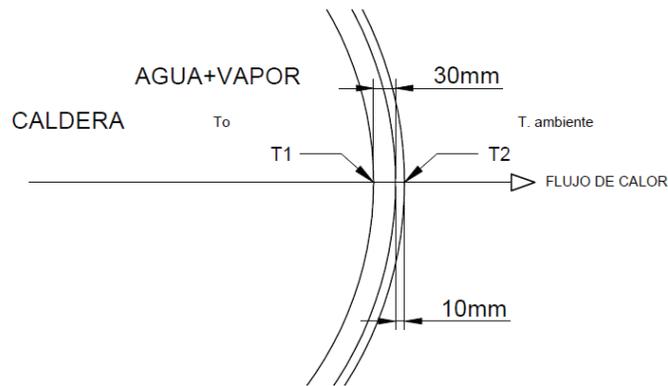


Figura 3.57. Esquema de pared del caldero y flujo de calor.  
(Fuente: propia).

En la figura anterior podemos determinar que la pared de la caldera dispone de una capa de fibra de vidrio de 30mm y la lámina de acero de 10mm, junto con  $T_0, T_1, T_2, T_{\text{ambiente}}$ , que respectivamente son las temperaturas del agua más vapor, temperatura de pared interna, temperatura de pared externa y temperatura ambiente. Por lo tanto:

$$Q_3 = Q_{\text{conducción}} + Q_{\text{convección}} + Q_{\text{radiación}} \quad \text{Ec. 3.20}$$

### 1. Pérdidas por conducción

$$Q_{\text{conducción}} = \frac{kA\Delta T}{L} \quad \text{Ec. 3.21}$$

Dónde:

$k$ , Es la conductividad térmica del material

$A$ , El área transversal al flujo de calor.

$\Delta T$ , La variación de temperaturas entre el punto uno de la pared con el punto dos de la pared.

$L$ , Es la longitud o espesor de la pared.

Como es una pared compuesta por dos elementos podemos expresar la ecuación de flujo de calor como:

$$Q_{conducción} = \frac{T_1 - T_2}{\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2}} * A \quad \text{Ec. 3.22}$$

Consideramos que el valor de la termo conductividad de la fibra de vidrio como 0.04 W/m °C y la termo conductividad del acero como 50 W/ m °C. Las temperaturas T1 y T2 en promedio son 140 °C y 48.1 °C, el área total que constituye a la caldera (cuerpo cilíndrico) es 42.2 m<sup>2</sup>, (ver tabla 3.36 y tabla 3.37.) por lo tanto, en promedio el calor que se pierde por conducción es:

$$Q_{conducción} = \frac{140 - 48.1}{\frac{0.03}{0.04} + \frac{0.01}{50}} * 42.2 = 5395W = 5.4kJ/s$$

Si consideramos que el equipo se encuentra operativo en promedio 14.5 horas.

## 2. Pérdidas por convección

$$Q_{convección} = hA\Delta T \quad \text{Ec. 3.23}$$

Donde  $h$ , es el coeficiente de conductividad térmica del medio, considerando que el equipo se encuentra en el interior del cuarto de máquinas y que no existe ventilación forzada, se puede estimar el valor del coeficiente  $h$  con la siguiente expresión (Pedro Vicente, 2015).

$$h = 1.13 \sqrt[4]{\frac{T_2 - T_{ambiente}}{D}} \left( \frac{W}{m^2K} \right) \quad (\text{Vicente, 2015}) \text{Ec. 3.24}$$

$D$ , es el diámetro del cilindro, en este caso el de la caldera,  $T_{ambiente}$  es la temperatura media del ambiente (ver Anexo C).

$$h = 1.13 \sqrt[4]{\frac{48.1 - 21.6}{2.2}} = 3W/m^2K$$

Por lo tanto, las pérdidas de calor por convección son:

$$Q_{convección} = 3 * 42.2 * (48.1 - 21.6) = 3354.9W = 3.4kJ/s$$

### 3. Pérdidas por radiación

$$Q_{\text{radiación}} = \epsilon \nu A (T_2^4 - T_{\text{ambiente}}^4) \quad \text{Ec. 3.25}$$

Donde:

$\epsilon$ , Emisividad de la pared del caldero = .0.75-0.85 para el acero

$\nu$ , Constante de Stefan Boltzmann =  $5.670 \times 10^{-8} \text{W/m}^2 \text{K}^4$

$$Q_{\text{radiación}} = 0.8 * 5.670 \times 10^{-8} * 42.2 * (321.1^4 - 294.6^4) = 5.9 \times 10^3 \text{W} = 5.9 \text{kJ/s}$$

Por lo tanto, las pérdidas totales de calor por transferencia de calor son:

$$Q_3 = \frac{5.4 \text{kJ}}{\text{s}} + \frac{3.4 \text{kJ}}{\text{s}} + \frac{5.9 \text{kJ}}{\text{s}} = \frac{14.7 \text{kJ}}{\text{s}} * 3600 \text{s} = 52920 \text{kJ/h} * 14.5 \text{h} = 767340 \text{kJ/día}$$

### Balance térmico de la caldera

Respecto a la producción de vapor se conoce como dato que la caldera tiene una capacidad nominal de 6610 Lb/h, que es igual a 3004.5 kg/h. La relación aire combustible promedio nos permitirá determinar la masa total de la mezcla de gases de escape.

$$\text{Masa gases escape} = \text{Masa de aire} + \text{Masa de combustible} \quad \text{Ec. 3.26}$$

$$\text{Masa aire} = \text{Masa combustible} * \text{Rel. Aire/combustible} \quad \text{Ec. 3.27}$$

$$\text{Masa gases escape} = 20.31 * 205.7 + 205.7 = 4383.5 \text{kg/h}$$

Inicialmente unificamos las unidades de los flujos de calor, considerando el factor de servicio del 40% los flujos de calor se establecen:

$$Q_1 = 149.43 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * \frac{4383.5 \text{kg}}{\text{h}} = \frac{655026.4 \text{kJ}}{\text{h}} * 0.4 * 14.5 \text{h} = 3799124.6 \text{kJ}$$

$$Q_2 = 4010.1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * \frac{205.7 \text{kg}}{\text{h}} = \frac{824877.5 \text{kJ}}{\text{h}} * 0.4 * 14.5 \text{h} = 4784289.9 \text{kJ}$$

Consideramos que las pérdidas de calor por transferencia se mantienen constantes en las 14.5 de régimen:

$$Q_3 = \frac{52920kJ}{h} * 14.5h = 767340kJ$$

La energía total entregada por el combustible:

$$Q_{in} = \frac{26382.22kJ}{kg} * 205.7 \frac{kg}{h} * 14.5h = 31475571.4kJ$$

Por lo tanto, la energía útil para generar el vapor es:

$$Q_{\acute{u}til} = Q_{in} - Q_1 - Q_2 - Q_3 = 22124816.9kJ \quad Ec. 3.28$$

$$\eta(\%) = \frac{Q_{\acute{u}til}}{Q_{in}} = \frac{22124816.9kJ}{31475571.4kJ} = 71\% \quad Ec. 3.29$$

Los porcentajes respectivos de las pérdidas de calor son:

$$Q_1 = \frac{3799124.6kJ}{31475571.4kJ} * 100\% = 12\%$$

$$Q_2 = \frac{4784289.9kJ}{31475571.4kJ} * 100\% = 15\%$$

$$Q_3 = \frac{767340kJ}{31475571.4kJ} * 100\% = 2\%$$

Por lo tanto podemos reflejar el balance energético de la caldera en la figura:

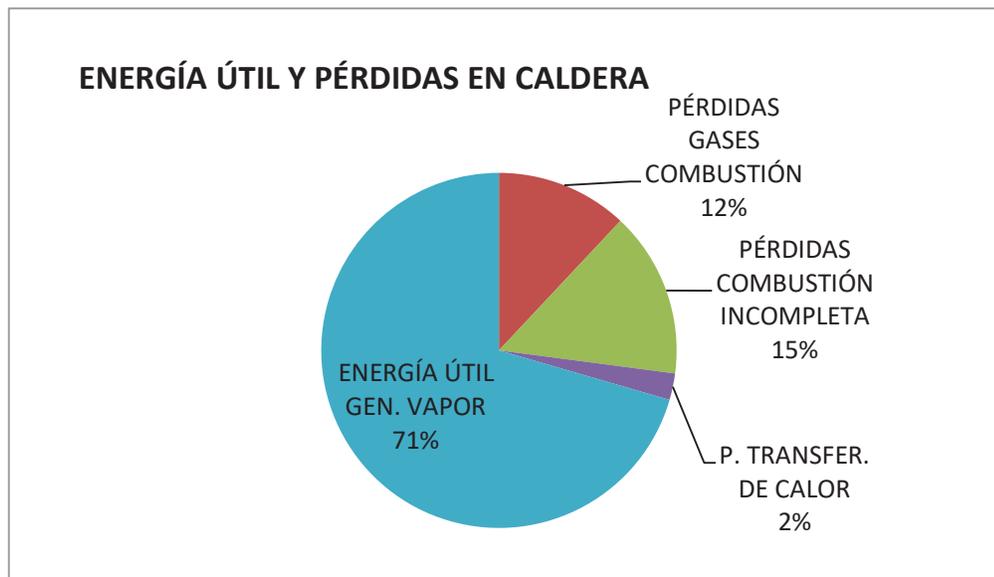


Figura 3.58. Balance energético del caldero, porcentaje de energía útil y pérdidas. (Fuente: propia).

## Estimación del costo de producción de vapor

El costo de generación de vapor está compuesto por el costo de consumo de agua, químicos, mantenimiento de equipos y el combustible, este último aproximadamente representa el 85% del costo general de producción (METROGAS, 2015). Para el cálculo del costo de combustible utilizaremos la ecuación aplicada por la empresa chilena Metrogas, cuyos factores se basan en el poder calórico del combustible, parámetros operativos del vapor y la eficiencia de la caldera. Los costos restantes de operación se estimarán en base al costo calculado de combustible, debido a que el hospital no registra a detalle los costos operativos de operación de calderos.

$$C_C = C_{PC}(H_S - H_W)/n_{caldera} \quad (\text{Metrogas}) \text{ Ec. 3.30}$$

Donde:

$C_C$ , es el costo de generación de vapor (\$/kg)

$C_{PC}$ , precio del combustible (\$/kcal)

$H_S$ , entalpía del vapor a la salida de la caldera (kcal/kg)

$H_W$ , Entalpía del agua de ingreso a la caldera (kcal/kg)

$n_{caldera}$ , Eficiencia de la caldera

Inicialmente realizamos el cálculo del precio de combustible, para esto consideramos el poder calórico del diésel 2 que es 7.34 kWh/kg, o a su vez 6276.9 kcal/kg, el valor que paga el hospital por el diésel es de 0.82 \$/gal y finalmente la densidad del combustible es 857 kg/m<sup>3</sup>.

$$\text{Densidad diésel} = \frac{857 \text{ kg}}{\text{m}^3} = 3.24 \frac{\text{kg}}{\text{gal}}$$

$$C_{PC} = \frac{\text{Costo de combustible } (\$/\text{gal})}{\text{Poder Calórico } \left(\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}\right) * \text{Densidad diésel } (\text{kg}/\text{gal})} \quad \text{Ec. 3.31}$$

$$C_{PC} = \frac{0.82 \$/\text{gal}}{6276.9 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} * 3.24 \frac{\text{kg}}{\text{gal}}} = 4.032 \times 10^{-5} \$/\text{kcal}$$

$$C_{PC} = \frac{4.032 \times 10^{-5} \$}{\text{kcal}} * \frac{1 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}}{0.00116222222 \text{ kWh}} = 0.0347 \$/\text{kWh}$$

El cálculo de las entalpías se utilizó en el programa Engineering Equation Solver EES, que acompaña a la sexta edición del libro de Y. Cengel y M. Boles, sexta edición, para esto se consideró los valores de presión y temperatura del vapor de salida y agua de alimentación al caldero, según la tabla 3.36.

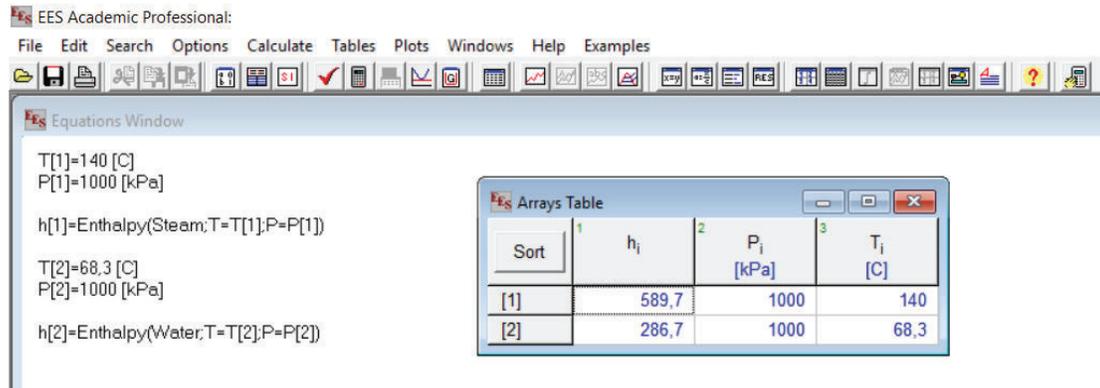


Figura 3.59. Cálculo de entalpías en (kJ/kg), en función de las propiedades termodinámicas de vapor y agua. (Fuente: EES, 2008).

Por lo tanto, las entropías en kcal/kg y el costo de combustible son:

$$H_s = 589.7 \frac{kJ}{kg} = 141 \frac{kcal}{kg}$$

$$H_w = 286.7 \frac{kJ}{kg} = 68.5 \frac{kcal}{kg}$$

$$C_c = \frac{4.032 \times 10^{-5} \frac{\$}{kcal} \left( 141 \frac{kcal}{kg} - 68.5 \frac{kcal}{kg} \right)}{0.71} = \frac{0.004\$}{kg - vapor}$$

Como se mencionó este valor corresponde al 85% del costo total de operación del caldero, para estimar el costo total realizaremos una regla de tres directa:

$$Costo\ total\ de\ operación = \frac{0.0043 * 100}{85} = \frac{0.0051\$}{kg - vapor}$$

Es decir que aproximadamente el costo de operación por otros insumos que no sea el combustible es de 0.0008\$/kg-vapor.

## Resumen de datos obtenidos de la auditoría al caldero del HBO

Tabla 3.40. Resumen valores obtenidos de la auditoría energética de calderos del HBO.

Resumen de datos obtenidos del análisis del caldero			
Consumo y Costo Diesel	2015	Gal	92.520
		\$	148.032
		kWh	2.201.098
	2016	Gal	95.227
		\$	152.363
		kWh	2.265.487
Promedio	Gal/día	374,00	
Relación aire/comb. Teórica.	Kg-aire/Kg-comb.	14,95	
Relación promedio aire/combustible calculada.	Kg-aire/Kg-comb.	20,31	
Exceso promedio de aire. (Solinec)	%	34,30	
Pérdidas de calor por ineficiencia de combustión.	%	15,00	
Pérdida de calor por calor sensible de gases de escape.	%	12,00	
Pérdida de calor por transferencias de calor.	%	2,00	
Eficiencia de conjunto caldera.	%	71,00	
Costos total de operación de la caldera.	\$/kg-vapor	0,005	

(Fuente: propia).

### 3.5.1.5. Evaluación del consumo de GLP

En la siguiente gráfica podemos visualizar el comportamiento del consumo del GLP en los años 2015 y 2016 extraídos de la tabla 3.21.

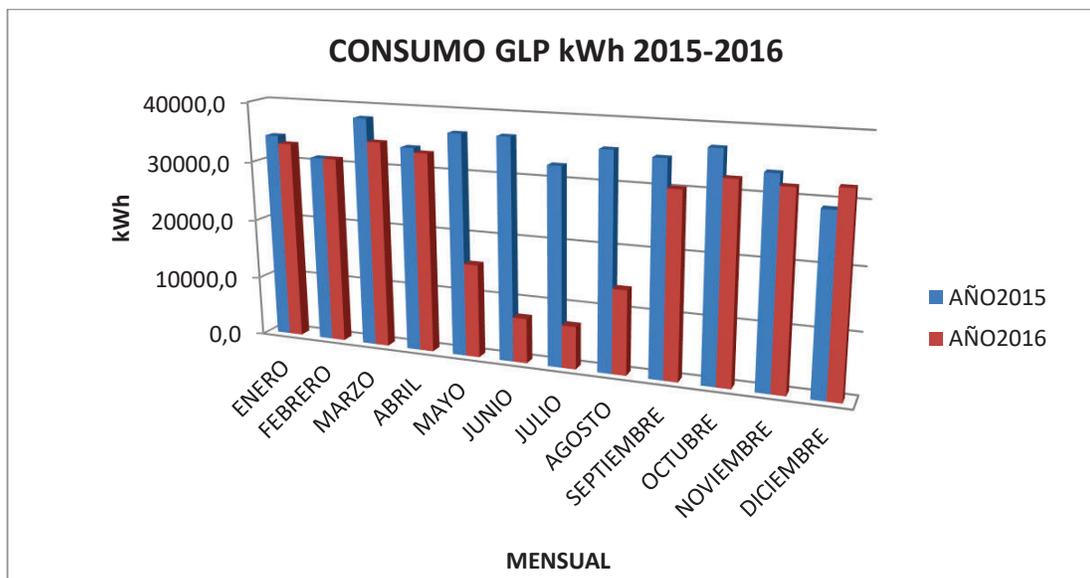


Figura 3.60. Consumo de GLP, kWh/Mensual, comparación 2015 y 2016.  
(Fuente: propia).

Se observa que entre los meses de abril y septiembre del 2016 el consumo se reduce drásticamente, esto se debe a que en estos meses no se proveyó del servicio a la cocina. Si tomamos referencia el año 2015 observamos que el mes de marzo y octubre existen picos relevantes, este se debe a que en el mes de marzo es temporada invernal y puedes existir mayor cantidad de pacientes con enfermedades típicas de la estación, a si también en el mes de octubre es el inicio de la temporada escolar.

### 3.5.2. Líneas Base (ELB) de Consumo Energético e Indicadores Energéticos (IDEn).

Las ELB se constituyen en un instrumento esencial para alcanzar la mejora de los procesos de gestión como el SGEEn que es el objetivo del presente estudio. En el caso del HBO de acuerdo con la matriz energética vamos a analizar tanto los consumos cuanto los sistemas ya descritos anteriormente y una vez obtenida las líneas base obtendremos las líneas objetivo y además los Indicadores energéticos más relevantes de cada uno de los sistemas del HBO.

Los IDENs deben tener en cuenta la forma de utilización del Hospital por lo que en base a su forma de uso por paciente vamos a obtener índices de Consumo por paciente, así como por el área de construcción.

La disponibilidad de camas para los pacientes es una variable que tiene directa relación con la eficiencia del Hospital en términos de que mientras más camas se tenga mayor será el servicio que pueda prestar el mismo.

En este caso hemos recolectado datos de utilización y algunos otros datos relevantes que han sido proporcionados por el personal de mantenimiento de la Institución. Los mismos han sido procesados y se han obtenido valores que nos pueden ser valiosos para el SGEEn y el objetivo que es la utilización eficiente de la energía.

Esto no quiere decir que una vez implantado el SGEEn los miembros propongan otros IDEn que sean importantes para otras áreas del Hospital y en general de los usuarios de su servicio.

Tabla 3.41. Camas Disponibles.

<b>Camas Disponibles 2015 - 2016 HBO</b>			
	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>PROMEDIO</b>
	253	248	250.50
	244	255	249.50
	240	252	246.00
	245	254	249.50
	248	251	249.50
Camas	243	246	244.50
	246	246	246.00
	244	243	243.50
	238	226	232.00
	238	208	223.00
	227	216	221.50
	237	216	226.50
PROMEDIO=	<b>241.92</b>	<b>238.42</b>	<b>240.17</b>

(Fuente: Propia sobre la base de datos proporcionados por el HBO).

### **3.5.2.1. ELB e IDEn del sistema eléctrico**

El Consumo Eléctrico cuya unidad es el kilovatio hora [kWh] nace del consumo o gasto de la energía eléctrica y que es registrado por el medidor electrónico que tiene el HBO y que una vez descargadas las variables eléctricas que registra el mismo se genera la planilla eléctrica del HBO, que la realiza la empresa eléctrica, en este caso la EEQ, la misma se basa en la tarifa general de bajo y medio voltaje con registrador de demanda horaria que se compone de lo siguiente:

A. TARIFA GENERAL B.4.3 C) correspondiente a BAJO Y MEDIO VOLTAJE CON REGISTRADOR DE DEMANDA HORARIA.

Se aplica a los consumidores de la Categoría General de Asistencia Social del Estado, de carácter privado, sin fines de lucro y Entidades de beneficio público del Estado. Para la tarifa aplicada en el HBO el mismo deberá pagar:

a) Un cargo por comercialización en USD/consumidor, independiente del consumo de energía cuyo valor es de USD 1.414.

b) Un cargo por demanda en USD/kW, por cada kW de demanda facturable, como mínimo de pago, sin derecho a consumo, multiplicado por un factor de corrección (FC) cuyo valor es de USD 2.704.

c) Un cargo por energía expresada en USD/kWh, en función de la energía consumida en el período de 07h00 hasta las 22h00 cuyo valor es de USD 0.062.

d) Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida, en el período de 22h00 hasta 07h00, que corresponde al cargo por energía del literal anterior disminuido en 20% y que estará definido en el cuadro de los cargos tarifarios cuyo valor es de 0.052.

Para su aplicación, se debe establecer la demanda máxima mensual del consumidor durante las horas pico de la empresa eléctrica (18h00 a 22h00) y la demanda máxima mensual del consumidor, el cargo por demanda aplicado a estos consumidores debe ser ajustado mediante factor de corrección (FC).

$$FC = \frac{DP}{DM} \quad Ec. 3.32$$

Dónde:

DP, Demanda máxima registrada por el consumidor en las horas de demanda pico de la empresa eléctrica (18h00-22h00).

DM, Demanda máxima del consumidor durante el mes.

El factor de corrección no puede ser menor a 0,60. (Fuente: EEQ pliego tarifario 2015 - 2016).

B. CARGO POR BAJO FACTOR DE POTENCIA:

Para aquellos consumidores de la Categoría General, con medición de energía reactiva, que registren un factor de potencia media mensual inferior a 0.92, se aplicarán los cargos establecidos en el Artículo 27 de la Codificación del Reglamento de Tarifas, en "cargos por bajo factor de potencia".

**PENALIZACIÓN:** La penalización por bajo factor de potencia será igual a la facturación mensual correspondiente a: Consumo de energía, demanda, pérdidas en transformadores y comercialización, multiplicada por el siguiente factor:

$Bfp = (0.92/fpr) - 1$ , donde:

Bfp=Factor de penalización por bajo factor de potencia

Fpr=Factor de potencia registrado

La penalización por bajo factor de potencia es parte integrante de la planilla por venta de energía.

Así mismo, cualquiera sea el tipo de consumidor, cuando el valor medio del factor de potencia es inferior a 0.60, el distribuidor, previa notificación, podrá suspender el servicio eléctrico hasta tanto el consumidor adecue sus instalaciones a fin de superar dicho valor límite" (EEQ, 2016)

En las tablas 3.13 y 3.14, del resumen de las planillas eléctricas del HBO correspondientes a los años 2015 -2016. De los datos de los años 2015 y 2016 se desprende que la tarifa B 4.3 c) el valor promedio del [kWh] es de USD 0.060.

En el caso del HBO el control del factor de potencia tiene un sistema de corrección del factor de potencia fijo y uno variable, el fijo hace que el valor del factor de potencia este entre 0.89 y 0.9 y el variable lo sube a 0.98 y hasta 0.99 como se desprende de las planillas eléctricas del HBO. Por lo cual tiene un excelente control de esta variable eléctrica.

Sobre la base de los cuadros anteriores de consumo eléctrico se ha procedido a realizar un análisis de la línea base y de las líneas meta de consumo eléctrico.

La línea meta LM es el modelo de consumo que se puede alcanzar, el proceso de obtención de la misma es:

- De la línea base se obtienen los puntos de mejor desempeño, primero se encuentra la ecuación a la que responde la línea base.
- Con la Ecuación de la línea base se obtienen los nuevos valores en función de la variable x de la ecuación.
- Se resta el Consumo medido del Calculado y se obtienen los puntos de mejor desempeño energético de consumo que son aquellos que están debajo de la línea de regresión base.
- Con estos puntos se realiza una nueva regresión con la que si los evaluadores como son el error estándar de la regresión EER, el coeficiente de correlación o determinación R<sup>2</sup>, y el coeficiente de Pearson son adecuados, es decir, tienen valores que determinan que existe relación entre las variables.
- Al mismo tiempo aprovechamos la tabla 3.42, para encontrar el índice de Consumo Eléctrico tanto calculado como proyectado.

$$ICEd = \frac{\text{Consumo Eléctrico mes}}{\text{días facturados}} \quad \text{Ec. 3.33}$$

Tabla 3.42. Línea Base del Consumo Eléctrico Promedio año 2015 – 2016 y Línea Meta.

Días Facturados	Mes	Fecha	Consumo Medida (L-D) [kWh]	Consumo Calculada (L-D) [kWh]	Diferencia Consumo medida - Consumo Calculada	IDEn (L-D) [kWh/día]	IDEn Proyectada (L-D) [kWh/día]	Consumo Valores Negativos [kWh]
31	DICIEMBRE	01/12/2014-01/01/2015	172563	171807	756	5567	5542	0
31	ENERO	01/01/2015-01/02/2015	171334	171807	-473	5527	5542	171334
28.5	FEBRERO	01/02/2015-01/03/2015	160189	156243	3946	5621	5482	0
31	MARZO	01/03/2015-01/04/2015	177020	171807	5212	5710	5542	0
30	ABRIL	01/04/2015-01/05/2015	171298	165582	5716	5710	5519	0
31	MAYO	01/05/2015-01/06/2015	172706	171807	898	5571	5542	0
30	JUNIO	01/06/2015-01/07/2015	167422	165582	1840	5581	5519	0
31	JULIO	01/07/2015-01/08/2015	174249	171807	2442	5621	5542	0
31	AGOSTO	01/08/2015-01/09/2015	173996	171807	2188	5613	5542	0
30	SEPTIEMBRE	01/09/2015-01/10/2015	169337	165582	3755	5645	5519	0
32.5	OCTUBRE	01/10/2015-01/11/2015	177120	181146	-4027	5450	5574	177120
28.5	NOVIEMBRE	01/11/2015-01/12/2015	147292	156243	-8951	5168	5482	147292
30.64			169544	168435	13301	5565.20	5529.11	

(Fuente: propia).

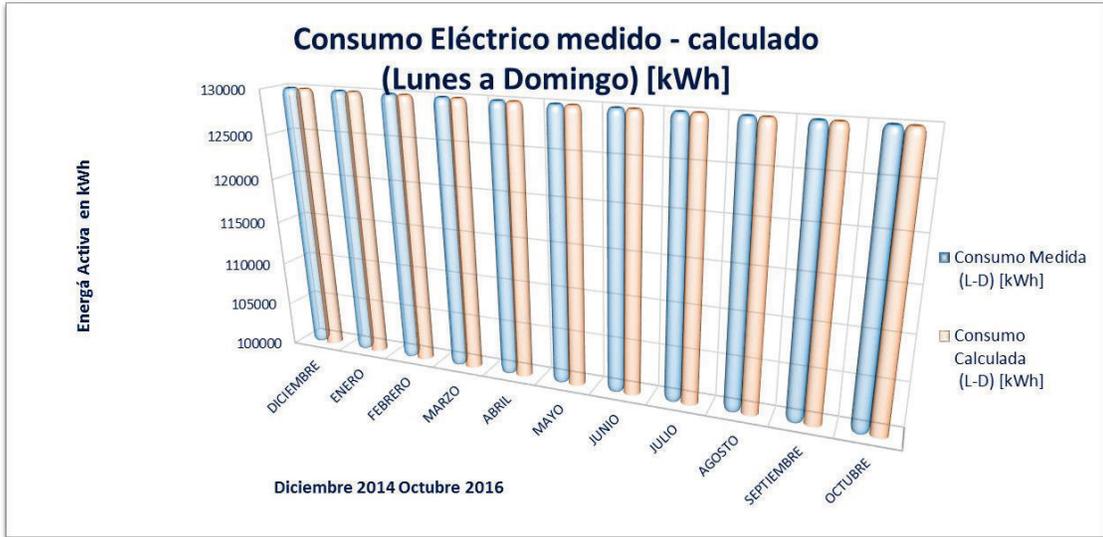


Figura 3.61. Consumo Eléctrico Promedio HBO años 2015 – 2016. (Fuente: Propia).

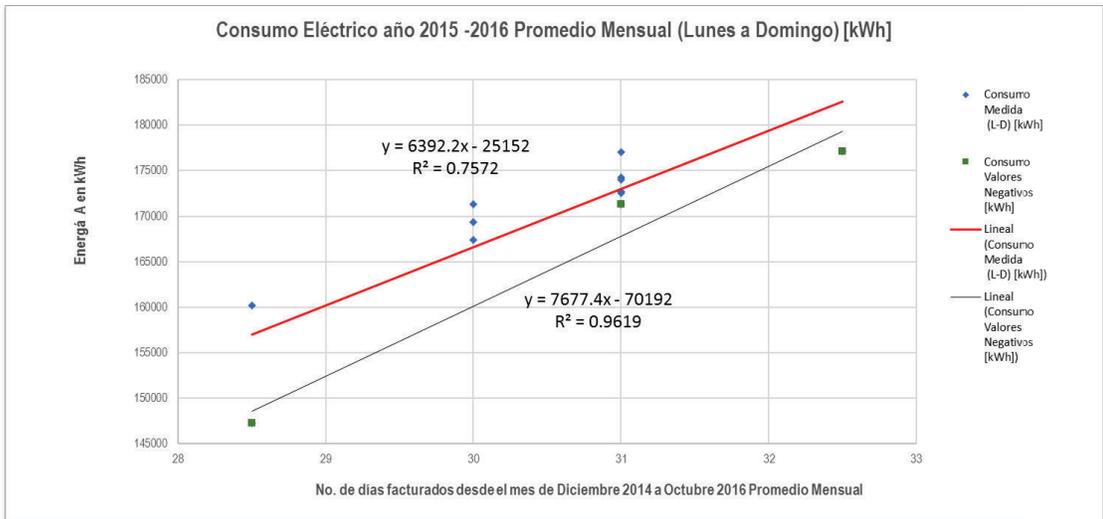


Figura 3.62. Regresiones Lineales del Consumo Eléctrico HBO Promedio año 2015 – 2016. (Fuente: Propia).

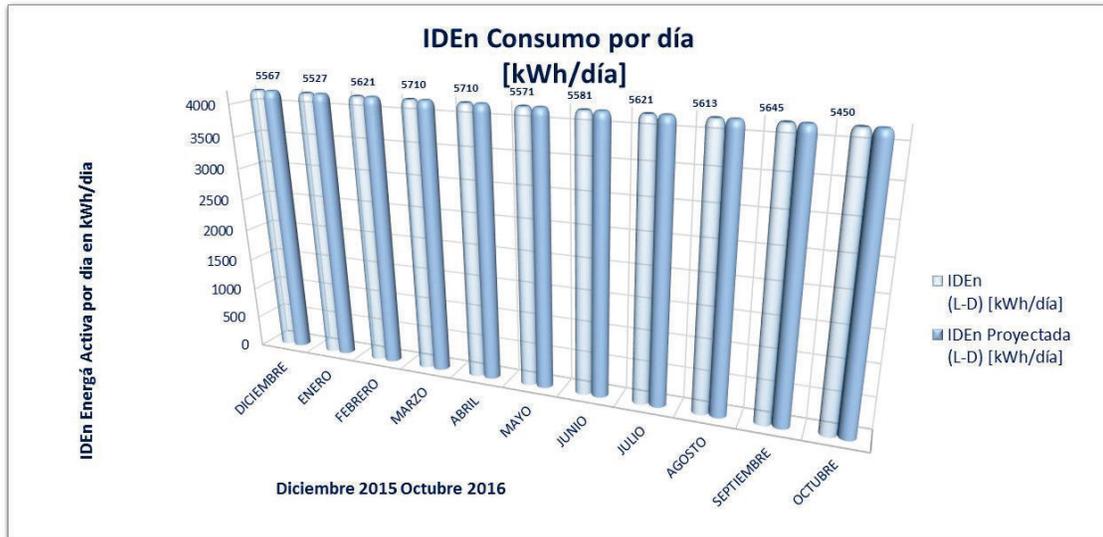


Figura 3.63. IDEn, ICEd Consumo Eléctrico por día promedio 2015 – 2016.  
(Fuente: Propia).

Dado que el coeficiente de correlación o determinación  $R^2$ , en la línea base fue de 0.7572 y obteniendo la línea meta obtenemos un valor de 0.9619, lo cual nos dice que la relación entre el Consumo Eléctrico y el número de días facturado es totalmente válida.

La línea meta tiene por ecuación la siguiente:

$$E (kWh) = 7677.4 \frac{kWh}{día} * día + 70192 kWh \quad Ec. 3.34$$

Dónde:

E, es el Consumo Eléctrico en kWh.

Día, es el número de días de facturación mensual.

Debemos decir que el Sistema Eléctrico incluye:

- Sistema Eléctrico,
- Sistema de Vacío,
- Sistema de gases medicinales,
- Sistema de agua potable, y
- Otros sistemas que usan energía eléctrica.

Por lo cual el índice calculado incluye estos sistemas en cuanto al consumo eléctrico, pero existen índices propios de cada uno de estos sistemas que van a ser calculados a continuación.

### IDEn Consumo Eléctrico por cama disponible mensual

Tabla 3.43. Consumo Eléctrico por Cama Disponible Promedio año 2015 – 2016 y Línea Meta.

Camas Disponibles	Mes	Fecha	Consumo Medido (L-D) [kWh]	Consumo Calculado (L-D) [kWh]	Diferencia Consumo medido - Consumo Calculado	IDEn (L-D) [kWh/cama disponible mensual]	IDEn Proyectado (L-D) [kWh/cama disponible mensual]	Consumo Valores Negativos [kWh]
251	DICIEMBRE	01/12/2014-01/01/2015	172563	171034	1529	689	683	0
250	ENERO	01/01/2015-01/02/2015	171334	170870	464	687	685	0
246	FEBRERO	01/02/2015-01/03/2015	160189	170296	-10108	651	692	160189
250	MARZO	01/03/2015-01/04/2015	177020	170870	6150	709	685	0
250	ABRIL	01/04/2015-01/05/2015	171298	170870	428	687	685	0
245	MAYO	01/05/2015-01/06/2015	172706	170050	2655	706	696	0
246	JUNIO	01/06/2015-01/07/2015	167422	170296	-2875	681	692	167422
244	JULIO	01/07/2015-01/08/2015	174249	169886	4363	716	698	0
232	AGOSTO	01/08/2015-01/09/2015	173996	168001	5994	750	724	0
223	SEPTIEMBRE	01/09/2015-01/10/2015	169337	166526	2811	759	747	0
222	OCTUBRE	01/10/2015-01/11/2015	177120	166280	10839	800	751	0
227	NOVIEMBRE	01/11/2015-01/12/2015	147292	167100	-19808	650	738	147292
241.41			169544	169340	2444	707.05	706.20	

(Fuente: propia).

Como se puede observar el IDEn o indicador energético es de 707.05 kWh/cama disponible, mientras que el IDEn proyectado es de 706.2 kWh/cama disponible.

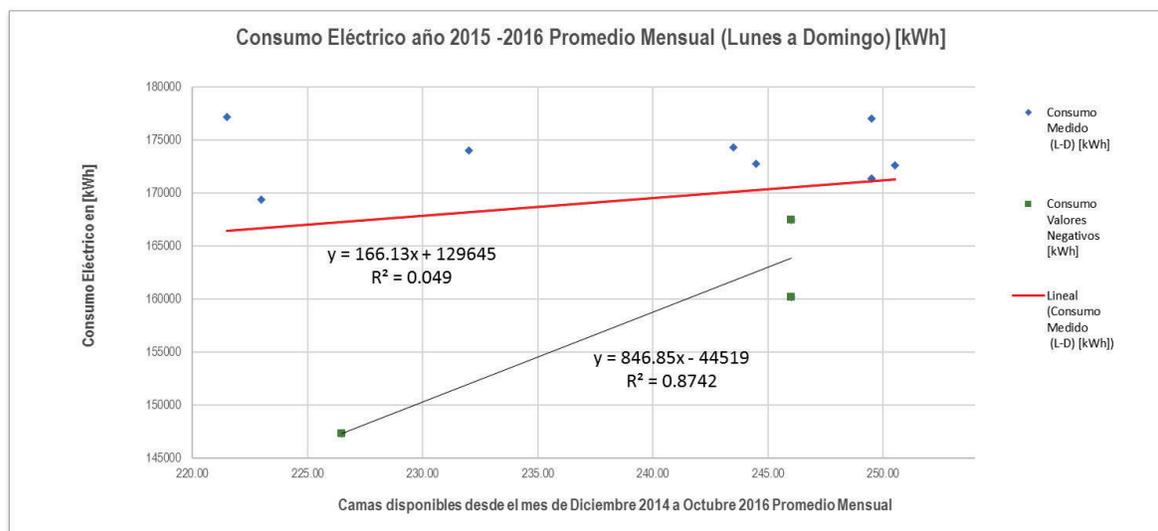


Figura 3.64. Regresiones Lineales del Consumo Eléctrico por Cama Disponible HBO Promedio año 2015 – 2016.  
(Fuente: Propia).

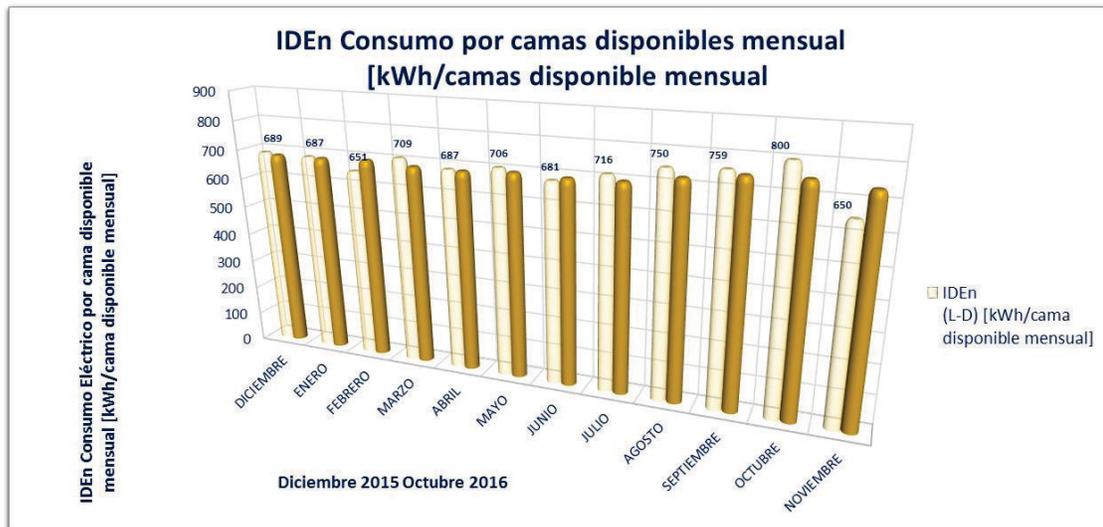


Figura 3.65. IDEn, ICEd Consumo Eléctrico por día promedio 2015 – 2016. (Fuente: Propia).

El coeficiente de correlación o determinación  $R^2$ , en la línea base del Consumo eléctrico por cama disponible es de 0.049 lo cual en principio nos diría que no existe relación entre el consumo eléctrico y las camas disponibles, pero una vez aplicado el método de la línea meta obtenemos un valor de 0.8742, lo cual nos dice que si existe la relación entre el Consumo Eléctrico y el número de camas disponibles.

La línea meta del índice ICEpcd tiene por ecuación la siguiente:

$$E (kWh) = 846.85 \frac{kWh}{cama\ disponible} * cama\ disponible + 44519\ kWh \quad Ec. 3.35$$

Donde:

E, es el Consumo Eléctrico en kWh

Día, es el número de días de facturación mensual

El índice promedio de ICEpcd es de 706.20 [kWh/cama disponible mensual] que servirá para poder evaluar si este valor es posible disminuirlo por una efectiva programación de mantenimiento y buen uso de las camas.

### **IDEn Consumo Eléctrico anual por m<sup>2</sup> de construcción del Hospital**

El metraje de construcción como ya se dijo en el Capítulo I es de 20000 m<sup>2</sup> y el Consumo promedio anual en los años 2015 – 2016 fue de 2'034,523.0 kWh, por lo tanto, el índice es de:

$$ICEm2 = \frac{\text{Consumo Eléctrico mes año}}{m^2 \text{ de construcción}} \quad Ec. 3.36$$

$$ICEm2 = \frac{2'034,523.0 \text{ kWh}}{20000 \text{ m}^2}$$

$$ICEm2 = 101.73 \frac{\text{kWh}}{m^2}$$

### **IDEn Sistema de Aire Medicinal**

Anteriormente habíamos mencionado el factor de conversión kWh/m<sup>3</sup>, que si bien opera como un factor de conversión también puede operar como un indicador energético el cual hacer referencia a una relación directa entre el consumo de energía del compresor frente al gasto o consumo de aire. Para determinar el indicador se conoce que los compresores son iguales de 5Hp (3.7kW) y que trabajan alternadamente, adicional, la capacidad volumétrica es de 6.8L/s (24.5m<sup>3</sup>/h), con estos datos podemos determinar kWh/m<sup>3</sup>.

$$IDEn\left(\frac{\text{kWh}}{m^3\text{-aire}}\right) = \frac{\text{Pot. compresor}}{\text{Caudal vol.}} = \frac{3.7kW}{24.5m^3/h} = 0.15 \text{ kWh}/m^3$$

### **IDEn Sistema de Agua potable Consumo Eléctrico por m<sup>3</sup> de agua**

El factor de conversión kWh/m<sup>3</sup> también puede operar como un indicador energético que refleja el consumo de energía de la bomba como relación directa del gasto de agua.

$$IDEn\left(\frac{\text{kWh}}{m^3\text{-agua}}\right) = \frac{\text{Pot. bomba}}{\text{Caudal}} = \frac{18.6kW}{69m^3/h} = 0.27 \text{ kWh}/m^3$$

#### **3.5.2.2. ELB e IDEn del sistema energético de diésel**

Así como con el Sistema Eléctrico se va a proceder a calcular índices similares para el Consumo de Diesel y luego procederemos con el sistema de vapor. Es necesario recalcar

que estos cálculos se los ha realizado en función de promediar los consumos de meses similares, es decir, enero 2015 y enero 2016.

### IDEn Consumo de Diésel por cama disponible

Tabla 3.44. Consumo de Diesel por Cama Disponible Promedio año 2015 – 2016 y Línea Meta.

Camas Disponibles	Mes	Consumo Medido Promedio (L-D) [kWh]	Consumo Calculado (L-D) [kWh]	Diferencia Consumo medido - Consumo Calculado	IDEn (L-D) [kWh/cama disponible mensual]	IDEn Proyectado (L-D) [kWh/cama disponible mensual]	Consumo Valores Negativos [kWh]
251	ENERO	191684	186938	4746	765	746	0
250	FEBRERO	176369	186847	-10478	707	749	176369
246	MARZO	203740	186527	17213	828	758	0
250	ABRIL	206476	186847	19629	828	749	0
250	MAYO	160914	186847	-25933	645	749	160914
245	JUNIO	204875	186390	18485	838	762	0
246	JULIO	169624	186527	-16904	690	758	169624
244	AGOSTO	187308	186299	1009	769	765	0
232	SEPTIEMBRE	176292	185248	-8956	760	798	176292
223	OCTUBRE	201830	184426	17404	905	827	0
222	NOVIEMBRE	174967	184289	-9322	790	832	174967
227	DICIEMBRE	179212	184746	-5533	791	816	179212
241.41		186108	185994	1362	776.30	775.83	

(Fuente: propia).

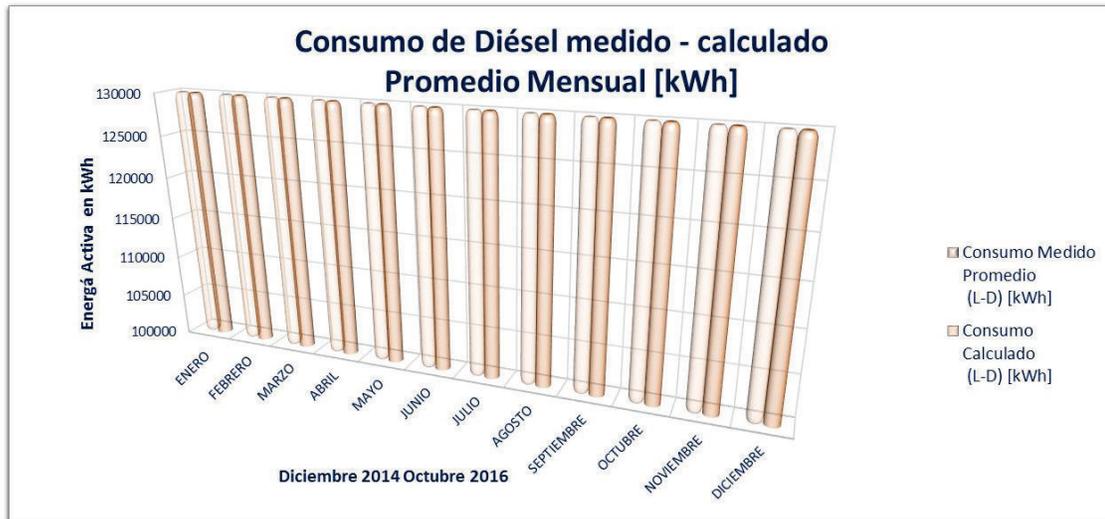


Figura 3.66. Consumo de Diésel medido calculado mensual promedio 2015 – 2016. (Fuente: Propia).

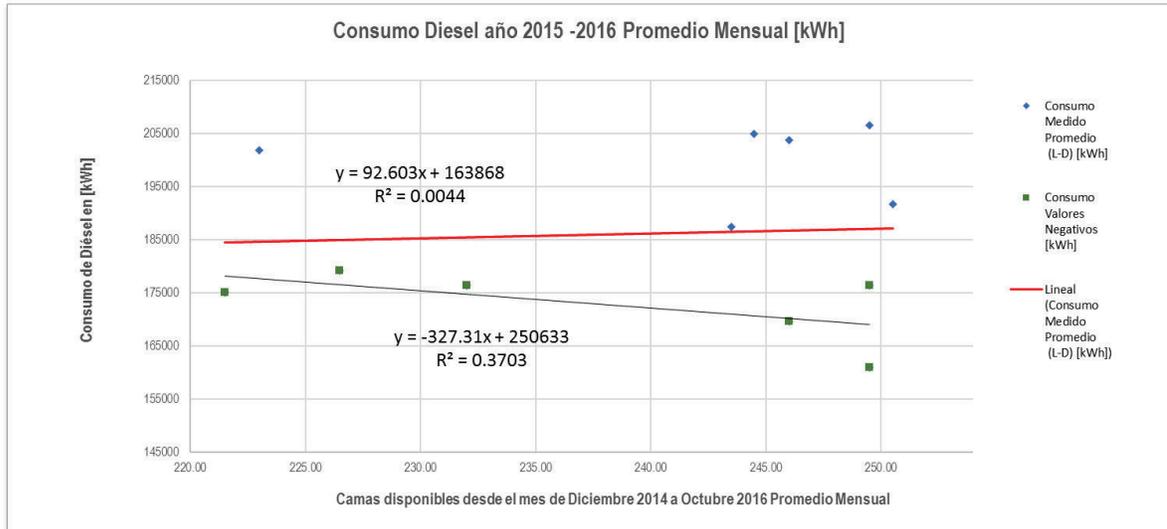


Figura 3.67. Regresiones Lineales del Consumo de Diésel por Cama Disponible HBO Promedio año 2015 – 2016.  
(Fuente: Propia).

El coeficiente  $R^2$ , en la línea base del Consumo de Diésel por cama disponible es de 0.0044 lo cual determina que no existe relación entre el consumo de diésel y las camas disponibles, con el método de la línea meta obtenemos un valor de 0.3703 que tampoco establece ninguna relación. Se procedió a discretizar los datos de consumo de diésel y se estableció tres rangos de consumo:

1. Rango de 160000 a 205000 kWh
2. Rango de 165000 a 179000 kWh
3. Rango mayor a 179000 kWh

Con la tabla de Consumo de Diesel por Cama Disponible Promedio año 2015 – 2016 y Línea Meta, se procedió a eliminar a los valores menores a 165000 [kWh] y mayores a 179000 kWh, obteniéndose la siguiente tabla que nos permite obtener un coeficiente de relación que establece una relación entre

Tabla 3.45. Consumo Diésel por Cama Disponible mes por mes año 2015 – 2016 y Línea Meta rango de Consumo 165000 a 179000 kWh de dichos años.

Camas Disponibles	Mes	Diesel Medido [kWh]	Diesel Calculado [kWh]	Diferencia Diesel medido - Diesel Calculado	IDEn [kWh/cama disponible]	IDEn Proyectada [kWh/cama disponible]	Diesel Valores Negativos Línea Meta M1 [kWh]
244	FEB-2015	170318	171192	-874	698	702	170318
240	MAR-2015	170601	171362	-760	711	714	170601
246	JUL-2016	173126	171107	2018	704	696	0
244	AGO-2015	172952	171192	1760	709	702	0
226	SEP-2016	167185	171956	-4771	740	761	167185
208	OCT-2016	175145	172720	2426	842	830	0
216	NOV-2016	166533	172380	-5847	771	798	166533
216	DIC-2016	178428	172380	6048	826	798	0
230.00		171786	171786	0	750.04	750.02	

(Fuente: propia).

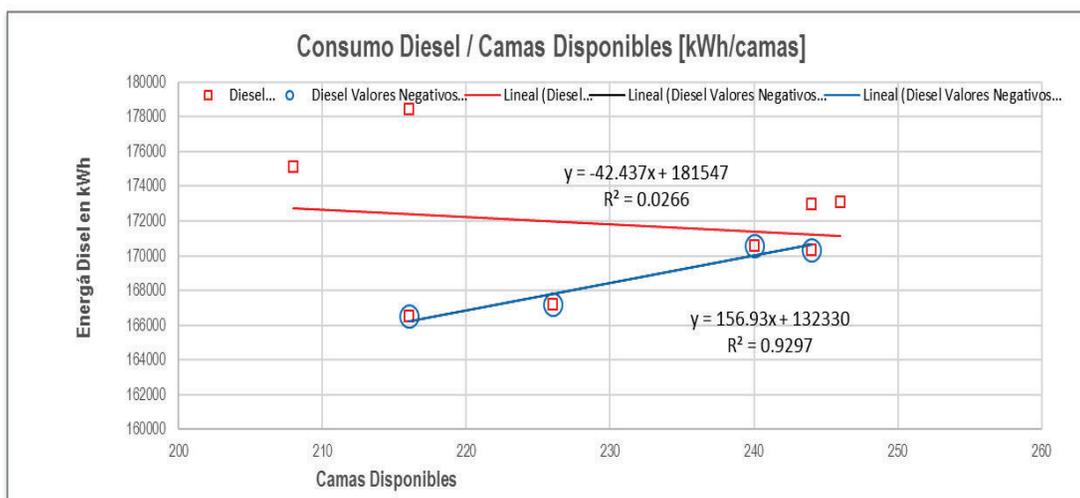


Figura 3.68. Regresiones Lineales del Consumo de Diésel por Cama Disponible HBO Promedio año 2015 - 2016 rango de Consumo 165000 a 179000 [kWh]. (Fuente: Propia).

En el rango de 165000 a 179000 [kWh] se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.9297 en la línea meta lo cual determina que existen consumos que se disparan y que habría que determinar si se debe a desperdicios o usos dispendiosos de los USEn del Diésel. Presentamos las tablas y las regresiones, así como los índices de este rango, es necesario que cuando se implante el SGEN se analice este energético para determinar porque los valores superiores a 179000 [kWh] no se correlacionan con las camas disponibles dado que estas dependen del uso de vapor en sus elementos de vestido sábanas, cobijas, etc.

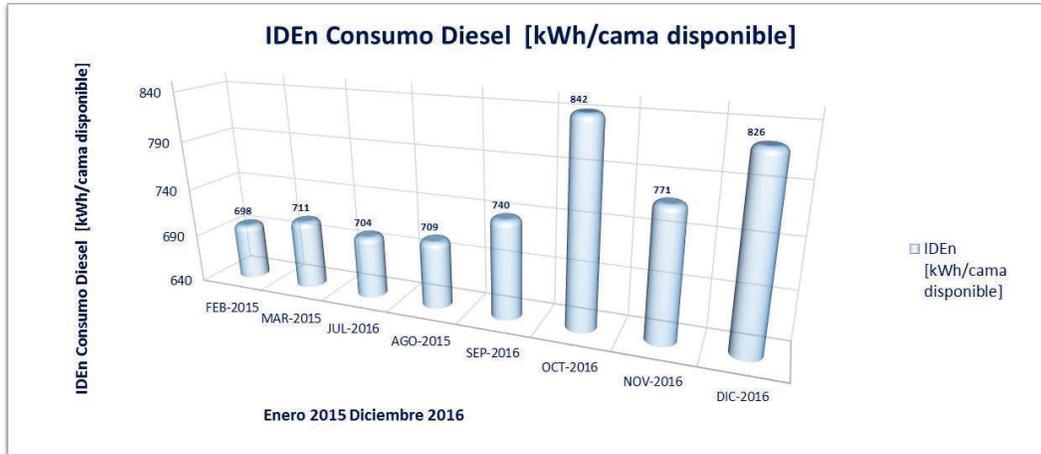


Figura 3.69 IDEn, ICDd Consumo de Diésel por Cama Disponible HBO Promedio año 2015 - 2016 rango de Consumo 165000 a 179000 kWh.  
(Fuente: Propia).

En el rango de 165000 a 179000 [kWh] el promedio del IDEn es de 750 [kWh/cama disponible], que difiere en 25 [kWh/cama disponible] que corresponde a un 3.33% del total de los datos del año 2015 y 2016

### **IDEn Consumo de Diesel anual por m<sup>2</sup> del HBO**

El metraje de construcción como ya se dijo en el Capítulo I es de 20000 m<sup>2</sup> y el Consumo promedio anual en los años 2015 – 2016 fue de 4'466,586.1 [kWh], por lo tanto, el índice es de:

$$ICDm2 = \frac{\text{Consumo Eléctrico mes año}}{m2 \text{ de construcción}} \quad \text{Ec. 3.37}$$

$$ICDm2 = \frac{4'466,586.1 \text{ kWh}}{20000 \text{ m}^2}$$

$$ICDm2 = 223.33 \frac{kWh}{m^2}$$

### **IDEn producción de vapor de vapor**

Para el sistema de vapor podemos destacar otro indicador, U.E/kg-vapor, (Unidades de energía por cada kg de vapor producido), este factor permite determinar la cantidad de energía necesaria para producir un kilogramo de vapor, para el cálculo determinamos los

siguientes datos ya calculados o establecidos como el flujo másico y poder calórico del Diesel:

$$Flujo\ diesel = \frac{205.7kg}{h} * \frac{26382kJ}{kg} = 5426777.4kJ/h$$

$$Producción\ nominal\ de\ vapor = \frac{3004.5kg}{h}$$

Aplicamos el equivalente de kilo joules a kilowatts hora de 0.000278 kWh/kJ.

$$IDEn_{\left(\frac{kWh}{kg-vapor}\right)} = \frac{\frac{5426777.4kJ}{h}}{\frac{3004.5kg}{h}} = \frac{1806.22kJ}{kg} * 0.000278\ kWh/kJ =$$

$$IDEn_{\left(\frac{kWh}{kg-vapor}\right)} = \frac{0.5kWh}{kg - vapor}$$

Este valor determina que para producir un kg de vapor se necesita 0.5 kWh de la energía que provee un kilogramo de diésel.

### 3.5.2.3. ELB e IDEN del sistema energético de GLP

Del mismo modo que los dos anteriores energéticos vamos a calcular sus líneas base, líneas meta e índices energéticos. Cabe mencionar que por datos del Departamento de mantenimiento durante los meses de mayo a agosto del 2016 las mediciones fueron atípicas o más bien no se midió. Por lo que era de esperar que la línea base se distorsione y luego discretizamos eliminando esos valores y otros.

## IDEn Consumo de GLP por cama disponible

Tabla 3.46. Línea Base del Consumo de GLP por Cama Disponible Promedio año 2015 – 2016 y Línea Meta.

Camas Disponibles	Mes	Consumo Medido Promedio (L-D) [kWh]	Consumo Calculado (L-D) [kWh]	Diferencia Consumo medido - Consumo Calculado	IDEn (L-D) [kWh/cama disponible mensual]	IDEn Proyectado (L-D) [kWh/cama disponible mensual]	Consumo Valores Negativos [kWh]
251	ENERO	33681	28515	5165	134	114	0
250	FEBRERO	31043	28655	2387	124	115	0
246	MARZO	36193	29145	7049	147	118	0
250	ABRIL	33430	28655	4774	134	115	0
250	MAYO	26018	28655	-2638	104	115	26018
245	JUNIO	21997	29355	-7357	90	120	21997
246	JULIO	19799	29145	-9346	80	118	19799
244	AGOSTO	24730	29494	-4765	102	121	24730
232	SEPTIEMBRE	32550	31103	1447	140	134	0
223	OCTUBRE	34623	32362	2261	155	145	0
222	NOVIEMBRE	32758	32571	186	148	147	0
227	DICIEMBRE	30622	31872	-1250	135	141	30622
241.41		29787	29961	-2085	124.58	125.29	

(Fuente: propia)

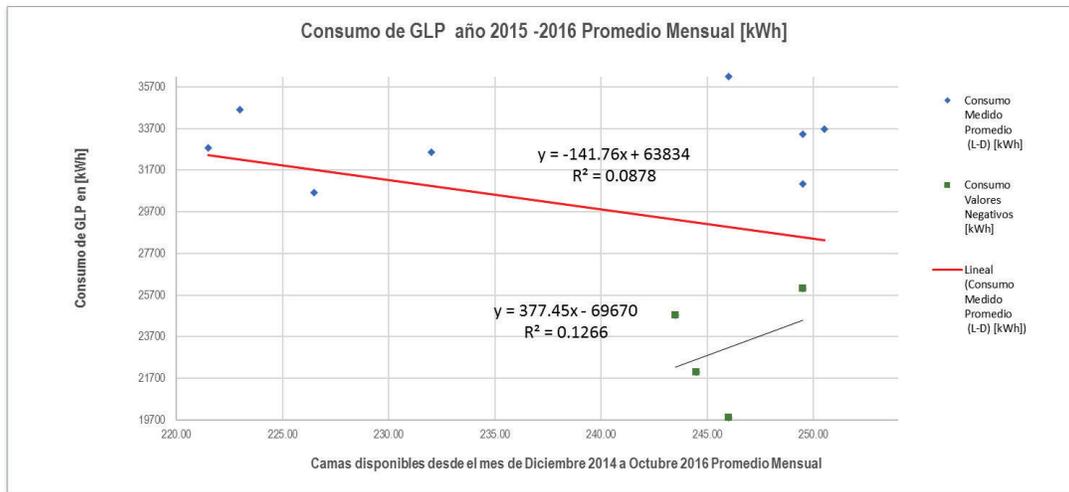


Figura 3.70. Consumo de Diésel medido calculado mensual promedio 2015 – 2016. (Fuente: Propia).

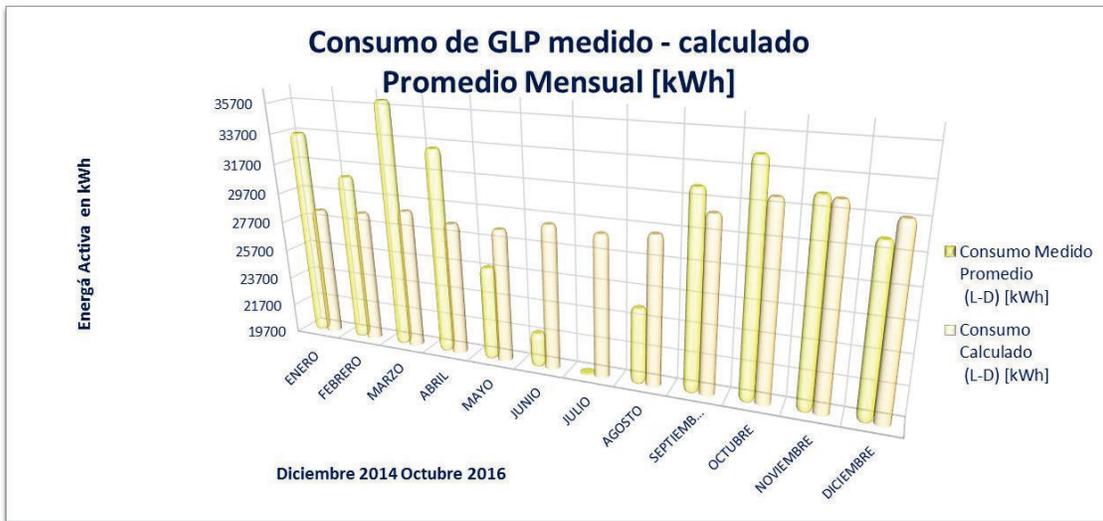


Figura 3.71. Regresiones Lineales del Consumo de GLP por Cama Disponible HBO Promedio año 2015 – 2016.  
(Fuente: Propia).

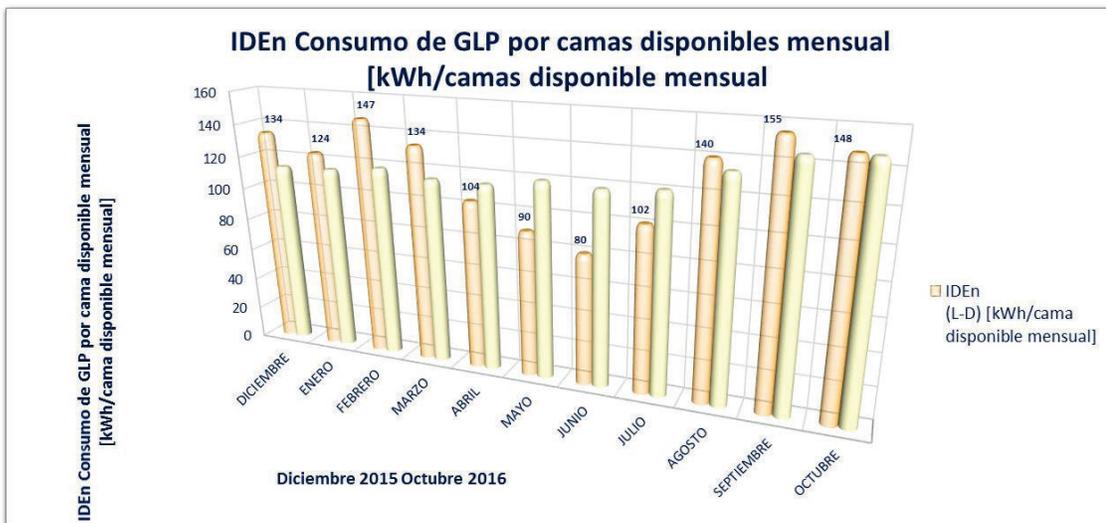


Figura 3.72. IDEn, ICEd Consumo Eléctrico por día promedio 2015 – 2016.  
(Fuente: Propia).

El coeficiente de correlación o determinación  $R^2$ , en la línea base del Consumo de GLP como era de esperarse no tiene relación con las camas disponibles porque los datos tenían esa falta de medición ya anotada anteriormente, por lo cual se discretizó entre 32000 y 34000 kWh. Datos que se presentan a continuación.

Tabla 3.47. Línea Base del Consumo de GLP por Cama Disponible Promedio año 2015 – 2016 y Línea Meta.

Camas Disponibles	Mes	GLP Medido [kWh]	GLP Calculado [kWh]	Diferencia GLP medido - GLP Calculado	IDEn [kWh/cama disponible]	IDEn Proyectada [kWh/cama disponible]	GLP Valores Negativos Línea Meta M1 [kWh]
245	ABR-2015	33806	33131	676	138	135	0
246	AGO-2015	32550	33145	-595	132	135	32550
227	NOV-2015	33681	32862	819	148	145	0
248	ENE-2016	33053	33175	-123	133	134	33053
254	ABR-2016	33053	33265	-212	130	131	33053
208	OCT-2016	32425	32578	-154	156	157	32425
216	DIC-2016	32286	32698	-411	149	151	32286
234.86		32979	32979	0	141.06	141.07	

(Fuente: propia).

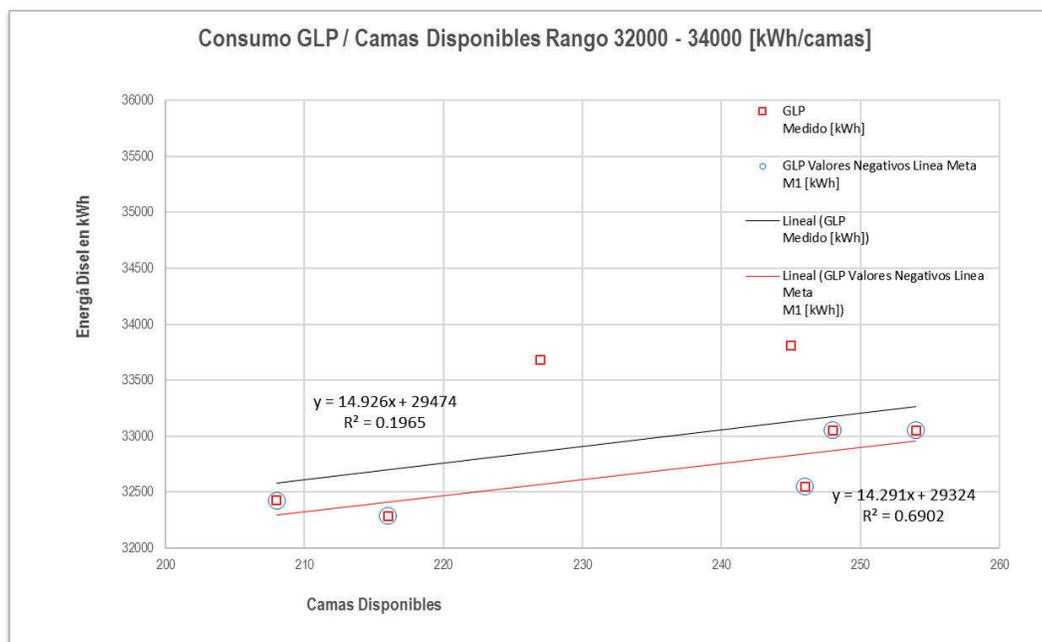


Figura 3.73. Regresiones Lineales del Consumo de GLP por Cama Disponible HBO Promedio año 2015 - 2016 rango de Consumo 32000 a 34000 [kWh].  
(Fuente: Propia).

En el rango de 32000 a 34000 [kWh] se obtuvo un coeficiente de correlación de 0.6902 en la línea meta lo cual determina que existen consumos que se disparan y que habría que determinar si se debe a desperdicios o mal uso de los USEn del GLP. Presentamos El IDEn que es de 141.07 (kWh/Cama Disponible) que con respecto al horizontal no hay como compararlo por la distorsión que produciría en el análisis de datos.

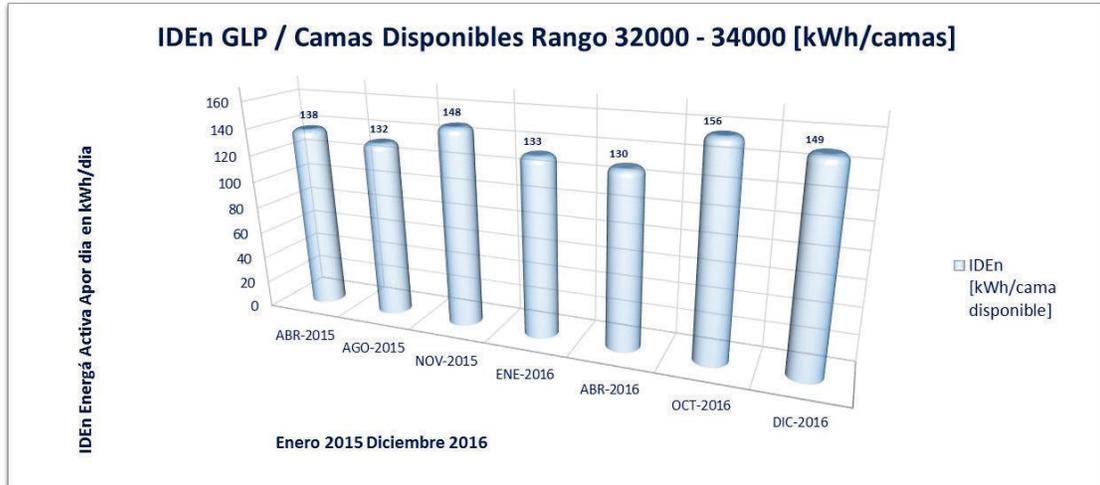


Figura 3.74. IDEn, ICGLPd Consumo de GLP por Cama Disponible HBO Promedio año 2015 - 2016 rango de Consumo 32000 a 34000 [kWh]. (Fuente: Propia).

### IDEn Consumo de GLP anual por m<sup>2</sup> del Hospital

El metraje de construcción como ya se dijo en el capítulo es de 20000 m<sup>2</sup> y el Consumo promedio anual en los años 2015 – 2016 fue de 714,886.0 [kWh], por lo tanto, el índice es de:

$$ICGLPm2 = \frac{\text{Consumo de GLP mes año}}{m2 \text{ de construcción}} \quad \text{Ec. 3.38}$$

$$ICEm2 = \frac{714,886 \text{ kWh}}{20000 \text{ m}^2}$$

$$ICEm2 = 35.74 \frac{\text{kWh}}{m2}$$

### 3.5.3. Identificación y análisis de oportunidades

Una vez identificados los USEn, las líneas base ELB, las líneas meta y las IDEn, ya hemos podido identificar varias medidas que pueden ser simples, otras más complejas y que tienen inversiones de capital más altas que deben ser evaluadas para determinar si son adecuadas y el tiempo de retorno de dichas inversiones serán adecuados.

### 3.5.3.1. Oportunidades de ahorro sistema energético eléctrico

En los sistemas y equipos eléctricos se han identificado varias medidas que van a ser analizadas para ver su factibilidad.

En cuanto a la línea meta el ahorro mensual se puede calcular como la diferencia absoluta entre el cruce por cero de la línea base  $E_{ob}$  menos la línea meta  $E_{om}$  y con los datos de consumo eléctrico para facturación a 30 días tendríamos lo siguiente:

$$E_{Ahorro} = |E_{ob} - E_{om}| kWh/mes \quad Ec. 3.39$$

$$E_{ob} = 166,614.0 kWh/mes$$

$$E_{om} = 160,130.0 kWh/mes$$

$$E_{Ahorro} = |166,614.0 - 160,130.0| kWh/mes$$

$$E_{Ahorro} = 6,484.0 kWh/mes$$

Con lo cual se puede calcular el ahorro porcentual mensual como:

$$\%E_{ahorro} = \frac{E_{ahorro}}{\text{Consumo Promedio Mensual}}$$

$$\%E_{ahorro} = \frac{6,484.0 kWh/mes}{169,544.0 kWh/mes} \times 100$$

$$\%E_{ahorro} = 3.82 \%$$

El ahorro monetario que puede producirse con medidas de eficiencia energética es de alrededor de USD 389.04 mensuales.

La reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> se puede calcular según el ahorro calculado para el consumo eléctrico, que es 72.6 Ton-CO<sub>2</sub>/TJ, (toneladas de CO<sub>2</sub> por cada Tera joule de energía), (Factor de Emisión del CO<sub>2</sub>, del Sistema Interconectado del Ecuador, MAE, 2013) y por lo tanto:

$$E_{Ahorro} = 6,484.0 kWh/mes$$

$$6,484.0 \text{ kWh}/\text{mes} = 0.02334 \text{ TJ}/\text{mes}$$

Por lo tanto, la reducción de emisiones de CO2 puede ser:

$$\text{Reducc. CO2} = 72.6 * 0.0592 = 1.7 \text{ Ton}/\text{mes}$$

### 3.5.3.2. Oportunidades de ahorro sistema eléctrico de iluminación

Una de las medidas para mejorar la calidad de servicio y por otro lado tomar en consideración que la gran mayoría de las luminarias tienen lámparas de tecnología T8, T10 y PL del tipo fluorescentes que con una medida de eficiencia energética deberán en el futuro ser reemplazadas por la tecnología LED, iniciando con aquellos ambientes que ni siquiera cumplen con la normativa. Tanto en el anexo de USEn de iluminación como en el de ambientes están los tipos de luminarias y las cantidades de las mismas, de ese cuadro se ha pensado en un reemplazo de lámparas para mantener las luminarias. La reducción de las emisiones de CO2 se puede calcular según el ahorro calculado para el consumo eléctrico, que es 72.6 Ton-CO2/TJ, (toneladas de CO2 por cada Tera joule de energía), (Factor de Emisión del CO2, del Sistema Interconectado del Ecuador, MAE, 2013) y, por lo tanto:

$$E_{\text{Ahorro iluminación}} = 16,302.72 \text{ kWh}/\text{mes}$$

$$16,302.72 \text{ kWh}/\text{mes} = 0.05869 \text{ TJ}/\text{mes}$$

Por lo tanto, la reducción de emisiones de CO2 puede ser:

$$\text{Reducc. CO2} = 72.6 * 0.05869 = 4.261 \text{ Ton}/\text{mes}$$

Tabla 3.48 Medida de Eficiencia Energética Cambio de lámparas PL, T8 y T10 por lámparas con tecnología LED equivalentes.

CARACTERÍSTICAS	FLUORESCENTE				LED			
	PL	T8		T10	PLC-10W	T8-12W	T8-22W	T8-27W
Tecnología	PL	T8		T10	PLC-10W	T8-12W	T8-22W	T8-27W
Potencia unitaria [W]	26	17	32	40	10.00	12	22	27
Número de luminarias	541	418	5115	464	541	418	5115	464
Flujo luminoso [lm]	1800	950	2790	2500	500.00	1050	2420	3000
IRC [%]	80	70	85	70	70	80	80	80
Temperatura del color	6500 K	6500 K	6500 K	6500 K	6500 K	6500 K	6500 K	6500 K
Vida útil [horas]	10000	10000	12000	10000	40000	40000	40000	40000
Tipo de control	balasto electrónico	balasto electrónico	balasto electrónico	balasto electrónico	Driver integrado	Driver integrado	Driver integrado	Driver integrado
Eficiencia luminosa [lm/W]	69	56	87	63	50	88	110	110

**ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA MEDIDA**

Considerando 8h de uso diario como mínimo al mes

Consumo [kWh]/mes	3375.84	1705.44	39283.20	4454.40	1298.40	1203.84	27007.20	3006.72
Ahorro de Consumo [kWh]/mes					2077.44	501.60	12276.00	1447.68
Porcentaje de Ahorro [%]					62%	29%	31%	33%

Costo del [kWh] USD 0.06

Ahorro anual por Consumo [USD]	1495.76	361.15	8838.72	1042.33				
Ahorro anual por Consumo sin considerar Demanda iluminación [USD]					<b>\$11,737.96</b>			
Costo de la lámpara [USD]	3.5	2.2	2.6	3.2				
Costo del cambio de lámparas	1893.50	919.60	13299.00	1484.80				
Costo de Mano de obra por luminaria incluye costos indirectos 20% [USD]	8.4	11.04	9	10				
Costo Total por luminaria [USD]	6437.90	3226.96	19194.72	1395.84				
Inversión para la medida [USD]	<b>\$30,255.42</b>							
Retorno simple de la inversión [Años]	<b>2.58</b>							
Vida útil de las luminarias considerando 70% eficiencia con lámpara LED [Años]	9.72	9.72	9.72	9.72				
Ahorro adicional generado [USD]	<b>\$83,863.62</b>							

(Fuente: propia).

### 3.5.3.3. Oportunidades de ahorro sistema de compresores

Debido que existe una potencia instalada la eficiencia en los tres casos se presenta de manera inversa, debido a que la potencia del motor es casi constante. Si consideramos el trabajo demandado en el proceso politrópico que es el que más se acerca a la realidad, podemos determinar un motor de menor potencia para el sistema utilizando la ecuación.

$$W_{motor.} = \frac{W_{isen.}}{n_{motor} * n_{mec} * n_{vol}} \quad Ec. 3.40$$

$$W_{motor.} = \frac{1.7kW}{0.87 * 0.9 * 0.9} = 2.6kW = 3kW = 4Hp$$

Para estimar el ahorro que se produciría mensualmente por colocar un motor de 4Hp por el de 5Hp, debemos considerar el nuevo factor que relaciona la energía demandada para producir un m<sup>3</sup> de aire, es decir:

$$\frac{3kW}{24.5m^3/h} = 0.12kWh/m^3$$

Si el promedio mensual de demanda de aire comprimido es de 4043.83m<sup>3</sup>/mes, (referencia año 2016) por lo tanto el consumo mensual es de:

$$4043.83m^3 * \frac{0.12kWh}{m^3} = 495 \frac{kWh}{mes}$$

$$Ahorro de energía = \frac{616.16kwh}{mes} - 495 \frac{kWh}{mes} = 121.6kWh/mes$$

$$Ahorro de energía (%) = \frac{121.6kWh}{616.16kwh} * 100\% = 19.7\%$$

Si consideramos que el costo del kWh para el hospital es de 0.06 \$/kWh, obtenemos que el ahorro económico fuera:

$$Ahorro ($) = 121.6kWh * \frac{0.06\$}{kWh} = \frac{7.296 \$}{mes} * 12 = 87.55 \$/año$$

Este valor, aunque parece poco, no debemos pasar por alto que el usar un motor con menor potencia también reducimos los picos de corriente en arranques, esto permitirá un mayor ahorro de energía. La reducción de emisiones de CO2 se establece mediante la utilización del factor de emisión del año 2012 calculado por el MAE, de 0.71 Ton-CO2/MWh, (Factor de Emisión del CO2, del Sistema Interconectado del Ecuador, MAE, 2013).

$$Reducc. CO2 = 0.71 * 121.6x10^{-3}MWh = 0.086 Ton/mes$$

$$Reducc. CO2 = 12 * 0.086 = 1.032 Ton/año$$

#### **3.5.3.4. Oportunidades de ahorro sistema de abastecimiento de agua potable**

Si analizamos la curva de rendimiento de la bomba, se identifica que la bomba está trabajando por debajo del punto de operación, este está representado por el punto:

diámetro de impeler A ( $7\frac{15}{16}$ " ), con un motor de 25Hp, caudal de  $69\text{m}^3/\text{h}$ , presión de 78 mca y una eficiencia del 77% aproximadamente.

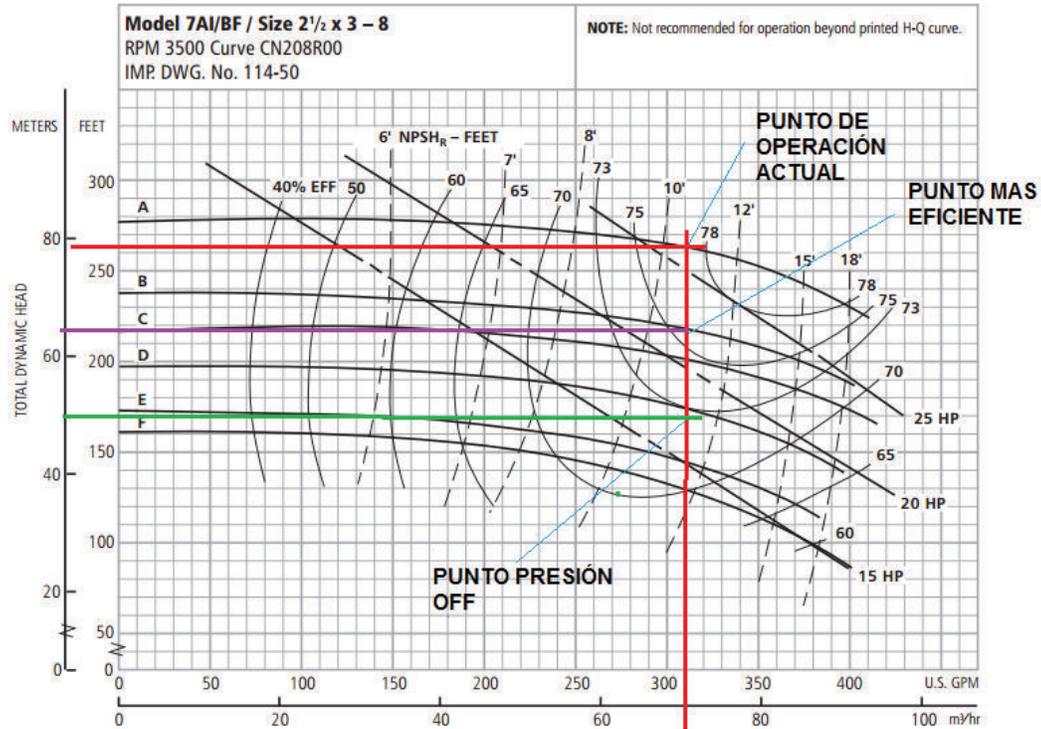


Figura 3.75. Análisis de curvas de rendimiento de la bomba Goulds 3656, 2 ½ x3-8, junto con diferentes puntos de operación. (Fuente: Goulds Company, 2010).

El punto de la presión off es de 51 mca lo que está muy por debajo del punto de operación actual, esto permite deducir que el sistema puede trabajar en un punto de operación de diámetro de impeler B ( $7\frac{7}{16}$ " ), motor de 20Hp (15kW), caudal de  $69\text{m}^3/\text{h}$  y presión de 65 mca aproximadamente y eficiencia del 75%.

El uso de un motor de menor potencia puede aumentar la eficiencia del sistema hasta en un 3%, y reducir el consumo energético hasta un 18.5% si consideramos el año 2016 como referencia.

$$\frac{\text{Pot. bomba}}{\text{Caudal}} = \frac{15\text{kW}}{69\text{m}^3/\text{h}} = 0.22\text{kWh}/\text{m}^3$$

$$\text{Consumo Energético bomba (2016)} = \frac{0.22\text{kWh}}{\text{m}^3} * 99133\text{m}^3 = 21809 \text{kWh}/\text{año}$$

$$\text{Ahorro de energía (\%)} = 1 - \frac{21809}{26766} = 18.5\%$$

$$\text{Ahorro (\$)} = 26766kWh - 21809kWh = 4957kWh$$

$$4957kWh * \frac{0.06\$}{kWh} = \frac{297.42\$}{año} \rightarrow 24.78\$/mes$$

La reducción de emisiones de CO2 se establece mediante la utilización del factor de emisión del año 2012 calculado por el MAE, de 0.71 Ton-CO2/MWh, (Factor de Emisión del CO2, del Sistema Interconectado del Ecuador, MAE, 2013).

$$\text{Reducc. CO2} = 0.71 * 4957 \times 10^{-3} = 3.5 \text{ Ton/año}$$

### 3.5.3.5. Oportunidades de ahorro sistema de vapor y agua caliente

La temperatura de gases de escape de la caldera alcanza un promedio de 170 °C, lo que identifica un potencial de energía elevado. Una alternativa que se sugiere es la utilización de un sistema de intercambio de calor, para calentar agua potable para el uso de lavandería o servicios generales. Mediante el método de análisis de eficiencia de intercambiadores de calor y consideramos las capacidades caloríficas del fluido, el máximo intercambio de calor es:

$$C_f < C_c \rightarrow Q_{max} = C_f * (T_{c\ ent} - T_{f\ ent}) \quad \text{Ec. 3.41}$$

$$C_c < C_f \rightarrow Q_{max} = C_c * (T_{c\ ent} - T_{f\ ent}) \quad \text{Ec. 3.42}$$

Dónde:

$C_f$ , Capacidad calorífica del fluido frío

$C_c$ , Capacidad calorífica del fluido caliente

$T_{c\ ent}$ , Temperatura de ingreso del fluido caliente

$T_{f\ ent}$ , Temperatura del ingreso del fluido frío.

En el análisis el fluido caliente son los gases de escape de la caldera, a este gas se lo puede considerar idealmente como aire total ya que la cantidad de aire frente a la cantidad de gases que se pueden derivar del combustible es 20.31 veces mayor (valor de la relación aire combustible promedio). Si consideramos la temperatura de ingreso del agua en promedio como 17 °C (para la ciudad de Quito), conocemos el flujo másico de gases de escape, adicionalmente del Anexo C se determina que el caudal de alimentación de agua

caliente para el servicio de lavandería es de  $3\text{m}^3/6\text{hora}$ , es decir  $0.5\text{m}^3/\text{h}$  y también que la densidad del agua es  $1000\text{ kg}/\text{m}^3$ , de lo cual se tiene que:

$$C_f = C_p \text{ agua} = 4.2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} * \frac{0.5\text{m}^3}{\text{h}} * \frac{1000\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{2100\text{kJ}}{\text{K} * \text{h}}$$

$$C_c = C_p \text{ aire} = 1.03 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * \text{K}} * \frac{4383.5\text{kg}}{\text{h}} = \frac{4515.01\text{kJ}}{\text{K} * \text{h}}$$

En relación a lo anterior, utilizaremos la ecuación Ec.3.40

$$C_f < C_c \rightarrow Q_{max} = 2100 * (170 - 17) = 321300\text{kJ}/\text{h}$$

Por lo tanto, si deseamos una temperatura del agua a la salida de  $80^\circ\text{C}$ , la eficiencia de intercambio de calor puede ser calculada como:

$$\varepsilon = \frac{Q_{real}}{Q_{max}} = \frac{C_f * (T_{f\ sal} - T_{f\ ent})}{Q_{max}} * 100\% \quad \text{Ec. 3. 43}$$

Si consideramos una eficiencia fácilmente alcanzable de un intercambiador de calor como el 50%, la temperatura promedio que se puede alcanzar en el agua a la salida del sistema es:

$$T_{f\ sal} = \frac{\varepsilon * Q_{max}}{C_f} + T_{f\ ent} = \frac{0.5 * 321300}{2100} + 17 = 93.5^\circ\text{C}$$

Podemos observar que para obtener agua casi en ebullición la eficiencia es aproximadamente del 50%, lo que nos permite deducir que podríamos alcanzar mayores temperaturas incluso la evaporación con el mismo flujo. En la práctica es posible diseñar equipos con regularidad de hasta 75% de eficiencia.

El uso de agua calentada con los gases permitirá el ahorro de consumo de vapor, para este servicio que representa aproximadamente el 30 % de la demanda en carga instalada de producción de vapor, ver tabla 3.18. Ahora si consideramos que de la producción nominal de vapor de la caldera ( $3004.5\text{kg}/\text{h}$ ), el 30% es destinado a calentamiento de agua, el ahorro mensual en producción de vapor sería:

$$\frac{3004.5\text{kg}}{\text{h}} * 0.3 = \frac{901.35\text{kg}}{\text{h}} (\text{calentamiento agua})$$

$$\frac{901.35\text{kg}}{\text{h}} * 14.5\text{h} * 30\text{días} = 39.2\text{Ton} - \text{vapor}/\text{mes}$$

Si multiplicamos por el costo de producción de vapor:

$$Ahorro (\$) = 39200kg * \frac{0.0051\$}{kg} = 199.92\$/mes$$

Por lo tanto, el ahorro aproximado que se generaría por aprovechar el calor de gases de escape del caldero generaría un ahorro en la producción de vapor de casi 1000kg/h, económicamente representaría alrededor de hasta 200\$/mes.

La reducción de las emisiones de CO2 se puede calcular según el factor de emisión para diésel, que es 72.6 Ton-CO2/TJ, (toneladas de CO2 por cada tera joule de combustible), (Factor de Emisión del CO2, del Sistema Interconectado del Ecuador, MAE, 2013) y si consideramos el indicador 0.5kWh/kg-vapor, por lo tanto:

$$39200kg - vapor/mes * \frac{0.5kWh}{kg - vapor} = 16450kWh (combustible)$$

$$16450kWh (combustible) = 0.0592TJ/mes$$

Por lo tanto, la reducción de emisiones de CO2 puede ser:

$$Reducc. CO2 = 72.6 * 0.0592 = 4.3Ton/mes$$

Existen intercambiadores diseñados y producidos en serie que se comercializan como accesorios o equipos complementarios de los calderos, es el caso del intercambiador de calor para gases de combustión de BOSCH, que aprovecha el potencial energético de los gases de escape para el calentamiento de agua, esta puede ser usada como agua de alimentación de la caldera o para servicios generales.

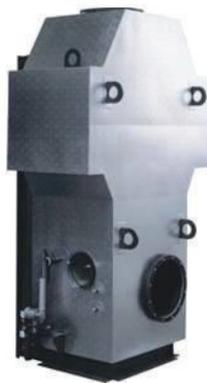


Figura 3.76. Intercambiador de calor para gases de combustión de caldera.  
(Fuente: Bosch).

### 3.6. Resultados de la auditoría energética

#### 3.6.1. Matriz energética del hospital.

Es necesario decir que, como hospital de Tercer nivel de atención, específicamente un “Hospital de especialidades pediátricas”, la infraestructura y los quehaceres específicos del hospital son los que determinan su estructura de consumo de energía, así como la Psicrometría de Quito y las condiciones de ubicación de la Edificación y sus usos finales USEn establecen la matriz energética del hospital.

Los energéticos primarios, es decir, aquellos que no han sido transformados de acuerdo con el Balance Energético Nacional del año 2015, que se basa en los datos obtenidos del año 2014 nos dice que el 80% corresponde al petróleo y sus derivados, alrededor de un 5% al Gas Natural y un 15% entre energías renovables y electricidad.

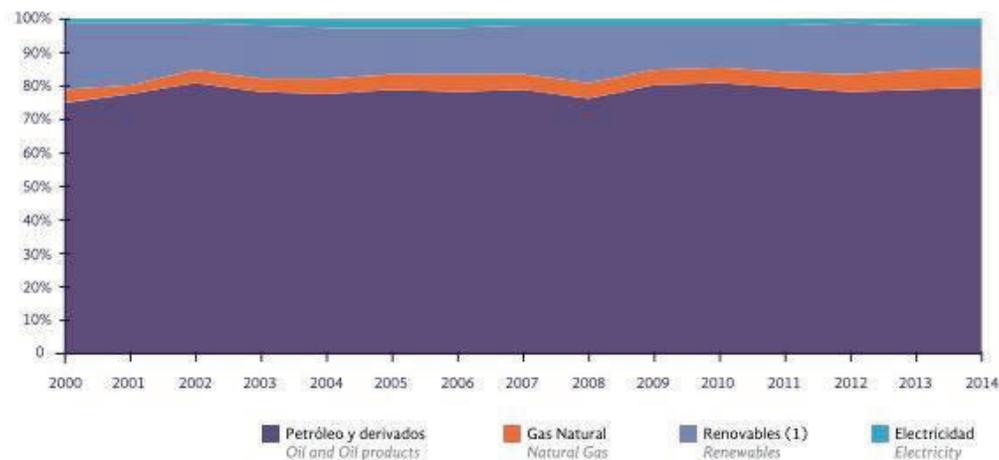


Figura 3.77. Estructura Porcentual de la oferta interna bruta.  
(Fuente: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos Balance Energético Nacional 2015).

En este escenario las principales fuentes primarias del hospital serían todas las especificadas por el Ministerio de Sectores Estratégicos y las fuentes de energía transformadas o secundarias en el hospital son de tres tipos específicamente son la electricidad, el diésel y el gas licuado de petróleo GLP.

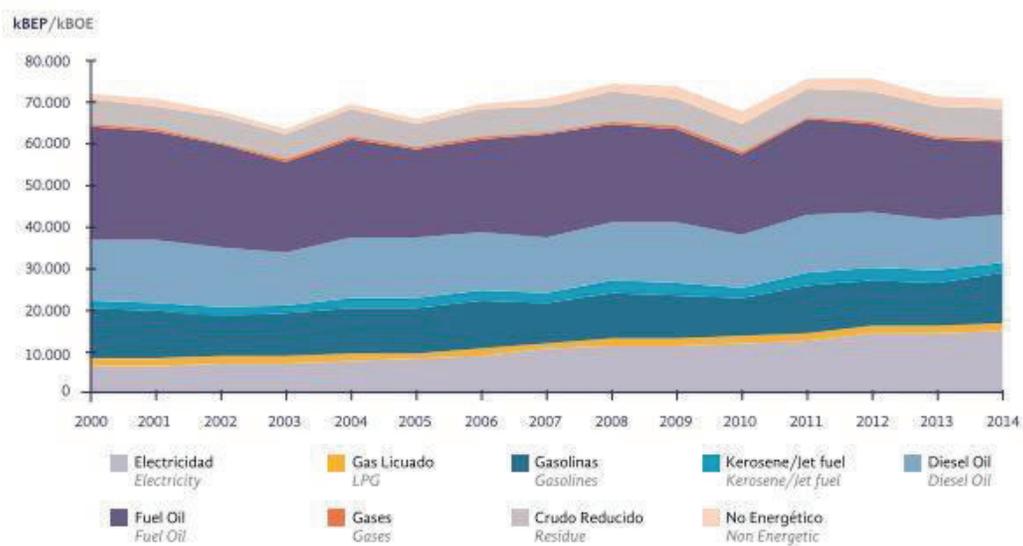


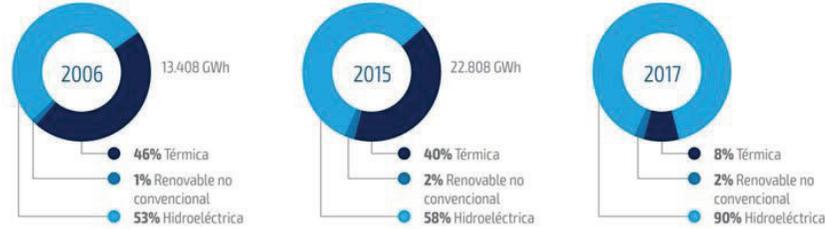
Figura 3.78. Producción Secundaria de Energía  
(Fuente: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos Balance Energético Nacional 2015).

Tabla 3.49. Estructura porcentual de la producción de energía secundaria.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Electricidad Electricity	11	13	14	16	16	16	18	17	19	21	22
Gas Licuado LPG	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2
Gasolinas Gasolines	16	17	16	14	15	15	13	15	15	14	17
Kerosene / Jet fuel Kerosene / Jet fuel	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Diesel Oil Diesel Oil	21	21	20	18	19	20	18	19	18	17	16
Fuel Oil Fuel Oil	34	32	32	35	32	30	29	30	28	27	25
Gases Gases	1	1	1	0,5	0,5	1	1	1	1	1	1
Crudo Reducido Residue	9	9	10	10	10	10	10	9	9	10	10
No Energético Non - Energetic	2	2	2	2	2	4	4	4	4	4	4
<b>Total Secundarias</b> Total Secondaries	<b>100</b>										

(Fuente: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos Balance Energético Nacional 2015).

En el caso de la energía eléctrica como sabemos de la matriz energética del país al año 2017, el 90% corresponde a energía hidroeléctrica, un 8% a Térmica y un 2% a renovables no convencionales de acuerdo con el documento del Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos en su Agenda Nacional 2016 – 2040.



Fuente: Agencia de Regulación y Control de Electricidad

25 Considera SNI y sistemas no incorporados

26 Los nuevos proyectos hidroeléctricos son Coca Codo Sinclair (1500 MW), Sopladora (487 MW), Minas San Francisco (270 MW), Toachi Pilatón (254 MW), Delsitanisagua (180 MW), Manduriacu (65 MW), Quijos (50 MW) y Mazar Dudas (21 MW). De dichos proyectos Manduriacu, Coca Codo Sinclair (750 MW) y Sopladora han iniciado su operación.

27 De los nuevos proyectos 589 MW tienen su vertiente hacia el Océano Pacífico.

28 Definición del Potencial de Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Ecuador en el Sector Energía - Ministerio del Ambiente, 2015

Figura 3.79. Participación de Fuentes en la generación eléctrica dentro del SIN.  
(Fuente: Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos en su Agenda Nacional 2016 – 2040).

### 3.6.1.1. Matriz Energética de Consumo Energéticos Primarios HBO 2015 – 2016.

La estructura del HBO de consumo del año 2015 y 2016 ha sido condensado en una tabla con la cual se ha establecido, la composición de la matriz energética correspondiendo al Diesel el primer lugar con el 48.28%, el segundo lugar a la electricidad con una participación del 43.99% y por último el gas licuado de petróleo con el 7.73%

Datos obtenidos de la Campaña de Mediciones y que se encuentran en el Anexo J un ejemplo porque son demasiadas tablas y datos.

Tabla 3.50. Matriz Energética de Consumo Energéticos Primarios HBO 2015 – 2016.

Matriz Energética de Consumo HBO 2015 - 2016			
E [kWh]			
AÑO	ELECTRICIDAD	DIESEL	GLP
2015	2,023,683	2,201,098	412,763
2016	2,045,362	2,265,487	302,123
<b>TOTAL 2015 - 2016</b>	<b>4,069,045</b>	<b>4,466,585</b>	<b>714,886</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>43.99%</b>	<b>48.28%</b>	<b>7.73%</b>

(Fuente: propia).

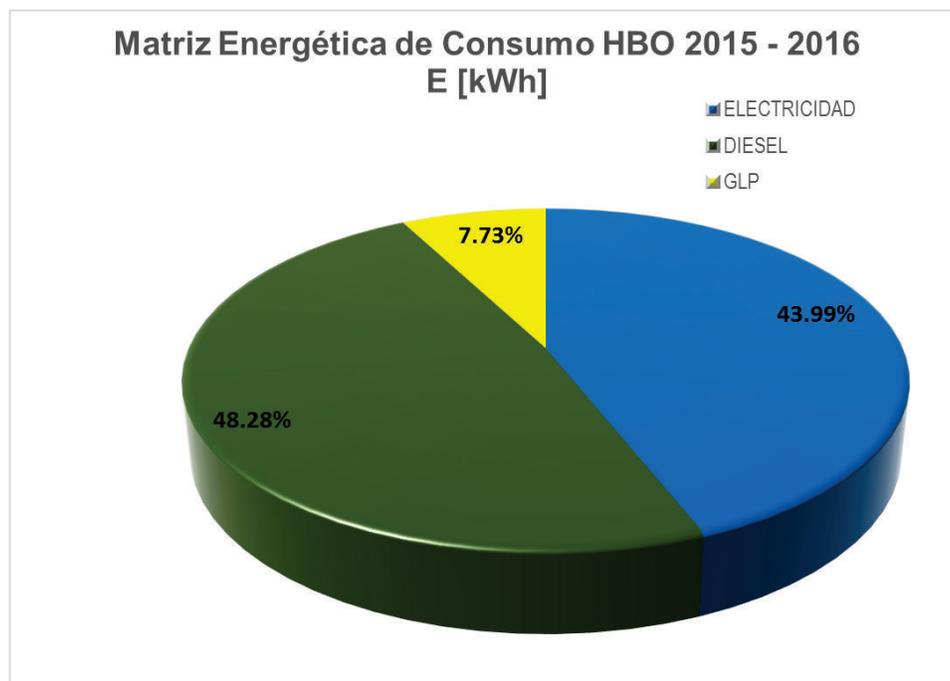


Figura 3.80. Matriz Energética de Consumo Energéticos Primarios HBO 2015 – 2016 Porcentajes.  
(Fuente: Propia).

### 3.6.1.2. Matriz Energética de Carga instalada de los Usos Significativos finales USEn

Luego de determinar el alcance de la campaña de mediciones, se pudo establecer que sería muy difícil establecer la composición por usos significativos USEn del Consumo de los diferentes energéticos primarios.

Por lo cual se optó por determinar la composición por carga instalada en [kW] de los diferentes energéticos, electricidad, diésel y GLP, que nos puede dar una idea de la cantidad de equipos y sus potencias, pero no del consumo real; tarea que queda pendiente para otro trabajo que complemente el presente y que sirva de referente del SGEEn.

### 3.6.1.3. Matriz Energética por carga instalada de Electricidad por Usos Significativos finales USEn.

En la matriz de carga instalada de USEn Eléctricos del HBO son:

- Iluminación,
- Refrigeración,
- Fuerza motriz (incluido el HVAC),
- Calentamiento de agua,
- Cocción, preparación de alimentos,
- Equipo de electromedicina,
- Equipo de oficina electrónico,
- Otros.

Como se puede ver el único uso significativo final que no está en esta matriz es el Calor y la producción de vapor.

Para obtener este cuadro resumen, se levantó piso a piso y en lo posible en cada uno de los ambientes, sean habitaciones, salas, laboratorios, quirófanos, etc., tanto la carga instalada de iluminación cuanto los diferentes usos significativos detallados anteriormente en este mismo capítulo para hospitales en general.

El equipo de electro medicina y la fuerza motriz representan los USEn más significativos de carga instalada lo cual no significa que sean los USEn de consumo o intensidad energética, como ya dijimos se deberá realizar un estudio posterior para determinar la composición de la carga por usos significativos finales.

El cuadro Resumen de los USEn eléctricos se presenta a continuación.

Tabla 3.51. Usos Significativos de Energía Eléctrica del HBO por piso.

PISO	USEn Electricidad P [kW]							OTROS	
	ILUMINACION	REFRIGERACION	FUERZA MOTRIZ	HVAC	CALENTAMIENTO O DE AGUA	COCCIÓN PREPARACION DE ALIMENTOS	EQUIPO DE ELECTROMEDICINA		EQUIPO DE OFICINA ELECTRONICO
Subsuelo Zona A	37.93	2.98	0.00	0.00	5.40	0.60	0.00	30.89	0.00
Subsuelo Zona B	12.23	10.40	174.58	9.75	0.00	65.00	102.00	8.71	0.00
Planta Baja Zona A	29.19	1.73	0.00	3.47	0.00	0.00	8.67	24.19	9.04
Planta Baja Zona B	9.12	0.58	0.00	0.00	0.00	3.60	20.20	4.99	0.00
Quirófanos	26.09	0.00	0.00	158.22	0.00	0.00	36.14	35.24	0.00
Tercero	21.02	0.44	0.00	0.00	0.00	1.20	72.78	21.38	0.00
Cuarto	15.25	1.68	0.00	0.00	0.00	2.40	25.10	20.82	0.00
Quinto	11.88	3.17	0.00	0.00	0.00	2.40	28.60	14.29	0.00
Sexto	31.82	2.61	0.00	1.20	0.00	3.40	25.40	11.01	0.00
Séptimo	17.41	0.00	72.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>211.94</b>	<b>23.58</b>	<b>246.58</b>	<b>172.64</b>	<b>5.40</b>	<b>78.60</b>	<b>318.89</b>	<b>171.51</b>	<b>9.04</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>17.12%</b>	<b>1.90%</b>	<b>19.91%</b>	<b>13.94%</b>	<b>0.44%</b>	<b>6.35%</b>	<b>25.75%</b>	<b>13.85%</b>	<b>0.73%</b>

(Fuente: propia).

De esta tabla hemos procedido a obtener el siguiente pastel.

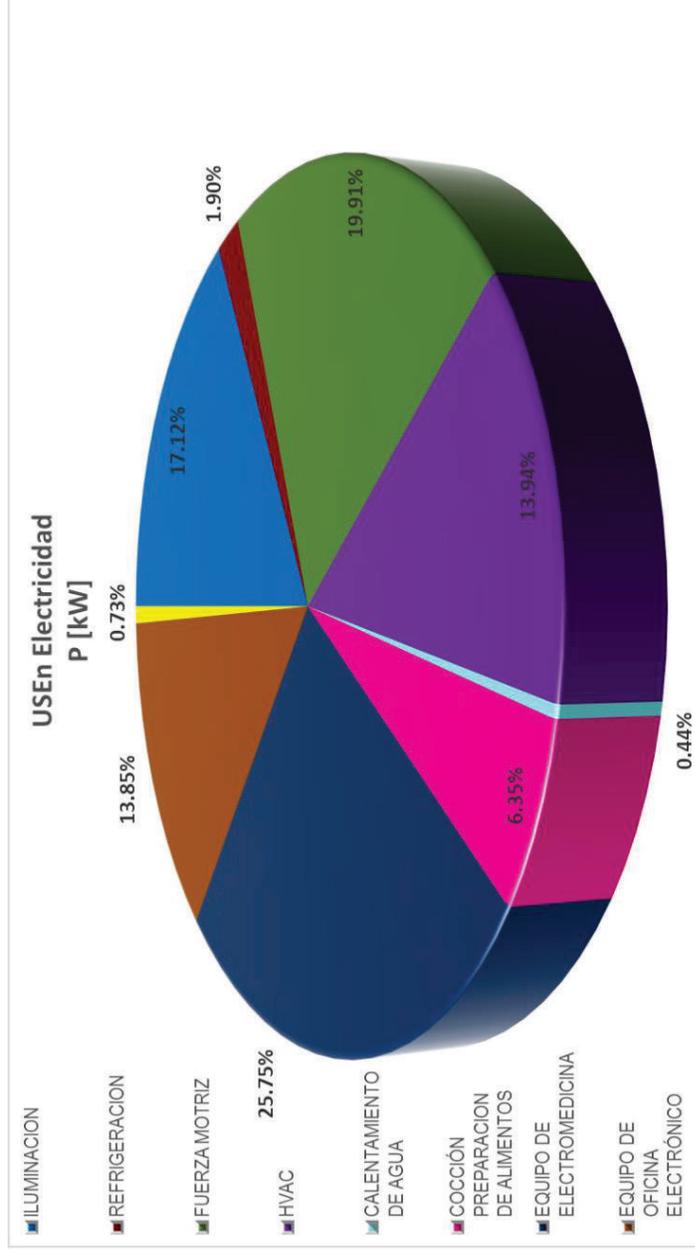


Figura 3.81. Usos Significativos de Energía en el Hospital Pediátrico Baca Ortiz.  
(Fuente: propia).

### 3.6.1.4. Matriz Energética por carga instalada de Diésel por Usos Significativos finales USEn.

Los Usos finales significativos del Diésel son la producción de calor y vapor, el calentamiento de agua y la esterilización con vapor.

Tabla 3.52. Matriz Energética de Carga Instalada de Diésel HBO 2015 – 2016.

PISO	USEn Total Diesel P [kW]		
	CALOR / PROD. VAPOR	CALENTAMIENTO DE AGUA	EQUIPO DE ELECTROMEDICINA
Subsuelo Zona A	53.45	9.98	
Subsuelo Zona B		20.67	
Planta Baja Zona A			9.27
Planta Baja Zona B		40.86	
Quirófanos			
Tercero			
Cuarto			
Quinto			
Sexto			
Séptimo			
<b>TOTAL</b>	53.45	71.51	9.27
<b>Porcentaje</b>	40%	53%	7%

\* Incluye todos los energéticos Diesel

(Fuente: propia).

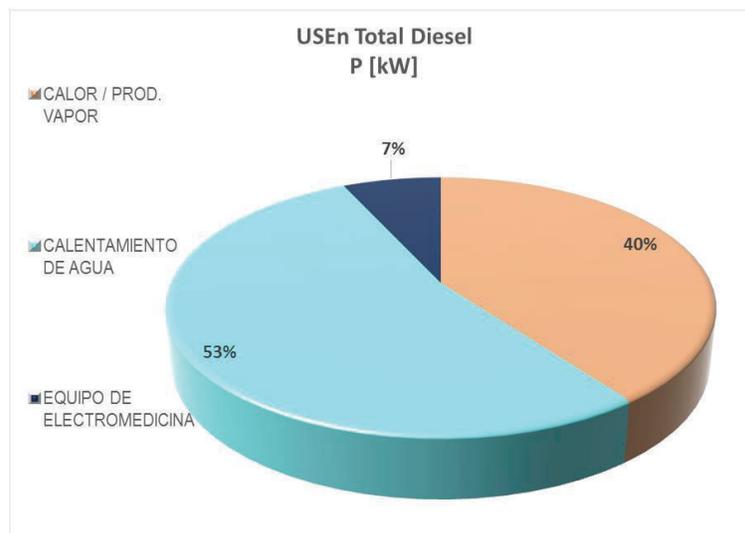


Figura 3.82. Matriz Energética de Carga Instalada de Diésel por USEn del HBO 2015 – 2016 Porcentajes.  
(Fuente: Propia).

Como se puede ver el mayor uso significativo es el calentamiento de agua con el 53% y la producción de vapor y calor con el 40%, en la esterilización se usa 7%.

### 3.6.1.5. Matriz Energética GLP por Usos Significativos finales USEn

Los USEn del GLP son producción de calor y vapor, cocción y preparación de alimentos, y en el laboratorio, microondas (equipo de electromedicina).

Tabla 3.53. Matriz Energética de Carga Instalada de Diésel HBO 2015 – 2016.

PISO	USEn Total GLP P [kW]		
	CALOR / PROD. VAPOR	COCCIÓN PREPARACION DE ALIMENTOS	EQUIPO DE ELECTROMEDICINA
Subsuelo Zona A	2.60		
Subsuelo Zona B		115.50	
Planta Baja Zona A			10.30
Planta Baja Zona B			
Quirófanos			
Tercero			
Cuarto			
Quinto			
Sexto			
Séptimo			
<b>TOTAL</b>	2.60	115.50	10.30
<b>Porcentaje</b>	2.02%	89.95%	8.02%

\* Incluye solo GLP  
(Fuente: propia)

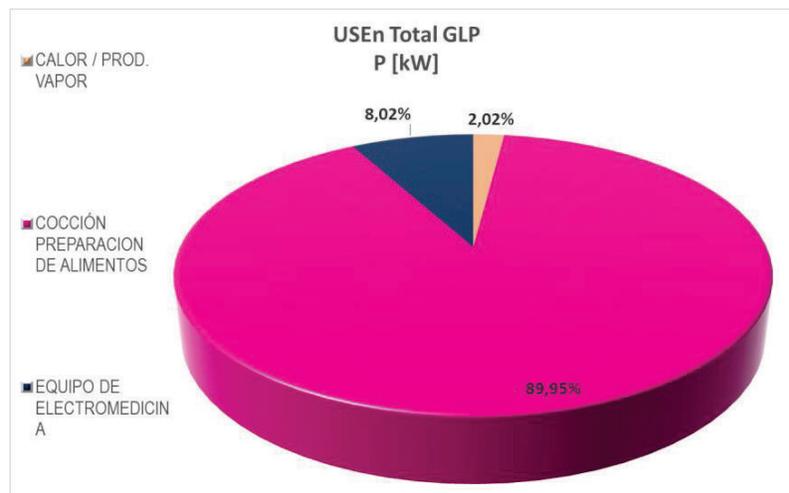


Figura 3.83. Matriz Energética de Carga Instalada de GLP por USEn del HBO 2015 – 2016  
Porcentajes.  
(Fuente: Propia).

Como era de esperarse el 89.95% corresponde al uso del GLP en la cocción y preparación de alimentos.

### 3.6.1.6. Matriz de Usos Finales Significativos USEn Total

De este estudio y específicamente de los tres Sistemas Energéticos Electricidad, Diesel y GLP se ha determinado los USEn finales con todos los energéticos primarios.

Tabla 3.54. Matriz Usos Finales Significativos por Carga Instalada Total HBO 2015 – 2016.

PISO	USEn Total * P [kW]									
	ILUMINACION	REFRIGERACION	FUERZA MOTRIZ	CALOR / PROD. VAPOR	HVAC	CALENTAMIENTO DE AGUA	COCCIÓN PREPARACION DE ALIMENTOS	EQUIPO DE ELECTRO-MEDICINA	EQUIPO DE OFICINA ELECTRONICO	OTROS
Subsuelo Zona A	37.93	2.98	0.00	56.05	0.00	15.38	0.60	0.00	30.89	0.00
Subsuelo Zona B	12.23	10.40	174.58	0.00	9.75	20.67	180.50	102.00	8.71	0.00
Planta Baja Zona A	29.19	1.73	0.00	0.00	3.47	0.00	0.00	28.24	24.19	9.04
Planta Baja Zona B	9.12	0.58	0.00	0.00	0.00	40.86	3.60	20.20	4.99	0.00
Quirófanos	26.09	0.00	0.00	0.00	158.22	0.00	0.00	36.14	35.24	0.00
Tercero	21.02	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	72.78	21.38	0.00
Cuarto	15.25	1.68	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	25.10	20.82	0.00
Quinto	11.88	3.17	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	28.60	14.29	0.00
Sexto	31.82	2.61	0.00	0.00	1.20	0.00	3.40	25.40	11.01	0.00
Séptimo	17.41	0.00	72.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>211.94</b>	<b>23.58</b>	<b>246.58</b>	<b>56.05</b>	<b>172.64</b>	<b>76.91</b>	<b>194.10</b>	<b>338.46</b>	<b>171.51</b>	<b>9.04</b>
<b>Porcentaje</b>	<b>14.12%</b>	<b>1.57%</b>	<b>16.43%</b>	<b>3.73%</b>	<b>11.50%</b>	<b>5.12%</b>	<b>12.93%</b>	<b>22.55%</b>	<b>11.43%</b>	<b>0.60%</b>

\* Incluye todos los energéticos Diesel, GLP, Electricidad  
(Fuente: propia)

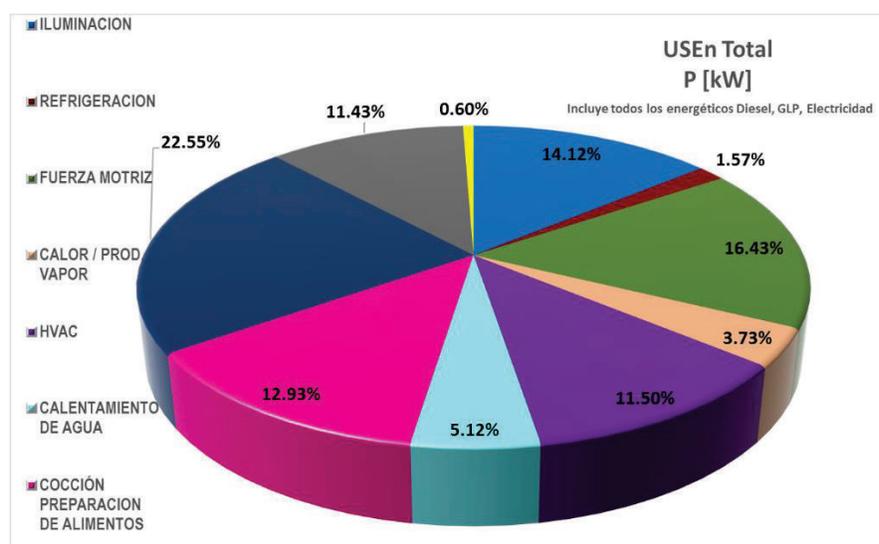


Figura 3.84. Matriz Energética de Carga Instalada Total por USEn del HBO 2015 – 2016  
Porcentajes  
(Fuente: Propia).

- De este último cuadro se determina que el principal USEn es el equipo médico como carga instalada hay que comprender que muchos de estos equipos como son Tomógrafos, Rayos X, son de uso instantáneo y no son cargas continuas por lo que su aporte al Consumo no es determinante como el caso de otros usos finales, pero a la final hay gran cantidad de equipos médicos.
- El segundo uso final es la Fuerza Motriz integrada por los ascensores, los montacargas, el bombeo, los compresores, etc.
- La tercera es la iluminación que al tener el Hospital 20000 m2 de construcción era lógico que este USEn tuviera una gran participación en el consumo de energía.
- La cuarta son la cocción y preparación de alimentos al tener un total de camas disponibles en promedio de alrededor de 240 entonces el alimentar a estos usuarios y adicionalmente al personal que labora en el Hospital era razonable que este USEn tenga una participación importante en los USEn del HBO.
- El quinto es el HVAC por los equipos principalmente en quirófanos.
- El sexto son los equipos electrónicos como computadores, monitores, impresoras, televisores, etc.
- El séptimo es el calentamiento de agua que por la cantidad de pacientes es natural que sea un uso significativo y por la piscina.
- El octavo es el vapor que se usa en el lavado y esterilización
- Otros consumos suman alrededor de un 0.60 % que son usos menores pero que como ya dijimos el HVAC deberá ser reparado porque el confort no se alcanza en ninguno de los ambientes excepto en los quirófanos.

### **3.6.1.7. Curva de Carga Eléctrica Total del HBO**

Se ha obtenido de las mediciones realizadas la curva de carga representativa de los dos meses de medición realizado, se puede se nota claramente dos comportamientos de trabajo ubicados entre las ocho de la mañana y una de la tarde que el personal sale a su hora de almuerzo y regresa entre 14h30 de la tarde y 15h00, a partir de la 17h30 inicia el decaimiento del consumo hasta las 24h00 y entre el lapso de 1h00 a 6h00 de la mañana prácticamente un consumo estable debido a la iluminación general y los servicios de emergencia del hospital. Se presentan las curvas correspondientes al procesamiento de datos de los dos meses de medición y una de un solo día del 7 de noviembre del 2016.

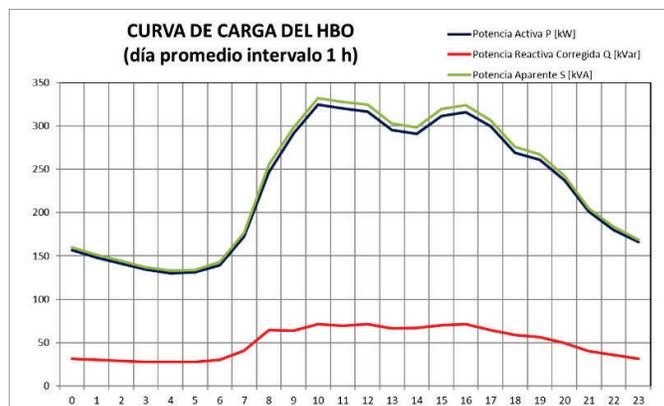


Figura 3.85. Curva de Carga Eléctrica de medidas de Potencia Activa, reactiva y aparente realizadas entre noviembre 2016 y enero 2017 del HBO. (Fuente: Propia).



Figura 3.86. Curva de Carga Potencia Activa Eléctrica de medidas realizadas entre noviembre 2016 y enero 2017 del HBO. (Fuente: Propia).



Figura 3.87. Curva de Carga Potencia Reactiva Eléctrica de medidas realizadas entre noviembre 2016 y enero 2017 del HBO. (Fuente: Propia).

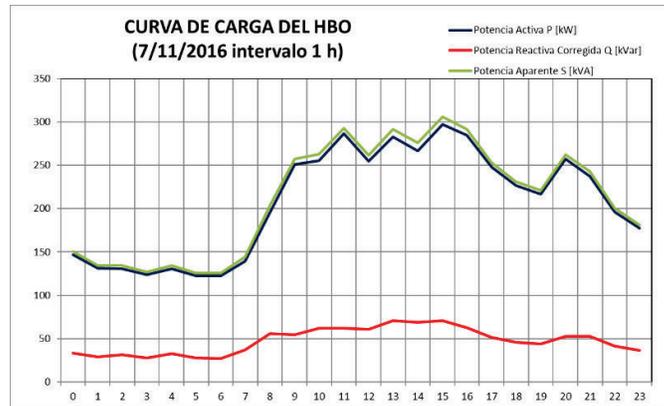


Figura 3.88. Curva de Carga Eléctrica de medidas de Potencia Activa, reactiva y aparente realizadas el 7 noviembre 2016 del HBO.  
(Fuente: Propia).

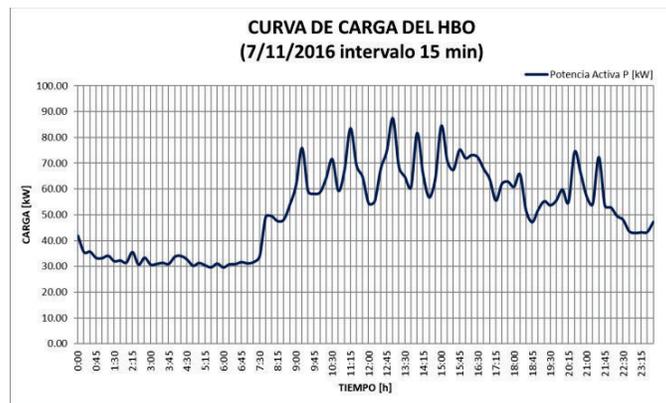


Figura 3.89. Curva de Carga Potencia Activa Eléctrica de medidas realizadas el 7 noviembre 2016 del HBO.  
(Fuente: Propia).



Figura 3.90. Curva de Carga Potencia Reactiva Eléctrica de medidas realizadas el 7 noviembre 2016 del HBO.  
(Fuente: Propia).

### 3.6.2. Reporte de la auditoría energética.

En el reporte de Auditoría es un formulario que contiene, fundamentalmente los valores obtenidos del proceso de auditoría energética, que es de vital importancia para la Institución y cualquier persona con conocimientos energéticos, en la misma se dan Consumos, pagos, Ahorros e índices.

Tabla 3.55. Reporte de la Auditoría Energética en el HBO.

<b>INFORME DE AUDITORIA ENERGETICA No. 1</b>		
<b>PARA:</b> ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - HOSPITAL PEDIÁTRICO BACA ORTIZ		
<b>ASUNTO:</b> AUDITORIA ENERGÉTICA DEL HOSPITAL PEDIÁTRICO BACA ORTIZ		
<b>FECHA:</b> 09-5-2017		
<b>1. Antecedentes</b>		
El proyecto se desarrollará en el HBO de la Ciudad de Quito, Provincia de Pichincha, localizado en las avenidas Colón y 6 de Diciembre. Los servicios de auditoría para la EVALUACIÓN preliminar del Estudio que se requiere llevar a cabo, comprende los siguientes energéticos primarios Combustibles Fósiles, Diesel y GLP, y Electricidad. Se auditan varios Sistemas y Usos Significativos finales USEN		
<b>2. Análisis de la Auditoría</b>		
<b>a. Objeto de la Auditoría</b>		
Realizar la Auditoría del HBO, sobre la base de los datos proporcionados del año 2015 - 2016 y de las mediciones realizadas entre el Octubre 2016 y Marzo 2017.		
OBJETIVOS ESPECÍFICOS: - Sistema Energético Eléctrico - Sistema Energético Diésel - Sistema Energético GLP		
<b>b. Términos de Referencia</b>		
Los términos de referencia se basan en la norma ISO 50001 Y 50002		
<b>3. Análisis de la Información Proporcionada</b>		
Información de entrega	CUMPLE	
	SI	NO
<b>ANTEPROYECTO FECHA DE ENTREGA:</b>		
<b>PROYETO FINAL FECHA DE ENTREGA:</b>		
<b>Profesionales Responsables: Alberto Albuja, Pablo Soria</b>		<b>OBSERVACIONES</b>
<b>MATRIZ ENERGÉTICA 2015- 2016 DEL HBO</b>		
1	Consumo Eléctrico Promedio mensual [kWh]	<b>339.087,09</b>
2	Consumo de Diésel Promedio mensual [kWh]	<b>372.215,43</b>
3	Consumo de GLP Promedio mensual [kWh]	<b>59.557,84</b>
4	Consumo Total de Energéticos Promedio mensual [kWh]	<b>385.438,18</b>

Continúa

SISTEMA ENERGETICO ELÉCTRICO			
<b>CONSUMO ELÉCTRICO PROMEDIOS AÑO 2015 - 2016</b>			
1	Consumo Eléctrico Anual [kWh]	2.034.523,00	
2	Consumo Eléctrico Reactiva Anual [kVarh]	375.593,50	
3	Pago anual de la Planilla USD	121.701,94	
4	Factor de Potencia Promedio	0,984	
<b>CARGA INSTALADA DE LOS USOS SIGNIFICATIVOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA [kW]</b>			
5	Carga Instalada Iluminación	211,94	
6	Carga Instalada Refrigeración	23,56	
7	Carga Instalada Fuerza Motriz	246,58	
8	Carga Instalada Calor y Producción de Vapor	0	
9	Carga Instalada HVAC	14,42	
10	Carga Instalada Calentamiento de agua	5,4	
11	Carga Instalada Cocción y Preparación de alimentos	78,6	
12	Carga Instalada de Equipo de Electromedicina	318,89	
13	Carga Instalada de Equipo de Electrónico	171,51	
14	Carga Instalada Otros	9,04	
<b>AHORROS POSIBLES, REDUCCION DE EMISIONES, E IDEn ELÉCTRICOS</b>			
15	Ahorro cuantificado Anual por Consumo [kWh]	77808	
16	Ahorro Anual cuantificado [USD]	4668,48	Mejor uso de equipos, ejemplo, hibernación computadores automático, control de iluminación
17	Reducción de Emisiones Anual [Ton CO2/MWh]	20,4	
18	ICEd [kWh/día] Índice de Consumo por día promedio	5565,2	
19	ICEpcd [kWh/cama disponible] Índice de Consumo por cama disponible	707,05	
20	ICEm2 [kWh/m2] Índice de Consumo por m2	101,73	
<b>SISTEMA DE ILUMINACIÓN</b>			
21	Consumo Eléctrico Anual [kWh]	390.193,92	
22	Ahorro cuantificado Anual [kWh]	195.632,64	
23	Ahorro Anual cuantificado [USD]	11737,9584	Realizar cambio de luminarias a tecnología LED
24	Reducción de Emisiones Anual [Ton CO2/MWh]	51,132	
25	IDEn Iluminación [kW/m2]	19,51	
<b>SISTEMA DE VACIO</b>			
26	Consumo Eléctrico Anual [kWh]	45225,5	
27	Ahorro cuantificado Anual [kWh]	0	
28	Ahorro Anual cuantificado [USD]	0	
29	Reducción de Emisiones Anual [Ton CO2/MWh]	0	
30	IDEn Bombeo [kWh/m3 H2O bombeado]	0	
<b>SISTEMA DE COMPRESORES (Aire Medicinal)</b>			
31	Consumo Eléctrico Anual [kWh]	6975,0	
32	Ahorro cuantificado Anual [kWh]	1459,2	Cambio de motores de 5Hp a 4Hp
33	Ahorro Anual cuantificado [USD]	87,55	
34	Reducción de Emisiones Anual [Ton CO2/MWh]	1,032	
35	IDEn Compresores [kWh/m3 Aire comprimido]	0,15	
<b>SISTEMA DE BOMBEO (Agua Potable)</b>			
36	Consumo Eléctrico Anual [kWh]	27360,5	
37	Ahorro cuantificado Anual [kWh]	4957	Cambio de motores de 25Hp a 20Hp
38	Ahorro Anual cuantificado [USD]	297,42	
39	Reducción de Emisiones Anual [Ton CO2/MWh]	3,5	
40	IDEn Bombeo [kWh/m3 H2O bombeado]	0,27	

<b>SISTEMA ENERGETICO DE DIESEL</b>			
<b>CONSUMO DE DIESEL PROMEDIOS AÑO 2015 - 2016</b>			
1	Consumo de diesel Anual [kWh]	<b>2.233.292,56</b>	
2	Pago anual de la Planilla USD	<b>76.976,27</b>	
3	Ahorro cuantificado Anual [kWh]	<b>197.400,00</b>	Aprovechamiento del potencial energético de gases de combustión para calentamiento de agua
4	Ahorro Anual cuantificado [USD]	<b>2.400,00</b>	Ahorro posible por uso de gases de escape, deberá cuantificarse el total de agua caliente producida por los calderos para establecer el verdadero valor de ahorro y la reducción de vapor cuantificada a 0.0051 \$/kg de vapor que fue de 199.92 \$/mes
5	Reducción de Emisiones Anual [Ton CO2/MWh]	<b>51,6</b>	
6	Carga Instalada Iluminación	<b>0</b>	
7	Carga Instalada Refrigeración	<b>0</b>	
8	Carga Instalada Fuerza Motriz	<b>0</b>	
9	Carga Instalada Calor y Producción de Vapor	<b>53,45</b>	
10	Carga Instalada HVAC	<b>0</b>	
11	Carga Instalada Calentamiento de agua	<b>71,51</b>	
12	Carga Instalada Cocción y Preparación de alimentos	<b>0</b>	
13	Carga Instalada de Equipo de Electromedicina	<b>9,27</b>	
14	Carga Instalada de Equipo de Electrónico	<b>0</b>	
15	Carga Instalada Otros	<b>0</b>	
<b>IDEn DEL DIESEL</b>			
16	ICEd [kWh/día] Índice de Consumo por día promedio	<b>6118,61</b>	
17	ICEpcd [kWh/cama disponible] Índice de Consumo por cama disponible	<b>707,05</b>	
18	ICEm2 [kWh/m2] Índice de Consumo por m2	<b>223,33</b>	
19	ICE[kwh/kg] Índice de consumo por kg de vapo produc.	<b>0,5</b>	

Continua

<b>SISTEMA ENERGETICO DE GLP</b>			
<b>CONSUMO DE GLP PROMEDIOS AÑO 2015 - 2016</b>			
1	Consumo de GLP Anual [kWh]	<b>357.443,10</b>	
2	Pago anual de la Planilla USD	<b>3.032,20</b>	
3	Ahorro cuantificado Anual [kWh]	<b>1800</b>	Determinado del ahorro calculado entre línea base y línea meta
4	Ahorro Anual cuantificado [USD]	<b>192</b>	
5	Reducción de Emisiones Anual [Ton CO2/MWh]	<b>0,471</b>	
<b>CARGA INSTALADA DE LOS USOS SIGNIFICATIVOS DE GLP [kW]</b>			
6	Carga Instalada Iluminación	<b>0</b>	
7	Carga Instalada Refrigeración	<b>0</b>	
8	Carga Instalada Fuerza Motriz	<b>0</b>	
9	Carga Instalada Calor y Producción de Vapor	<b>2,6</b>	
10	Carga Instalada HVAC	<b>0</b>	
11	Carga Instalada Calentamiento de agua	<b>0</b>	
12	Carga Instalada Cocción y Preparación de alimentos	<b>115,5</b>	
13	Carga Instalada de Equipo de Electromedicina	<b>10,3</b>	
14	Carga Instalada de Equipo de Electrónico	<b>0</b>	
15	Carga Instalada Otros	<b>0</b>	
<b>IDEn DEL GLP</b>			
16	ICEd [kWh/día] Índice de Consumo por día promedio	<b>979,3</b>	
17	ICEpcd [kWh/cama disponible] Índice de Consumo por cama disponible	<b>124,58</b>	
18	ICEm2 [kWh/m2] Índice de Consumo por m2	<b>35,74</b>	

(Fuente: propia).

### 3.6.2.1. Resumen Ejecutivo de la Auditoría Energética

Tabla 3.56. Reporte ejecutivo de la Auditoría Energética en el HBO

INFORME EJECUTIVO DE AUDITORIA ENERGETICA No. 1			
PARA: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - HOSPITAL PEDIÁTRICO BACA ORTIZ			
ASUNTO: AUDITORIA ENERGÉTICA DEL HOSPITAL PEDIÁTRICO BACA ORTIZ			
FECHA: 09-5-2017			
<b>1. Antecedentes</b>			
El proyecto se desarrollará en el HBO de la Ciudad de Quito, Provincia de Pichincha, localizado en las avenidas Colón y 6 de Diciembre. Los servicios de auditoría para la EVALUACIÓN preliminar del Estudio que se requiere llevar a cabo, comprende los siguientes energéticos primarios Combustibles Fósiles, Diesel y GLP, y Electricidad. Se presenta solo los valores condensados de consumo, ahorro y reducción			
<b>2. Análisis de la Auditoría</b>			
<b>a. Objeto de la Auditoría</b>			
Realizar la Auditoría del HBO, sobre la base de los datos proporcionados del año 2015 - 2016 y de las mediciones realizadas entre el Octubre 2016 y Marzo 2017.			
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:			
- Sistema Energético Eléctrico			
- Sistema Energético Diésel			
- Sistema Energético GLP			
<b>b. Términos de Referencia</b>			
Los términos de referencia se basan en la norma ISO 50001 Y 50002, número de camas disponibles 267 y area de construcción del HBO 20000 m2.			
<b>3. Análisis de la Información Proporcionada</b>			
Información de entrega		CUMPLE	
		SI	NO
ANTEPROYECTO FECHA DE ENTREGA:			
PROYETO FINAL FECHA DE ENTREGA:			
Profesionales Responsables: <i>Alberto Albuja, Pablo Soria</i>			OBSERVACIONES
<b>MATRIZ ENERGÉTICA 2015- 2016 DEL HBO</b>			
1	Consumo Eléctrico Promedio anual [kWh]	4.069.045,08	
2	Consumo de Diésel Promedio mensual [kWh]	4.466.585,16	
3	Consumo de GLP Promedio mensual [kWh]	714.694,08	
4	Consumo Total de Energéticos Promedio mensual [kWh]	4.625.258,16	
<b>AHORROS POSIBLES, REDUCCION DE EMISIONES</b>			
5	Ahorro cuantificado Anual por Consumo [kWh]	516.856,84	Ahorro estimado en porcentaje 11.73 %
6	Ahorro Anual cuantificado [USD]	19.383,41	
7	Reducción de Emisiones Anual [Ton CO2/MWh]	1.078,10	
<b>INDICES CADET</b>			
1	Consumo Eléctrico Promedio anual [MWh/Cama]	19,41	
2	Consumo de Diésel Promedio mensual [MWh/Cama]	15,24	
3	Consumo Eléctrico Promedio anual [kWh/m2]	259,06	
4	Consumo de Diésel Promedio mensual [kWh/m2]	203,45	

(Fuente: propia).

### 3.6.3. Gráficos CADDET incluido el HBO

Con los datos del Resumen Ejecutivo de la auditoría Energética hemos ubicado en que punto de consumo de las gráficas energía térmica versus energía eléctrica por cama y por metro cuadrado que se presentan a continuación:

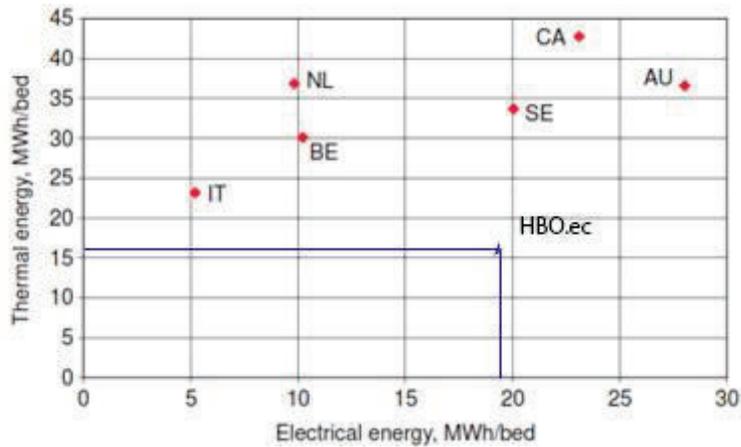


Figura 3.91. Medición anual entre energía térmica MWh/bed y energía eléctrica MWh/bed de países miembros del CADDET, se le incluye al HBO.  
(Fuente: CADDET, 1997 y propia).

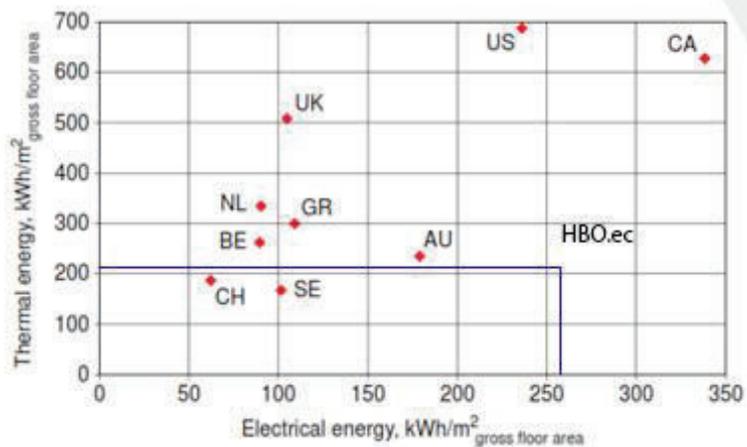


Figura 3.92. Medición anual entre energía térmica kWh/m² y energía eléctrica kWh/m², países miembros del CADDET, se le incluye al HBO.  
(Fuente: CADDET, 1997 y propia).

## **3.7. Estructuración del sistema de gestión energética para el Hospital Baca Ortiz**

### **3.7.1. Elementos estructurales y fundamentales fase 1**

#### **3.7.1.1. Elementos Estructurales fase 1**

##### **Requerimientos generales**

Como se mencionó en los elementos estructurales de la fase 1, los requerimientos generales del SGEN, se fundamentan en: determinar la documentación necesaria para su operación, determinar los alcances del SGEN, y definir como se evaluarán los objetivos del desempeño energético.

##### **Documentación necesaria**

Para el inicio del SGEN es necesario contar con el respaldo de normativas y reglamentos energéticos que provean de una guía para para definir alcances del SGEN y también nos permitan evaluar los elementos del desempeño energético.

##### **Las normativas y reglamentos recomendados son:**

- Artículo 413, CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR 2008. (Promoción de la Eficiencia Energética).
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador, ESTATUTO ORGÁNICO GESTIÓN ORGANIZACIONAL POR PROCESOS DE HOSPITALES. Acuerdo ministerial 1537, 2012.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN-ISO 50001:2012. Sistemas de Gestión de la Energía, Requisitos para Orientación para su Uso.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN-ISO 50002:2014. Auditorías Energéticas, Requisitos para su Uso.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2506:09. Eficiencia energética en edificaciones.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1152:84. Iluminación natural de edificios.
- Agencia Chilena de Eficiencia Energética, IMPLEMENTACIÓN DEL SGEN BASADO EN LA ISO 50001.

## **Responsabilidades y Niveles de Gestión**

### **Alcances del SGEEn.**

El diseño del SGEEn pretende alcanzar la implementación de un Comité de Gestión Energética, cuyo líder sea un delegado de la alta dirección, el nivel de jerarquía del comité estará junto con otros comités establecidos según la ley, esto según el estatuto 1537 del Ministerio de Salud Pública (MSP, Decreto 1537, 2012). Los comités que conforman este nivel de gestión son:

- Seguridad Social
- Seguridad Industrial
- Ambiente y gestión de residuos
- Asociación de servidores públicos

### **Responsabilidad de la Alta Dirección**

Las responsabilidades de la alta dirección se numeran de la siguiente manera:

1. *Crear el comité de gestión energética CGEn:* debido a que el hospital Baca Ortiz es una institución pública, la creación del comité por la alta dirección se respaldará fundamentalmente en el artículo 413 de la constitución del Ecuador del 2008, el cual menciona que el *“Estado promoverá la eficiencia energética y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas”*.
2. *Nombramiento del delegado o representante del CGEn*
  - a) Los Candidatos deben poseer como mínimo título de tercer o cuarto nivel en ingeniería mecánica, eléctrica o carreras afines, conocimientos sobre energía térmica, eléctrica, eficiencia energética y la norma ISO 50001.
  - b) Los candidatos pueden ser empleados de la institución o profesionales con relación de dependencia o con modalidad de servicios profesionales.
  - c) El proceso de evaluación del perfil y selección será realizado por el departamento de talento humano y aprobado por la dirección hospitalaria.
  - d) La dirección hospitalaria deberá emitir un oficio con el nombramiento del candidato seleccionado en el cual se especifique sus funciones, junto con el marco legal respectivo.

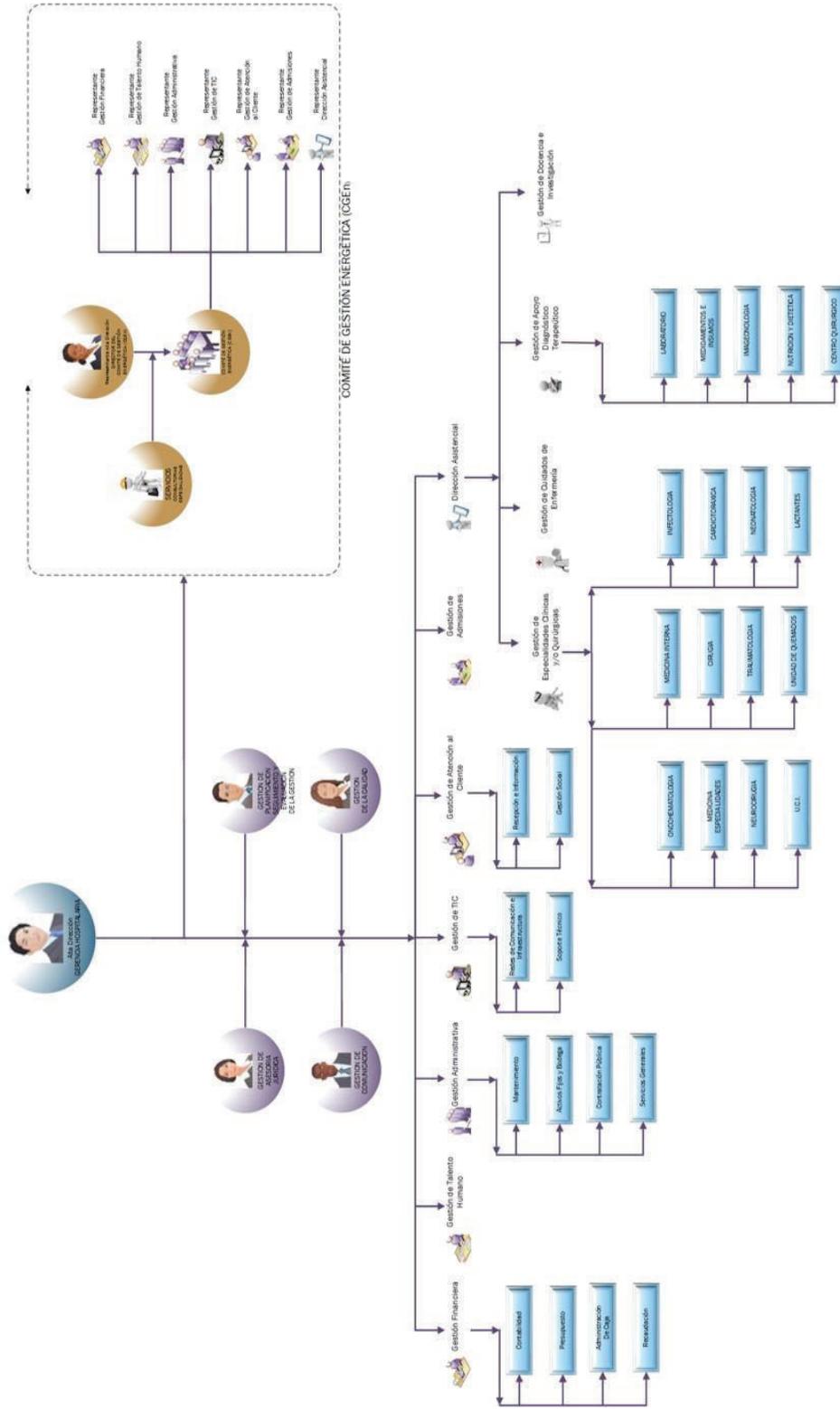


Figura 3.93. Jerarquización del Comité de Gestión Energética CGEEn, en el Organigrama de Hospitales Públicos.  
(Fuente: Estatuto 1537, MSP, 2012)

3. *Comunicar a la institución la importancia, funciones y beneficios del SGEEn*: La alta dirección hospitalaria debe garantizar la comunicación y difusión a cada miembro de la institución, de la importancia, funciones y beneficios del SGEEn y debe ser efectuada según los siguientes lineamientos.
  - a) Comunicar por medios escritos, tanto digitales como impresos. El hospital como institución pública debe emitir los documentos digitales por medio de la plataforma QUIPUX.
  - b) La dirección del hospital junto con la Gestión de Comunicación y el recién creado CGEn, deben celebrar un comité donde se exponga la importancia, funciones y beneficios del SGEEn a los representantes de las diferentes áreas de gestión.
  - c) Otros medios de comunicación que pueden ser utilizados son carteleras afiches con propaganda, talleres de capacitación y concientización, etc.

Sin descartar lo mencionado en los literales a) y b), la institución tiene la potestad de difundir al SGEEn de la manera más conveniente, según disponibilidad de recursos humanos y económicos.

4. *Provisión de recursos económicos, humanos e incentivos del SGEEn*: las direcciones hospitalarias junto con la gestión financiera deben elaborar y justificar partidas presupuestarias para:
  - a) Contratación de personal y contratación de servicios profesionales.
  - b) Contratación de servicios energéticos como auditorías energéticas, análisis de gases, análisis de carga eléctrica, etc.
  - c) Compra de instrumentos, herramientas y equipos de medición.
  - d) Insumos de oficina, muebles, adecuación y/o construcción de oficinas.
  - e) Equipos informáticos.
  - f) Etc.
5. *Planteamiento de metas del SGEEn*: las metas que plantee la alta dirección serán medibles y cuantificables, basadas en los resultados de la auditoría energética.
6. *Determinar junto con el CEn, los indicadores energéticos más relevantes IDENs y propios de la organización*: los indicadores deben ser establecidos en bases a los resultados de la auditoría energética. Los IDENs determinados en el presente estudio pueden ser considerados como los valores de partida.

7. *Revisión y aprobación de informes anuales o semestrales:* el desarrollo del SGEN depende directamente de los resultados arrojados en las auditorías energéticas generales o parciales.
8. *Evaluación de nuevas metas:* las nuevas metas serán planteadas según el avance del SGEN, pueden ser planteadas en función de haber cumplido una meta inicial o se verifica que existe otra necesidad u oportunidad para de mejora.
9. *Difusión de logros:* la difusión de logros se lo hará por medios escritos, tanto digitales como impresos. Adicional la información debe ser sociabilizada mediante un comité entre la dirección hospitalaria, director del CGEn y los representantes de las diferentes áreas de gestión.

### **Roles, Responsabilidad y jerarquía del CGEn, incluida la Alta Dirección**

Es importante definir que el SGEN debe disponer de un sistema de jerarquización, el cual debe estar documentado y registrado. Los roles y responsabilidad deben ser publicados a toda la institución.

### **Objetivos y responsabilidades del CGEn**

Según la norma NTE-INEN-ISO 50001:2012, las funciones y objetivos principales del representante de alta dirección junto con el CGEn son:

1. Asegurar que el SGEN se establezca, se mantenga y mejore continuamente.
2. Seleccionar al personal adecuado, con la debida aprobación de la alta dirección para trabajar en el CGEn.
3. Informar sobre el desempeño energético y del SGEN a la alta dirección.
4. Asegurar que la planificación de actividades de gestión de la energía sea diseñada para apoyar la política energética del hospital.
5. Definir y comunicar responsabilidades y autoridades, con el fin de facilitar la gestión eficaz de la energía.
6. Determinar los métodos necesarios para asegurar, que tanto la operación como el control del SGEN sean eficaces.
7. Promover la toma de conciencia de la política energética y los objetivos en todos los niveles de la institución.

### **Matriz de roles, responsabilidades y jerarquía**

La jerarquización se basa fundamentalmente en 4 niveles acción, los cuales se pueden representar mediante una pirámide:

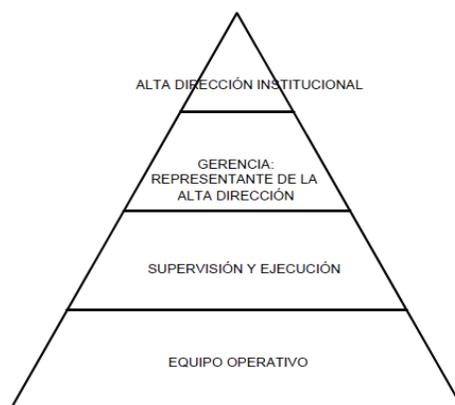


Figura 3.94. Pirámide de jerarquía del CGEn.  
(Fuente: propia).

Tabla 3.57. Jerarquías, cargos y responsabilidades de la alta dirección y CGEn para el HBO.

<b>Matriz de Jerarquías, Roles, Cargos y Responsabilidades de la Alta Dirección y el CGEn</b>				
<b>Periodo: desde .....hasta.....</b>				
<b>Jerarquía</b>	<b>Rol/Cargo</b>	<b>Responsabilidades</b>	<b>Personal (nombres, apellidos)</b>	<b>Fecha de posesión</b>
Dirección Institucional	Director o Directores Institucionales.	Planteamiento de metas del SGEEn. Determinar indicadores energéticos. Revisión y aprobación de Evaluación de nuevas metas. Difusión de logros.	<i>"Nombrar al personal que ha sido designado y el mismo que ha aceptado ser parte del CGEn, pueden ser designados uno o varias personas para desempeñar un rol dentro del CGEn. De la misma manera para varios roles puede ser designada una persona".</i>	<i>"Fecha en la que el personal se posesiona en su rol o cargo".</i>
Representante de la Alta	Director del CGEn	Descritos en el numeral 4.1.3.1.	<i>De la misma manera para varios roles puede ser designada una persona".</i>	
Nivel I	Técnico Mecánico y Eléctrico	Descritos en el numeral 4.1.3.3.		
Supervisión y Ejecución	Representante Financiero	Cordinar y facilitar la		
	Representante Talento Humano	Cordinar con la alta dirección la contratación del personal		
	Representante administrativo	Cordinar adquisiciones, espacios, oficinas,		
Nivel II	Representante TICs	Soporte y mantenimiento de plataformas informáticas de gestión de documentos.		
Nivel III	Representantes de otras áreas	Según lo requiera la alta dirección y el CGEn.		
Equipo Operativo	Técnicos, mecánicos, eléctricos, asistentes, etc.	Levantamiento de información y Registrar documentación, llenar formatos con información Camapañas de mediciones. Administrar el archivo fisico de documentos. Supervisión y operación de equipos. Mantenimiento y modificaciones de equipos.		

(Fuente: propia).

Esta matriz puede ser ampliada según el requerimiento, ya que puede ser más detallada o crearse nuevos roles, jerarquías o responsabilidades, etc.

### Responsabilidades de los encargados técnicos

Los técnicos encargados tanto mecánico como eléctrico representan una función indispensable para el desempeño del CGEn, estos deben ser empleados de la institución y deben contar con experiencia en temas asociados en mantenimiento de los equipos hospitalarios, así como concepto de eficiencia energética, estos coordinarán actividades técnicas de:

1. Levantamiento de información histórica de consumo energético, consumo de combustibles, horas de operación de equipos, etc.
2. Efectuar el análisis del consumo de energía junto con el director del CGEn para establecer, metas de ahorro, análisis de indicadores, acciones concretas, políticas, capacitaciones, etc.
3. Coordinar actividades técnicas de mantenimiento, evaluación del estado y operación de equipos, supervisar servicios energéticos, determinar requerimientos de compra de equipos o repuestos, etc. Redactar informes técnicos al CGEn.

Para el cumplimiento de lo mencionado, el perfil de los candidatos debe ser evaluado según parámetros establecidos por la Universidad Nacional de Colombia:

Tabla 3.58. Formato perfil de cargo para el representante de la alta dirección.

Formato Perfil de Cargo para Administrador Energético del SGEN	
FECHA: <u>1/5/2017</u>	SEDE: <u>HOSPITAL BACA ORTIZ-QUITO</u>
<b>1. Identificación del Cargo</b>	
DENOMINACIÓN: <u>Administrador Energético</u>	CÓDIGO: <u>1</u>
NIVEL: <u>Gerencial</u>	ASIGNACIÓN SALARIAL: <u>(opcional)</u>
DEPENDENCIA: _____	
<b>2. Objetivo General del Cargo</b>	
<i>Crear y administrar el CGEn, para asegurar que el SGEN se establezca, se mantenga y mejore continuamente en el tiempo, para producir ahorros energéticos y económicos a la institución.</i>	
<b>3. Requisitos Mínimos</b>	
3.1 FORMACIÓN ACADÉMICA	
<i>Tercer nivel en ingeniería mecánica, eléctrica o carreras afines, con preferencia disponer de un posgrado en eficiencia energética.</i>	
3.2 EXPERIENCIA LABORAL	
<i>1. Haber trabajado en hospitales públicos o privados, en la gestión del mantenimiento mecánico o eléctrico.</i>	

Continúa.

4. Descripción de las Funciones					
Funciones			Frecuencia	Tipo	
1. Seleccionar al personal adecuado para trabajar en el CGEn.			<i>o</i>	<i>e</i>	
2. Informar sobre el desempeño energético a la alta dirección.			<i>t</i>	<i>e</i>	
3. Informar sobre el desempeño del SGEEn a la alta dirección.			<i>s</i>	<i>e</i>	
4. Asegurar que la planificación de actividades de gestión de la energía se diseña para apoyar la política energética del hospital.			<i>d</i>	<i>c,d</i>	
5. Definir y comunicar responsabilidades y autoridades, con el fin de facilitar la gestión eficaz de la energía.			<i>o</i>	<i>a,c,d</i>	
6. Determinar los métodos necesarios para asegurar, que tanto la operación como el control del SGEEn sean eficaces.			<i>o</i>	<i>a,d</i>	
7. Promover la toma de conciencia de la política energética y los objetivos en todos los niveles de la institución.			<i>d</i>	<i>e</i>	
8. Analizar y aprobar informes sobre desempeño energético del hospital			<i>t</i>	<i>a,c</i>	
9. Analizar y aprobar informes de mantenimiento, evaluación del estado y operación de equipos, servicios energéticos, requerimientos de compra de equipos			<i>o</i>	<i>a,c</i>	
10. Planificar auditorías energéticas internas o externas y servicios energéticos			<i>a,s</i>	<i>d</i>	
11. Llevar un control adecuado de documentación mediante su delegado			<i>d</i>	<i>c</i>	
Convenciones	Tipo de función	Ejecución (e)	Análisis (a)	Dirección (d)	Control (c)
	Frecuencia	Ocasional (o)	Diaria (d)	Mensual (m)	Trimestral (t)
		semestral (s)	anual (a)		
5. Competencias		Nivel			
		Alto	Medio	Bajo	
5.1 Generalidades					
1	Análisis	x			
2	Autonomía		x		
3	Creatividad		x		
4	Delegación	x			
5	Dinamismo	x			
6	Flexibilidad		x		
7	Iniciativa	x			
8	Integridad	x			
9	Liderazgo	x			
10	Negociación y conciliación		x		
11	Planificación y Organización	x			
12	Resolución de problemas	x			
13	Toma de decisiones	x			
14	Trabajo en equipo	x			
5.2 Técnicas					
1	Atención al detalle	x			
2	Autoorganización	x			
3	Comunicación oral y escrita	x			
4	Disciplina	x			
5	Razonamiento numérico	x			

(Fuente: Universidad Nacional de Colombia, 2016)

**Nota:** Las funciones y parámetros de evaluación de competencias generales es una referencia que los autores plantean, la institución mediante el apoyo de la gestión de talento humano, pueden determinar la idoneidad de más o menos funciones o parámetros.

### 3.7.1.2. Elementos Fundamentales fase 1

La auditoría energética, las líneas base energéticas y los indicadores de desempeño energético se encuentran en los numerales 3.1 a 3.7, además se da un listado de los elementos del desempeño energético de los USEn del HBO.

## Elementos del Desempeño Energético

### Usos energéticos

El comité de Gestión Energética debe identificar los usos energéticos del hospital según los tres energéticos principales:

Tabla 3.59. Matriz general de USEn, Hospital Baca Ortiz.

Energético	Servicio	Descripción
	Motores	Accionamiento de motores, bombas, compresores, ventiladores, etc.
<b>Electricidad</b>	Iluminación	Toda la iluminación eléctrica.
	Equipos Médicos, electrónicos, electricos, etc.	Equipos conectados a la red interna de distribución.
	Agua caliente para lavandería	Agua caliente para el lavado de prendas de pacientes y personal médico.
	Vapor para cocina	Cocción con marmitas.
	Agua caliente para servicios generales	Agua caliente para duchas, fregaderos en general.
<b>Diesel</b>	Producción de Vapor	
	Lavandería	Máquinas lavadoras de ropa con vapor.
	Central de esterilización.	Esterilización de prendas e insumos médicos.
	Esterilización colchones	Limpieza de colchones.
	Calandra	Planchado y limpieza de sabanas.
	Piscina.	Calentamiento de agua.
	Generación Eléctrica	Uso de diesel para motor de combustión interna.
	Cocción	Fuego para cocinas industriales.
<b>GLP</b>	Laboratorio	Fuego para cocina y mecheros.
	Control de llama del caldero (Central Térmica)	Encendido del caldero control de llama piloto.

(Fuente: propia).

## Consumo Energético

El hospital desde varios años atrás ha registrado el consumo o el tiempo de operación de equipos y sistemas, Sin embargo, para que se disponga de la suficiente información respecto al consumo energético es necesario registrar datos e información diariamente como es el caso del diésel, GLP y horas de operación de equipos, en otros casos como las planillas eléctricas se recolectaran mensualmente.

Tabla 3.60. Registro de consumos energéticos y derivados para el análisis del desempeño energético.

Consumos	Parámetro	Unidad
<b>Electricidad</b>	Planilla o factura de la empresa eléctrica	Unidad
	Horas de operación bombas de agua	horas
	Horas de operación quemadores de calderos	horas
	Horas de operación bombas de vacío	horas
	Horas de operación de compresores	horas
<b>Diesel y Producción de Vapor</b>	Registro de consumo de diesel	Gal
	Registro de consumo y caudal de vapor para cocina	kg y kg/h
	Registro de consumo y caudal de vapor para lavandería	kg y kg/h
	para duchas y fregaderos, servicios generales	kg y kg/h
	Registro de consumo y caudal de vapor para calandra	kg y kg/h
<b>GLP</b>	Registro de consumo de GLP para cocina	kg
	Registro de consumo de GLP para laboratorio	kg
	Registro de consumo de GLP para central térmica (calderos)	kg

(Fuente: propia).

**NOTA:** en la tabla anterior la contabilización de horas de operación de la bomba de agua, las horas de operación del quemador, y algunos consumos de vapor, son parámetros que actualmente el hospital no registra, sin embargo, para la implementación del SGEN y la auditoría energética son variables que deben ser registradas con medidores a instalarse.

## Intensidad Energética

Para el consumo total energético y particular de electricidad, diésel y GLP:

- kWh/cama disponible
- kWh/días paciente
- kWh/m<sup>2</sup>

Por otro lado, se puede considerar otros indicadores que permitirán evaluar el desempeño energético:

- kWh/kg-(vapor): energía demandada del diésel para producir un kilogramo de vapor.
- kWh/m<sup>3</sup>-(agua): energía demandada de la bomba de agua para bombear un m<sup>3</sup> de agua.
- kWh/m<sup>3</sup>-(aire): es la energía demanda del compresor para comprimir un m<sup>3</sup> de aire.

Los valores obtenidos en cada auditoría energética deben ser registrados y comparados.

## Eficiencia energética

Parte fundamental es el conocimiento de la eficiencia de equipos y sistemas, por lo que el CGEn debe llevar un registro de la eficiencia de los mismos, este debe ser comparado con valores obtenidos en el tiempo según el siguiente formato:

Tabla 3.61. Registro de eficiencia de equipos y sistemas.

<b>Equipos/ Sistemas</b>	<b>Eficiencia % Periodo 1 (dd/mm/aa)</b>	<b>Eficiencia % Periodo 2 (dd/mm/aa)</b>	<b>Eficiencia % Periodo 3 (dd/mm/aa)</b>	<b>Eficiencia % Periodo 4 (dd/mm/aa)</b>
Equipo 1	XX	XX	XX	XX
Equipo 2	XX	XX	XX	XX
Equipo 3	XX	XX	XX	XX
Equipo 4	XX	XX	XX	XX
Sistema 1	XX	XX	XX	XX
Sistema 2	XX	XX	XX	XX
Sistema 3	XX	XX	XX	XX
Sistema 4	XX	XX	XX	XX

(Fuente: propia).

### 3.7.2. Elementos Estructurales y fundamentales, fase 2

#### 3.7.2.1. Elementos Estructurales fase 2

##### Políticas Energéticas

Como parte del diseño del SGEN, se plantea para el hospital 9 políticas fundamentales que el hospital puede adoptar, sin restringir a que estas pueden ser mejoradas, ampliadas, disminuir o incrementar las mismas.

Tabla 3.62. Formato para presentación de políticas energéticas.

<p style="text-align: center;"><b>POLÍTICA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA Y APROVECHAMIENTO EFICIENTE</b></p> <p>El <b>Hospital Baca Ortiz</b>, dedicado a prestar servicios de salud con calidad y calidez, en el ámbito de la asistencia especializada, está comprometido a considerar a la Gestión de la Energía y su aprovechamiento eficiente, como puntales de su desarrollo en todas sus actividades, a través de:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) Optimizar los procesos de servicios hospitalarios y promover la sostenibilidad ambiental para lograr un uso eficiente de la energía y recursos.</li><li>2) Realizar mejoras continuas en el SGEN (Sistema de Gestión Energética) garantizando un mejor desempeño energético.</li><li>3) Garantizar el acceso a la información así como los recursos necesarios para alcanzar las metas y objetivos energéticos planteados.</li><li>4) Cumplir con requisitos legales y los que son aceptados por el hospital, que apliquen a la mejora del SGEN y al uso eficiente de energía.</li><li>5) Apoyar la compra de productos y servicios energéticamente eficientes así como diseños y prácticas de uso eficiente de energía.</li><li>6) Documentar toda la información relacionada al desarrollo del SGEN y el desempeño energético.</li><li>7) Supervisar continuamente el SGEN.</li><li>8) Comunicar la política energética a todo el personal del hospital, para cuyo efecto estará disponible al público en general y a las partes interesadas de manera permanente.</li></ol> <p>Mayo 2017</p> <p>(firma) _____ Nombre:..... DIRECTOR/GERENTE</p> <p style="text-align: right;">#Doc: 00001</p>
---

(Fuente: propia).

### 3.7.2.2. Elementos fundamentales, fase 2

#### Objetivos energéticos, metas energéticas según la auditoría energética

La manera pertinente de evaluar un objetivo o meta es mediante el uso de un indicador numérico cuya naturaleza puede estar ligada al desempeño energético de la institución, ser un derivado, o un complementario. La recomendación de este estudio es que los objetivos iniciales al desarrollo del SGE<sub>n</sub> se enfoque en reducir consumos energéticos. Por tal razón en el siguiente cuadro se aplica un formato evaluando el objetivo de “Reducir el consumo energético en el sistema de abastecimiento de agua potable”.

Tabla 3.63. Formato para planteamiento de objetivos y metas del SGE<sub>n</sub>.

<b>Propuesta de Objetivos y Metas para SGE<sub>n</sub></b>		
<b>Objetivo:</b> <i>Reducir el consumo de energía en el sistema de bombeo de agua potable.</i>		
<b>Meta 1:</b> <i>Reducir el consumo de energía eléctrica de la bomba para bombear un m<sup>3</sup> de agua potable.</i>		
<b>Meta 2:</b> <i>Reducir el consumo de agua en el hospital mediante la instalación de grifos electrónicos por activación de infrarrojo en los fregaderos de mayor uso dentro del hospital</i>		
<b>Meta 3:</b> <i>Concientización de los usuarios sobre el uso eficiente del agua mediante talleres de capacitación.</i>		
<b>Políticas pertinentes para este objetivo</b>		
<i>1) Optimizar los procesos de servicios hospitalarios y promover la sostenibilidad ambiental para lograr un uso eficiente de la energía y recursos.</i>		
<i>2) Apoyar la compra de productos y servicios energéticamente eficientes así como diseños y prácticas de uso eficiente de energía.</i>		
<i>3) Comunicar la política energética a todo el personal del hospital , para cuyo efecto estará disponible al público en general y a las partes interesadas de manera permanente.</i>		
<b>Seguimiento y Medición</b>		
<b>De que manera se hará el seguimiento y medición del Objetivo</b>	<b>Metas</b>	
	<b># Meta</b>	<b>Indicador</b>
<i>Se medirá la reducción de consumo de agua mensual en kWh y su respectivo porcentaje, comparado con el mes del año anterior</i>	<b>Meta 1</b>	<i>Consumo de energía eléctrica de la bomba para bombear un m<sup>3</sup> de agua potable (kWh/m<sup>3</sup>).</i>
	<b>Meta 2</b>	<i>Reducción en el consumo en m<sup>3</sup> de agua por mes.</i>
	<b>Meta 3</b>	<i>Número de personal capacitado</i>
<i>Elaborado por:</i>	<i>Revisado por:</i>	<i>Aprobado por:</i>
<i>Firma:</i>	<i>Firma:</i>	<i>Firma:</i>
<i>Fecha:</i>	<i>Fecha:</i>	<i>Fecha:</i>

(Fuente: propia).

Según la tabla anterior la metodología puede ser aplicable para cualquier objetivo que el SGEN plante. Es necesario que los objetivos sean medibles, cuantificables y accesibles, de tal manera que se pueda comprobar su alcance y logro de una manera clara y eficaz.

### Plan general de acción de gestión de la energía

Para el presente estudio hemos escogido el caso determinado en el numeral 3.9, donde se analiza la oportunidad de colocar un motor eléctrico de menor potencia a las bombas de abastecimiento de agua, esta acción lograría que el indicador kWh/m<sup>3</sup> (energía demandada para bombear un m<sup>3</sup> de agua) se reduzca de 0.27 a 0.22kWh/m<sup>3</sup>, provocando un ahorro del 18% en consumo energético, en base a esto se plantea el siguiente formato.

Tabla 3.64. Formato para planes de acción del SGEN.

Plan de Acción Energético			
<b>Objetivo:</b> Reducir el consumo energético en el sistema de bombeo de agua potable.			<b>Fecha de elaboración:</b> 01/05/2017
<b>Indicador:</b> Consumo de energía eléctrica de la bomba para bombear un m <sup>3</sup> de agua potable (kWh/m <sup>3</sup> )			<b>Fecha de revisión:</b> 02/05/2017
<b>Meta:</b> de 0,27 a 0,22kWh/m <sup>3</sup> .			
<b>Proyecto/Descripción:</b> Reducir el consumo energético del sistema de bombeo de agua potable del hospital, mediante la instalación de motores eléctricos de menor potencia.			
Planeación del Proyecto			
Acción/Item	Responsable	Plazo/días	Recursos
1. Evaluar el análisis de oportunidades de la auditoría energética que refiere a la colocación de un motor de 20Hp.	(Administrador del CGEn, junto con los técnicos encargados)	5	N/A
2. Elaborar el informe técnico de factibilidad del proyecto y aprobación del CGEn y alta dirección.	(Administrador del CGEn, junto con los técnicos encargados)	5	Hojas técnicas y catálogos de los equipos instalados actualmente.
3. Elaborar bases técnicas o términos de referencia del equipo deseado y solicitar cotizaciones y presupuestos.	(Técnicos encargados + Dep. Adquisiciones)	15	Formatos para elaboración de bases técnicas.
4. Proceso de compra.	(Dep. adquisiciones)	60	Presupuesto asignado y términos de referencia.
5. Instalación y pruebas.	(Técnicos encargados + Equipo Operativo del CGEn)	30	Herramientas y equipos propios del hospital.
6. Informe y comunicación de resultados.	CGEn	5	Medios de comunicación escritos del hospital.
<i>Información preliminar/comentarios:</i> Previo al estudio de la auditoría energética el departamento de mantenimiento e ingeniería, ha evaluado la opción de cambiar el sistema hidroneumático por un sistema de presión constante, el cambio de sistema puede acoplarse al presente plan debido a que las bombas de un sistema de presión constante pueden disponer de motores de 20Hp.			
Realizado por:	Firma	Fecha: dd/mm/aa	
Aprobado por:	Firma	Fecha: dd/mm/aa	

(Fuente: propia).

Respecto al plan de medición o verificación de metas es importante considerar que existen diversas maneras que permiten medir el avance, en este caso hemos planteado una metodología en la que se dé un peso o ponderación porcentual a las acciones o actividades particulares, esto lo determina el CGEn, seguido de la evaluación mensual y avance descrito en porcentaje. En el siguiente formato hemos tomado como referencia nuevamente el plan de acción para reducción del consumo energético en el sistema de bombeo de agua potable.

Tabla 3.65. Plan de Verificación de avance en el cumplimiento de las metas.

Plan General de Verificación de la Meta			
Acción/Item	Ponderación	Avance del periodo	
		Frecuencia/ Mensual	% Avance
1. Evaluar el análisis de oportunidades de la auditoría energética que refiere a la colocación de un motor de 20Hp.	10%	1er mes	30%
2. Elaborar el informe técnico de factibilidad del proyecto y aprobación del SGEN y alta dirección.	10%		
3. Elaborar bases técnicas o términos de referencia del equipo deseado y solicitar cotizaciones y presupuestos.	10%		
4. Proceso de compra.	30%	2do mes	15%
		3er mes	15%
5. Instalación y pruebas.	30%	4to mes	30%
6. Informe y comunicación de resultados.	10%	5to mes	10%
TOTAL=	100%		100%

(Fuente: propia).

Por obvias razones este formato puede ser modificado según la necesidad de la institución, este presenta una base real de información para los proyectos que frecuentemente se presentarían en el CGEn.

### 3.7.3. Elementos estructurales y fundamentales, fase 3

Como ya se dijo en esta fase no existen elementos estructurales.

#### 3.7.3.1. Elementos fundamentales, fase 3

##### Control Operacional

El objetivo del control operacional es identificar aquellas actividades o procesos, en los que es necesario aplicar medidas de control, como consecuencia de la influencia sobre el desempeño energético de la institución. El control operacional debe en lo posible alcanzar a todas las actividades que afecten directamente al desempeño energético.

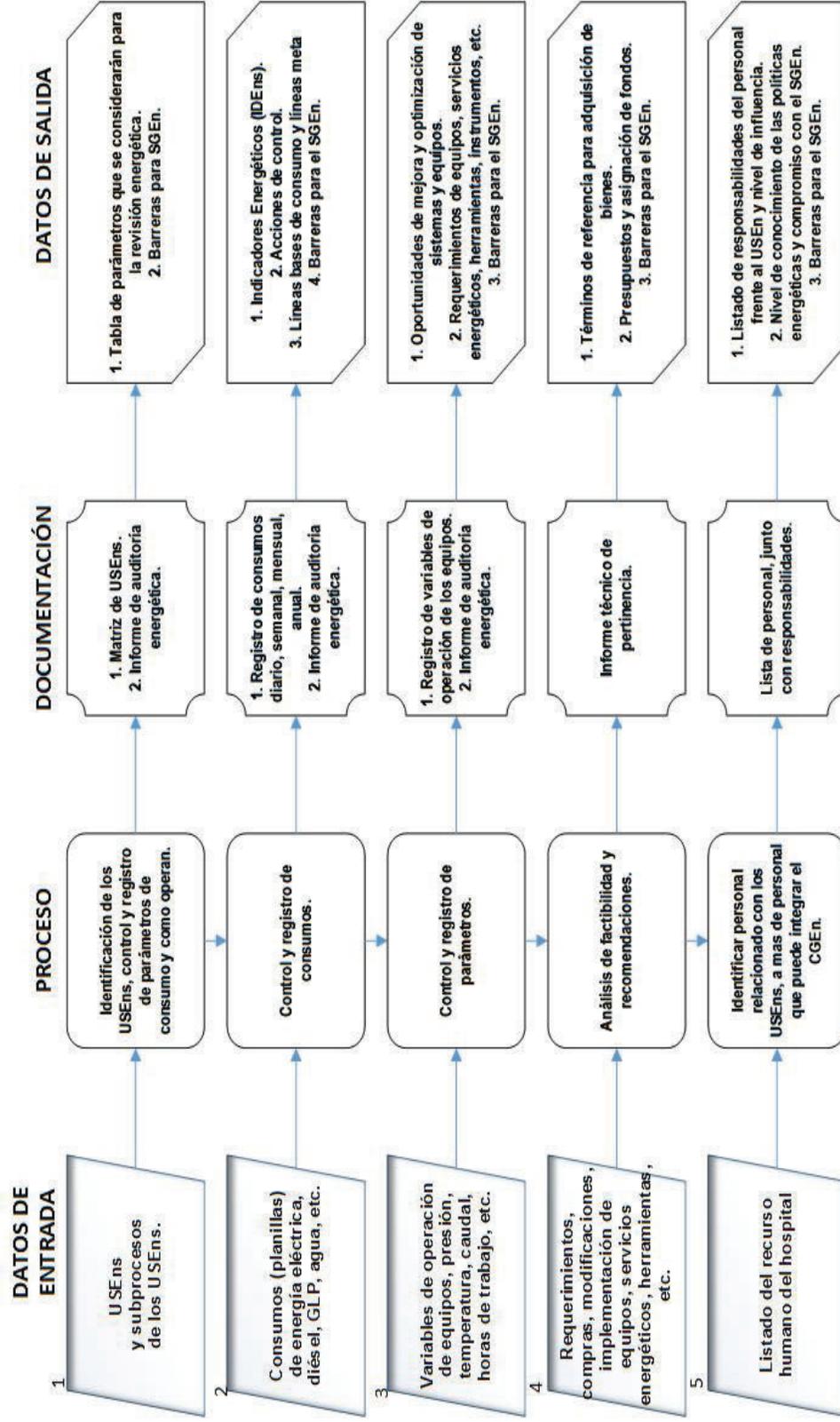


Figura 3.95. Control operacional de procesos fundamentales del SGE.  
(Fuente: propia).

## Diseño

El "Diseño" se refiere al diseño de instalaciones nuevas, modificadas y renovadas, equipos, sistemas y procesos alternativos, esto está relacionado directamente con el planteamiento de objetivos, metas y políticas. En la siguiente tabla se analizará un ejemplo de oportunidad de mejora para la implementación de un intercambiador de calor en la salida de gases de combustión de las calderas del Hospital Baca Ortiz.

Tabla 3.66. Formato para el análisis de proyectos y oportunidades de mejora.

<b>Análisis de Proyectos y Oportunidades de Mejora para el SGen</b>			
<b>Oportunidad/proyecto:</b> <i>Los gases de escape de los calderos poseen un elevado potencial de energía, ya que la temperatura de salida en promedio es 170C.</i>		<b>Fecha de elaboración:</b>	1/5/2017
<b>Fuente/generación:</b> <i>Auditoría energética ejecutada por estudiantes de la EPN.</i>		<b>Fecha fuente:</b>	1/4/2017
<b>Area de trabajo:</b> <i>Central térmica, calderos generadores de vapor.</i>		<b>Departamento:</b> <i>Mantenimiento</i>	
<b>Area técnica:</b> <i>(Mecánica, Energética, Eléctrica, Electrónica, Ambiental, Civil, etc.).</i>			
<b>Subareas:</b> <i>(se enlista las áreas técnicas complementarias al proyecto).</i>			
<b>Descripción general:</b> <i>Los gases de escape de las caldera en promedio se evacuan a 170C, se puede instalar un intercambiador de calor que permita transferir la energía térmica a un flujo de agua y calentarla, para usarla en los servicios de lavandería y ACS. Se estima que la temperatura que puede alcanzar el agua a calentar es de 93C °.</i>			
<b>informe técnico de pertinencia por parte del CGEn.</b>		<b>SI:</b>	<b>NO:</b> X
<b>Personal Requerido</b>			
<b>Internos</b>		<b>Externos</b>	
1. <i>Administrador Energético (CGEn)</i>		1. <i>Plomeros</i>	
2. <i>Técnicos encargados del CGEn</i>			
3. <i>Equipo operativo del CGEn</i>			
4. <i>Representate financiero CGEn</i>			
<b>Contratación de servicios externos (descripción)</b>			
1. <i>Diseño térmico del intercambiador de calor, montaje y puesta en marcha.</i>			
<b>Análisis económico general</b>			
<b>Rubros</b>		<b>Presupuesto (ref.)</b>	<b>Ponderación</b>
<b>Costos externos (pago a proveedores)</b>	<i>Ingeniería</i>	\$ 3.500,00	21%
	<i>Materiales y Equipos</i>	\$ 7.800,00	48%
	<i>Mano de obra</i>	\$ 2.500,00	15%
<b>Costos inernos (horas/hombre, recursos propios del hospital, etc.)</b>	<i>Ingeniería, Mano de obra, materiales, servicios, etc.</i>	\$ 2.500,00	15%
<b>Total=</b>		\$ 16.300,00	100%
<b>Valor total presupuestado en el PAC</b>		<b>SI:</b> X	<b>NO:</b>
<b>Cumple con al menos una de las políticas energéticas. (Esta fila la llena el Gerente o AE)</b>		<b>SI:</b> X	<b>NO:</b>
<b>Observaciones:</b> <i>("describir por que se aprueba o no, recomendaciones para proceder con la aprobación, recomendar el siguiente, etc".)</i>			
<i>Elaborado por:</i>		<i>Aprobado: ( X ) Reprobado: ( ) por:</i>	
<i>Firma:</i>		<i>Firma:</i>	
<i>Fecha:</i>		<i>Fecha:</i>	

(Fuente: propia).

**NOTA:** los valores reflejados en el análisis económico general del cuadro anterior son referenciales y no obedecen a un estudio de costos reales, los mismos son para ilustrar el ejemplo de aplicación del formato.

### Recomendaciones para la adquisición o compra de servicios energéticos, productos, equipos y energía

La recomendación de este estudio es que las compras a nivel general de la institución se las hagan no solo bajo el concepto de menor precio, es decir que los equipos adquiridos deben presentar certificaciones o ventajas en eficiencia energética sobre la competencia directa, todo esto lo respalda la política energética número 5.

Complementando el proceso de adquisición es necesario que se introduzca un esquema de análisis técnico y económico del bien o servicio junto con un formato de aprobación de aprobación de equipo o servicios.

Tabla 3.67. Formato para el análisis de especificaciones para eficiencia energética de las ofertas de diferentes proveedores.

Cuadro de análisis de especificaciones para eficiencia energética para adquisiciones equipos y servicios																		
Proveedores	Análisis Según USEn										Análisis de Eficiencia Energética							
	Nombre del equipo	Función	Se aplica al USEn	Reemplaza a	Costo total (incluye valores complementarios)	Potencia (kW)	Horas de uso diario (semanal si es el caso)	Amperaje y Voltaje	Factor de Potencia	# Fases	Capacidad (caudal, presión temperatura, etc.)	Mejora el desempeño energético del proceso	Se encuentra dentro de las políticas, objetivos y metas del SGEN	Posee certificaciones de eficiencia energética	Posee certificado medio ambiental	Eficiencia energética (dato del fabricante)	Tiempo de vida útil estimada	Disponibilidad de repuestos, alta(A), media (M), baja (B)
Proveedor 1																		
Proveedor 2																		
Proveedor 3																		

(Fuente: propia).

Tabla 3.68. Formato de aprobación de compra de equipos y servicios.

Según el análisis de especificaciones para la eficiencia energética, se ha determinado que el proveedor....., fúe seleccionado para la provisión del (bien o servicio)....., por cumplir con todos los requerimientos energéticos, eficiencia y ambientales que el hospital exige, por tal motivo se solicita que se proceda con la compra.				
Elaborado Por: Fecha  (dd/mm/aa) 1. .... 2. ....	Firmas	Revisado Por:  (dd/mm/aa) 1. .... 2. .... 3. ....	Fecha	Firmas
Aprobado por: Firma Fecha:		Rechazado Por: Firma: Fecha:		
<b>Observaciones:</b> ("describir recomendaciones para futura aprobación, describir por que no fúe aprobado")				

(Fuente: propia).

Como se ha mencionado en varias ocasiones los formatos anteriores presentan información básica, sin embargo, la institución puede adaptar nuevos parámetros según el tipo de requerimiento, tipo de equipo o servicio necesario.

### 3.7.4. Elementos estructurales y fundamentales, fase 4.

#### 3.7.4.1. Elementos estructurales, fase 4

Esta fase contempla elementos solo estructurales.

#### Planificación de la implementación y ejecución del SGen.

Se deberá establecer un cronograma para la completa implementación de la norma NTE INEN ISO 50001 tomando como referencia el presente estudio con un plazo que no vaya más allá de un año desde la decisión de implementarlo.

#### Requerimientos legales y de otro tipo

Actualmente el hospital legalmente debe cumplir con varios requerimientos que permiten su operación como permisos de bomberos, permisos ambientales, etc., también la alta dirección con el CGEn puede plantear requisitos de otro tipo para su operación. Para la gestión de la documentación legal y de otro tipo es necesario plantear parámetros fundamentales que permitan esta actividad y que contempla los siguientes:

- Documentos y normativas de referencia: Esto consiste en disponer de documentación fundamental que apoyan o soportan al SGEN y su implementación, estas pueden ser legales o de otro tipo. En el caso de normativas internacionales, estas brindan puntos de referencia como en consumos, acciones, recomendaciones, etc. para ser consideradas en el desarrollo del SGEN. Este estudio plantea que la alta dirección junto con el CGEn, dispongan de la siguiente documentación referencial.
- Certificaciones y normativas energéticas internacionales: son certificaciones que determinan el nivel de consumo energético aceptable para hospitales y otras edificaciones, como se mencionó en la metodología de este estudio.
- Proceso de identificación: se debe establecer un procedimiento de evaluación que incluya la identificación, evaluación de los documentos legales, normativas nacionales e internacionales, etc. Para el cumplimiento del proceso, se plantea el siguiente formato:

Tabla 3.69. Formato para matriz de identificación y evaluación de documentación legal, normativa, nacional, internacional y de otro tipo para el SGEN.

Matriz de identificación y evaluación de la documentación o normativas legales para el SGEN								
#	Documentación (descripción)	Fecha expedición	Doc.		Tipo de documentación	Afectación	Responsable	Plazo
			SI	NO				
1					"Definir si es permiso, norma nacional o internacional, estatuto, reglamento, disposiciones o mandatos superiores,"	"Describir a quién o a que afecta el cumplimiento, recibimiento o registro de la documentación"	"Nombrar o identificar a la persona responsable del cumplimiento, recibir o registrar la información".	"Definir el número de días, semanas, meses, fechas o periodo plazo para ejecutar,
2								
3								

(Fuente: propia).

- Personal Responsable: Se designa las responsabilidades desde la Alta Dirección que es la encargada del proceso de identificación, evaluación, control, comunicación y actualización de los requisitos legales de la organización, y se determina qué documentos serán entregados periódicamente según la necesidad, con el objetivo de verificar, revisar y comunicar las medidas correctivas que se deben hacer dentro del hospital. Esta persona también debe realizar la recopilación de normas, leyes, reglamentos y otros, que tengan estrecha relación con el consumo y uso de la energía, aplicables para la organización para luego analizar

las normativas vigentes identificando las que están relacionadas con el desempeño energético y adjuntar a la matriz de requisitos legales o listado de normativas referenciales para el hospital.

- Actualización: la documentación debe ser actualizada al menos con frecuencia anual.
- Proceso de comunicación: se debe definir formas de comunicación sobre el estado del cumplimiento de leyes, normativas, certificaciones, etc.
- Registros: debe existir listados o formatos que permitan registrar toda la documentación legal, como permisos, estatus, certificaciones, etc., además la documentación como las normativas y demás información que utilizará el SGEN.
- Matriz de requisitos legales: para el caso del hospital, este dispone actualmente de la siguiente documentación:
  - a) Certificado definitivo de gas centralizado, otorgado por los bomberos de Quito.
  - b) Calificación del plan de gestión de desechos sanitarios, otorgado por el Ministerio de Salud (Pública MSP).
  - c) Certificado del cumplimiento del plan de manejo Ambiental, otorgado por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, (MDMQ).
  - d) Certificado del permiso de funcionamiento, Servicios de Salud, otorgado por el MSP.
  - e) Informe técnico de emisiones gaseosas, emitido por la empresa Solinec.
  - f) Estatuto Orgánico Gestión Organizacional por Procesos de Hospitales, reglamento y aplicación exigido por el MSP.
- Plan de acción para atención a los requisitos legales: se refiere a cómo (acciones) se va a implementar o acatar lo dispuesto en la documentación o normativa legal o de otro tipo.

Tabla 3.70. Matriz de requisitos legales.

Matriz de requisitos legales que aplica el Hospital Baca Ortiz									
#	Título del requisito	Emite	Referencia (No.)	Descripción	Resultado	Fecha emisión	Responsable gestión	Fecha cadauca	Observaciones
1	Certificado definitivo de gas centralizado	Bomberos de Quito	000114-AT-DGC-CBDMQ-2016	Cumplimiento a las medidas de prevención de incendios	El hospital certifica	28/12/2016	Alta dirección y Mantenimiento	indefinido	Se debe certificar nuevamente si se modifica las instalaciones
2	Calificación del plan de gestión de desechos sanitarios	MSP	Matriz de calificación	Evaluación de la gestión de desechos sanitarios	Calificación del 99%, el hospital certifica adecuadamente	Periodo 2016	Alta dirección y comité de Gestión	2017	El hospital esta en el nuevo proceso
3	Certificado del cumplimiento del plan de manejo Ambiental	MDMQ	Oficio 8968	Cumplimiento de cronograma de actividades para mejora de gestión ambiental	El hospital certifica	16/11/2012	Alta dirección y comité de Gestión Ambiental	14/5/2014	El hospital esta en el nuevo proceso para certificación.
4	Certificado del permiso de funcionamiento	MSO	MSP-2016-Z09-0004026	Permiso de operación según las condiciones del Hospital	El hospital certifica	26/10/2016	Alta dirección	26/10/2017	
5	Informe técnico de emisiones gaseosas	SOLINEC	Informe SOL-01-2016	Informe según ordenanza municipal 404, si se cumple o no el límite de emisiones en mg/m <sup>3</sup> de gases de combustión a condiciones normales.	El hospital cumple con la ordenanza 404 , en sus niveles de emisiones de los calderos	Septiembre de 2016	Alta dirección y Mantenimiento	Septiembre de 2017	
6	Estatuto Orgánico Gestión Organizacional por Procesos de Hospitales	MSP	Estatuto 1537	Consiste en un manual organizacional para todo hospital público	Requerimiento obligatorio, el hospital cumple.	N/A	Alta dirección	N/A	

(Fuente: propia).

Tabla 3.71. Plan de acción para documentos legales.

Plan de acción para requisitos legales					
#	Título del requisito	Responsable gestión	Acciones	Recurso	Plazos
1	Certificado definitivo de gas centralizado.	Alta dirección y Mantenimiento.	Emitir informe de modificaciones al DMQ.	"Se define según los medios y herramientas que utilice el hospital".	"La alta dirección junto con los otros implicados deben fijar plazo que permitan satisfacer estos requerimientos".
2	Calificación del plan de gestión de desechos sanitarios.	Alta dirección y comité de Gestión Ambiental.	Verificar y hacer cumplir los parámetros exigidos según el formato de calificación.		
3	Certificado del cumplimiento del plan de manejo Ambiental.	Alta dirección y comité de Gestión Ambiental.	Revisar y ejecutar el plan presentado por el hospital.		
4	Certificado del permiso de funcionamiento.	Alta dirección.	Renovar para el siguiente periodo.		
5	Informe técnico de emisiones gaseosas.	Alta dirección y Mantenimiento.	Realizar el proceso de adquisición de servicios septiembre de 2017.		
6	Estatuto Orgánico Gestión Organizacional por Procesos de Hospitales.	Alta dirección.	Controlar que se cumpla.		

(Fuente: propia).

## Sensibilización y superación de barreras

El personal debe ser consciente de cuatro aspectos fundamentales en la implementación y desarrollo del SGEN, tales como:

- Es necesario el cambio de comportamiento, opinión, actitudes, para encajar con la política del SGEN.
- Sobre las funciones, responsabilidades y atribuciones del personal de la institución para cumplir con los requisitos del SGEN.
- De los beneficios del SGEN y la mejora del desempeño energético.
- El impacto que puede tener una aptitud adecuada y alineada al SGEN.

Para alcanzar los cuatro puntos mencionados anteriormente es necesario elaborar una campaña de sensibilización, para esto la comunicación y sociabilización verbal, y escrita son herramientas claves, estas a su vez pueden ser talleres, charlas, afiches, dípticos y trípticos, murales, etc., la utilización de estas dependerá de la necesidad y recursos disponibles, el diseño de la campaña es de libre elección del CGEn, debido a que este identifica variables del personal que los entes externos no lograrían tal como nivel de educación del personal, nivel de resistencia al cambio de aptitudes, dinámica de trabajo, etc.

Tabla 3.72. Formato listado de problemas y necesidades de sensibilización.

Listado de necesidades de sensibilización						
Periodo: desde.....hasta.....			Responsable registro:			
#	Barreras (falta de sensibilización)	Necesidad de sensibilizar	Area/ Departamento del problema	Proceso del SGEEn	Persona que identifica el problema (nombres, apellidos)	Area/ Departamento
1	(Ej.)Mucho tiempo en el uso de luminarias (particularmente en el día)	Ahorro y uso eficiente de la iluminación eléctrica.	Subsuelos	Auditoría energética		Mantenimiento
2						
3						
Observaciones:						
Elaborado por: Firma Fecha:				Aprobado por: Firma Fecha:		

(Fuente: propia).

Tabla 3.73. Formato para procedimiento de sensibilización del personal del hospital.

Procedimiento de sensibilización en materia energética y sobre el SGEEn				
<b>Objetivo:</b> Identificar las necesidades de sensibilización en materia energética y sobre el SGEEn del personal que este vinculado directa o indirectamente.				
<b>Alcance:</b> El personal dispondrá mas herramientas para gestionar el sistema de gestión energética.				
<b>Información base del SGEEn:</b>				
1. Políticas energéticas. 4. Datos del desempeño energético del hospital (USEn, IDEn, Eficiencia, etc.).				
2. Actividades y responsabilidades de la A.D. 5. Planes de Acción.				
3. Actividades y responsabilidades del CGEn. 5. Objetivos y metas del SGEEn.				
<b>Condiciones generales:</b> la identificación de necesidades de sensibilización se harán al menos cada año.				
Información específica del procedimiento de sensibilización				
#	Actividad	Descripción	Responsable	Registro
1	Recopilar la información e identificar las necesidades de sensibilización.	Detectar, Recopilar y registrar barreras y necesidades de sensibilización de las entrevistas, procesos, auditorías, evaluaciones, etc. realizadas durante la ejecución del	Alta dirección y CGEn.	Listado de necesidades de sensibilización
2	Formular una campaña de sensibilización.	Formular una campaña de sensibilización de acuerdo con las necesidades detectadas, estableciendo un cronograma.	CGEn	Programa de campaña documentado
3	Ejecutar el programa	Realizar actividades propuestas según el programa	Alta dirección y CGEn.	Registros de capacitaciones y asistentes con los alcances
4	Evaluar y retroalimentar	Evaluar a través del análisis de indicadores y propuesta de planes de mejora permanente	Alta dirección y CGEn.	Informe de evaluación

(Fuente: propia).

Un indicador que la institución puede utilizar para medir el alcance en la sensibilización es el número de personas capacitadas, si bien es cierto este valor no define el nivel de impacto en el personal, nos puede dar referencia de la gestión realizada por el CGEn. El nivel de impacto se medirá exclusivamente en el mejor del desempeño energético, así como la mejora en el desarrollo del SGEEn.

## Formación y competencia

El personal debe ser formado sobre la importancia de la política energética, sus actividades, responsabilidades y funciones deben estar alineadas al SGEN, deben tener claro los beneficios que trae la mejora e impacto del desempeño energético.

Por tal razón este estudio plantea un proceso fundamental de gestión de la formación y competencia del personal.

1. Identificar los USEn y el personal involucrado con el mismo: se debe identificar al personal relacionado con los USEn y sus áreas de trabajo o desarrollo, esto no permite intuir y definir la formación y competencia que dispone el personal.

Tabla 3.74. Matriz de identificación del personal relacionado con los USEn.

Matriz de identificación del personal realacionado con los USEn				
USEn			Personal Relacionado (operación o uso)	Nombres, apellidos
Energético	Proceso	Subproceso		
		Motores	Me y Mm.	
<b>Electricidad</b>		Iluminación	Me y todo el personal del hospital.	
		Equipos Médicos, electrónicos, eléctricos, etc.	Me y personal médico.	
	<b>Diesel</b>	Producción de Vapor	Agua caliente para lavandería	Mm y personal de lavandería.
Vapor para cocina			Mm y personal de cocina.	
Agua caliente para servicios generales			Mm, pacientes del hospital y personal médico.	
Lavandería			Mm. personal de lavandería.	
Central de esterilización			Mm, personal de lavandería y aseo.	
Esterilización colchones			Mm y personal de lavandería.	
Calandra			Mm. y personal de lavandería.	
Piscina.	Mm, pacientes del hospital y personal médico			
		Generación Eléctrica de emergencia	Mm y Me	
<b>GLP</b>		Cocción	Mm y personal de cocina.	
		Laboratorio	Mm, personal médico y laboratorio.	
		Control de llama del caldero (Central Térmica)	Mm.	

\* Mantenimiento mecánica: Mm, Mantenimiento Eléctrico: Me

(Fuente: propia).

2. Identificar el personal que mayor control tiene sobre el USEn o que personal es más fácil de formar según las posibilidades de la institución: según la tabla anterior el personal de mantenimiento podría ser el más fácil de capacitar (menos barreras), debido a que es el principal operador de los USEn, aunque no se descarta el dictar talleres y charlas de concientización y manejo de la energía al personal de lavandería, médico, pacientes, etc., el efecto muy probablemente no será el mismo que en el personal de mantenimiento.
3. Identificar las necesidades de formación del personal involucrado en base a las competencias requeridas por el USEn y su gestión.

Tabla 3.75. Matriz de temas propuestos para la formación del personal del hospital Baca Ortiz.

Matriz de temas propuestos de formación		
USEn		Temas propuestos de formación y competencias técnicas
Energético	Proceso Subproceso	
	Motores.	Principios de funcionamiento, eficiencia y mantenimiento de motores.
<b>Electricidad</b>	Iluminación.	Técnicas de ahorro energético en iluminación.
	Equipos Médicos, electrónicos, electricos, etc.	Taller concientización en ahorro energético de electricidad.
<b>Diesel</b>	Producción de Vapor.	Operación eficiente de calderas y distribución de vapor.
	Agua caliente para lavandería. Vapor para cocina. Agua caliente para servicios generales. Lavandería. Central de esterilización. Esterilización colchones. Calandra. Piscina.	
	Generación Eléctrica de emergencia	Operación adecuada de Generadores
<b>GLP</b>	Cocción. Laboratorio.	Técnicas de ahorro en el consumo de GLP
	Control de llama del caldero (Central Térmica)	

(Fuente: propia).

4. Registrar las necesidades de formación mediante la evaluación de competencias. Para el presente estudio obviamente sería imposible evaluar competencias de todo el personal del hospital, podemos detectar que el personal de mantenimiento sea eléctrico o mecánico es el que está involucrado en todos los USEn, por tal motivo la alta dirección junto con el CGEn puede comenzar su evaluación de competencia por el personal de esta área. En el siguiente cuadro de detalla el ejemplo de evaluación del perfil de competencias para un operador de caldero.

Tabla 3.76. Evaluación de competencias del personal relacionado con el USEn.

Evaluación de competencias		
USEn: Operadores de caldero de vapor		
Lista de tareas	Conocimiento/aptitud	Nivel
1. Encender y apagar el caldera en horas establecidas.	Conocimiento operación de calderas, puntualidad	Básico
2. Verificar parámetros de operación como presiones, temperatura	Operación de calderas, medida de escalas de presión y temperaturas	Medio
3. Verificar que el quemador se mantenga operando y no presente fallas en el PLC	Operación de calderas, operación equipos eléctricos electrónicos	Básico
4. Operar válvulas en el distribuidor para los diferentes servicios	Operación de valvulería, tubería de vapor etc., minucioso	Medio
5. Resguardar la seguridad, aplicar contingencias y mitigar peligros	Operación de calderos y procedimientos de contingencias y seguridad, minucioso	Alto

(Fuente: propia).

5. Elaborar un plan de formación, el cual debe contar con información básica como temas, horas de capacitación, nombre del instructor, etc.

Tabla 3.77. Formato para planes de capacitaciones y formación.

Plan de capacitación y formación			
Periodo: desde.....hasta.....			Fecha: dd/mm/aa
Responsable: CGEn (y su delegado)			
Temas	#1	#2	#3
Fecha inicio			
Fecha final			
Horas/sesión			
Horario/s			
Lugar			
Contenidos			
Instructor			
Dirigido a:			
Información requerida	<i>Manuales, normas, políticas, objetivos metas, etc. (según lo requiera el instructor)</i>		
Presupuestos/ Costos	<i>Especificar que el dinero destinado es para pago del instructor, lugar de capacitación, material didáctico, etc.</i>		
Elaborado por: Firma: Fecha:		Aprobado por: Firma: Fecha:	

(Fuente: propia).

## Planeación de contingencias

En la planeación, desarrollo y ejecución del SGE<sub>n</sub> existen múltiples posibilidades de encontrar inconformidades, barreras, problemas generados desde la parte administrativa, operativa, incluso política del SGE<sub>n</sub>, todos estos factores representan riesgos para no alcanzar los objetivos y metas planteados en el SGE<sub>n</sub>. Una política del SGE<sub>n</sub> debe ser el da la prevención, por tal razón se debe desarrollar una metodología enfocada a gestionar los riesgos como parte fundamental del plan de contingencias.

El CGE<sub>n</sub> junto con el administrador de la energía debe establecer el reglamento para mitigación de riesgos y respuesta ante posibles problemas, el cual consiste en:

- a) Designar una persona parte del CGE<sub>n</sub> encargada de llevar el control y registro del plan de contingencia en general.
- b) Elaborar una matriz con los riesgos más frecuentes junto con sus respectivas causas y consecuencias. Esta matriz debe ser evaluada y actualizada cada año. En el siguiente cuadro se presenta un modelo de matriz.

Tabla 3.78. Formato para matriz de riesgos para el SGE<sub>n</sub>.

<b>Matriz de riesgos para el SGE<sub>n</sub></b>			
<b>Periodo: desde.....hasta.....</b>			
<b>#</b>	<b>Riesgo frecuente</b>	<b>Causas</b>	<b>Consecuencias</b>
1	<i>(Ej.) Inconstancia en la mediciones y registros de consumos energéticos</i>	<i>No destinar una o varias personas para esta labor</i>	<i>Información incorrecta en el balance de consumo energético</i>
2	<i>(Ej.) Robo de combustible</i>	<i>No existe control en los despachos</i>	<i>Información incorrecta en el balance de consumo energético</i>
3			
<i>Elaborado por: Firma: Fecha:</i>		<i>Aprobado por: Firma: Fecha:</i>	

(Fuente: propia).

- c) Establecer una metodología de clasificación o valoración de riesgos, de la misma manera debe ser evaluada y actualizada cada año. Esta metodología debe establecer niveles de riesgo, en el caso de mantener un criterio de prevención, así como el nivel de afectación o gravedad en el caso de efectuarse un problema. Para el caso del riesgo se plantea determinar tres niveles, estos son: bajo, medio y alto.

Estas valoraciones hacen referencia a la **probabilidad menor o mayor de que ocurra un problema**. Se puede utilizar la base del formato de la matriz de riesgos. Respecto a la gravedad de problemas también se considera nivel bajo, medio y alto y será evaluado en función de dos parámetros: la urgencia de solución y el elemento del SGEEn. Por ejemplo, la afectación al desempeño energético es decir, que si un problema representa mayor consumo de combustible, electricidad o reducción de la eficiencia tiene una gravedad alta o media, por otro lado si existe una afectación directa a las políticas energéticas, objetivos, metas se considera un nivel medio incluso bajo, debido a que para solucionar este tipo de inconvenientes requiere mayor tiempo, aunque son elementos fundamentales del SGEEn, estos no podrán ser corregidos de manera inmediata. De todas formas, el criterio de los evaluadores definirá el nivel de gravedad requerido para efectuar las soluciones.

- d) Establecer como cuando y de donde se harán uso de recursos económicos u otros en caso de ser necesario.
- e) Establecer los canales de comunicación en caso de suscitarse riesgos, y los otros factores mencionados, así como el de prevenir e informar.
- f) Establecer un proceso de acciones en caso de presentarse el riesgo, problema, inconformidad, etc. Para el caso de estudio se plantea el siguiente procedimiento:
1. Notificación e informes.
  2. Evaluación de las causas y consecuencias.
  3. Valoración, determinar el nivel de riesgo o afectación.
  4. Análisis y planteamiento de soluciones.
  5. Control y supervisión.

En las siguientes tablas se representa las matrices generales de evaluación y plan de contingencia de los riesgos y problemas producidos en el SGEEn.

Tabla 3.79. Formato par a elaborar matriz de registro de la evaluación de riesgos para el SGEEn.

Matriz de evaluación riesgos para el SGEEn													
#	Riesgo	Ocurrencia			Causas	Consecuencias	Probabilidad de ocurrencia (NIVEL)	Como se informó y aquíen?	Soluciones	Responsable (nombres, apellidos)	Plazo	Medios de difusión para prevención	Fecha próxima revisión
		Se sucitó	Presente	Posible									
1	(Ej.) Incompleto el registro de mediciones y registros de consumos energéticos		X	X	No destinar una o varias personas para esta labor	Información incorrecta en el balance de consumo energético	MEDIO	Mediante informe, correo electrónico, verbalmente.	Destinar alimentos para que trabajen en turnos diferentes. Elaboración de un nuevo documento, con respectiva aprobación	La alta dirección, el administrador de energía o el CGEn, nombrarán al responsable de ejecutar las acciones requeridas	dd/mm/aa hasta dd/mm/aa	Correo electrónicos, trípticos, dípticos, murales, etc.	dd/mm/aa
2	(Ej.) Pérdida de documentación	X	X	X	Muchos documentos manejados por una sola persona	Etapas o parte del SGEEn no cubiertas.	MEDIO						
3	(Ej.) Robo de combustible	X	X		No existe control en los despachos	incorrecta en el balance de consumo energético	ALTO		Controlar el despacho de combustible desde el aforo				
Elaborado por:		Aprobado por:											
Firma:		Firma:											
Fecha:		Fecha:											

(Fuente: propia).

Tabla 3.80. Formato para elaborar matriz de evaluación de problemas suscitados en el SGEEn.

Matriz evaluación de problemas del SGEEn									
#	Problema	Causas	Consecuencias	Gravedad (NIVEL)	Como se informó y aquíen?	Soluciones	Responsable (nombres, apellidos)	Plazo	Fecha próxima revisión
1	(Ej.) No existe asignación de fondos para la compra de equipos de medición de amperaje y voltaje de motores eléctricos,	No existe el reporte o informe sobre necesidad de la compra de gestiones pasadas.	Incapacidad de medir parámetros eléctricos y determinar el consumo energético en equipos	MEDIA	Mediante informe, oficio, correo electrónico, verbalmente	Adquisición del equipo, en base al requerimiento de medición de parámetros eléctricos	La alta dirección, el administrador de energía o el CGEEn, nombrarán al responsable de ejecutar las acciones requeridas	dd/mm/aa hasta dd/mm/aa	dd/mm/aa
2	(Ej.) No existen registros completos del consumo de GLP en el periodo de abril hasta agosto del	Remodelación de cocina en el hospital.	Insuficientes datos para elaboración de líneas de tendencia y líneas base	MEDIA		Discretizar datos para el análisis de líneas base y tendencia			
3	(Ej.) No existe medidor de caudal y consumo de vapor para el área de cocina	No se estipuló en los contratos de servicios de catering la instalación de un equipo.	1. Se desconoce el consumo. 2. El hospital es responsable director del costo de producción de vapor y no el proveedor	ALTA		Adquisición del medidor de flujo y consumo de vapor e instalarlo en la tubería de distribución de cocina			
Elaborado por: Firma: Fecha:		Aprobado por: Firma: Fecha:							

(Fuente: propia).

## **Comunicación**

El alcance de la comunicación llega a difundir todas las actividades y resultados del SGEN que interese al personal de la institución para que este tome conciencia y trabaje en función de las políticas, objetivos y metas del SGEN. Para que la comunicación sea efectiva y respaldada es necesario alinearse a la política de que toda información sobre el desempeño energético debe ser documentada.

### **Proceso de comunicación**

A continuación, se presenta el proceso recomendado para la comunicación de las actividades, objetivos metas y logros del SGEN.

1. Determinar por la alta dirección y el CGEn la información necesaria que deba ser comunicada, para esto se puede determinar una matriz (check list) que identifique la información base que debería ser publicada.
2. Crear un formato donde conste todos los puntos necesarios a controlar en el proceso de comunicación, el mismo debe contemplar información fundamental como responsables, medio o herramienta, frecuencia de publicación, etc., según la tabla 3.54.
3. Gestionar los necesarios y adecuados para la publicación de información como carteleras, muros ventanas, etc., así como el designar responsables encargados de repartir información física “mano a mano”.
4. El CGEn debe contar con un sistema de retroalimentación por parte del personal del hospital, es así que la colocación de buzones de sugerencias o disponer de una persona cuyo puesto de trabajo sea fijo para recibir quejas, sugerencias o información adicional.
5. Crear un formato donde conste todos los puntos necesarios a controlar en el proceso de comunicación, el mismo debe contemplar información fundamental como responsables, medio o herramienta, frecuencia de publicación, etc., según la tabla 3.54.
6. Gestionar los necesarios y adecuados para la publicación de información como carteleras, muros ventanas, etc., así como el designar responsables encargados de repartir información física “mano a mano”.
7. El CGEn debe contar con un sistema de retroalimentación por parte del personal del hospital, es así que la colocación de buzones de sugerencias o disponer de una persona cuyo puesto de trabajo sea fijo para recibir quejas, sugerencias o información adicional.

Tabla 3.81. Matriz para identificación de la información básica que debe ser publicada.

<b>Matriz de identificación de información del SGEN a comunicar o difundir</b>	
<b>Requisitos</b>	<b>SI/NO/OPCIONAL</b>
<b>Responsabilidades y Niveles de Gestión</b>	
1. Requisitos generales	NO
2. Responsabilidades de la alta dirección	SI
3. Representante de la alta dirección para dirigir el CGEn	SI
4. Personal que integra el CGEn	SI
5. Roles, responsabilidades y jerarquía de la alta dirección, representante de la alta dirección y miembros del CGEn	SI
6. Requerimientos para el representante de la alta dirección	OPCIONAL
<b>Desempeño energético</b>	
7. Líneas base y líneas meta	SI
8. Indicadores energéticos	SI
9. Matriz de USEn	SI
10. Consumo energético	SI
11. Eficiencia energética de equipos, sistemas, procesos, etc.	SI
<b>Política energética</b>	
12. Políticas energéticas	SI
13. Objetivos y metas energéticas	SI
14. Planes de acción de la energía	SI
<b>Planes de acción para alcanzar el cumplimiento de políticas energéticas</b>	
15. Control operacional de procesos	NO
16. Diseño	NO
17. Recomendaciones para la adquisición o compra de servicios energéticos, productos, equipos y energía	SI
<b>Planificación, implementación y ejecución del SGEN</b>	
18. Requerimientos legales y de otro tipo	NO
19. Sensibilización del personal y superación de barreras	SI
20. Formación y competencias necesarias para la alta dirección y el CGEn	SI
21. Planes de contingencias	SI
22. Documentación, requisitos y control	OPCIONAL
23. Evaluación y revisión del SGEN	SI
24. Procesos de monitoreo, medición y análisis	OPCIONAL
25. Evaluación de cumplimiento de leyes y otras normas legales nacionales e internacionales.	SI
26. Sistema de manejo de auditorías	SI
27. Inconformidades (No-conformidad), corrección, acción de mejora continua, correctiva y acción preventiva	SI
28. Control de registros	NO
29. Resultados obtenidos de la gestión de la alta dirección y el CGEn	SI

(Fuente: propia).

8. Es importante que se cree un formato donde conste todos los puntos necesarios a controlar en el proceso de comunicación, el mismo debe contemplar información fundamental como responsables, medio o herramienta, frecuencia de publicación, etc., según la tabla 3.70.
9. Gestionar los necesarios y adecuados para la publicación de información como carteleras, muros ventanas, etc., así como el designar responsables encargados de repartir información física “mano a mano”.
10. El CGEn debe contar con un sistema de retroalimentación por parte del personal del hospital, es así que la colocación de buzones de sugerencias o disponer de una persona cuyo puesto de trabajo sea fijo para recibir quejas, sugerencias o información adicional.

El plan de comunicación y difusión deberá ser revisado, verificado y actualizado para robustecerlo con nuevas estrategias de comunicación a medida que los resultados de desempeño energético vayan cambiando.

Con ayuda de la tabla 3.70, la Alta Gerencia, actualizará y verificará, la ejecución del plan en mención. Se recomienda que anualmente se refuerce las acciones o la inclusión de nuevas estrategias de comunicación.

Tabla 3.82. Matriz de estructuración de la comunicación del SGEEn.

Matriz de estructuración de comunicación del SGEEn						
Requisitos		Medio de comunicación		Responsable de comunicar		Responsable Monitoreo
Responsabilidades y Niveles de Gestión		Alcance/Objetivo		publicación		Monitoreo
1. Responsabilidades de la alta dirección	Toda la institución	m, of	Alta dirección	Alta dirección	Alta dirección	Alta dirección
2. Representante de la alta dirección para dirigir el CGEEn	Toda la institución	m, of	Alta dirección	Alta dirección	Alta dirección	Alta dirección
3. Personal que integra el CGEEn	Toda la institución	m, of	Alta dirección	Alta dirección	Alta dirección	Alta dirección
4. Roles, responsabilidades y jerarquía de la alta dirección y CGEEn	Toda la institución	m, of	Alta dirección	Alta dirección	Alta dirección	Alta dirección
<b>Desempeño energético</b>						
5. Líneas base y líneas meta	Toda la institución	m, of, d, a	Alta dirección	Semestral	CGEEn	CGEEn
6. Indicadores energéticos	Toda la institución	m, of, d, a	Alta dirección	Semestral	CGEEn	CGEEn
7. Matriz de USEn	Toda la institución	m, of, d, a	Alta dirección	Alta dirección	CGEEn	CGEEn
8. Consumo energético	Toda la institución	m, of, d, a	Alta dirección	Semestral	CGEEn	CGEEn
9. Eficiencia energética de equipos, sistemas, procesos, etc.	Toda la institución	m, of, d, a	Alta dirección	Semestral	CGEEn	CGEEn
<b>Política energética</b>						
10. Políticas energéticas	Toda la institución	m, of, d, a, c	CGEEn	Alta dirección	Alta dirección	Alta dirección
11. Objetivos y metas energéticas	Toda la institución	m, of, d, a, c	CGEEn	Trimestral	CGEEn	CGEEn
12. Planes de acción de la energía	Toda la institución	m, of, d, a, c	CGEEn	Trimestral	CGEEn	CGEEn
<b>Planes de acción para alcanzar el cumplimiento de políticas energéticas</b>						
13. Recomendaciones para la adquisición o compra de servicios energéticos, productos, equipos y energía	Dep. Compras	m, of, c	CGEEn	Semestral	CGEEn	CGEEn
<b>Planificación, implementación y ejecución del SGEEn</b>						
14. Sensibilización del personal y superación de barreras	Toda la institución	m, of, d, a, c	CGEEn	Mensual	CGEEn	CGEEn
15. Formación y competencias necesarias para la alta dirección y el CGEEn	Toda la institución	m, of	CGEEn	Alta dirección	CGEEn	CGEEn
16. Planes de contingencias	Toda la institución	m, of, d, a, c	CGEEn	Mensual	CGEEn	CGEEn
17. Evaluación y revisión del SGEEn	Toda la institución	m, of	CGEEn	Semestral	CGEEn	CGEEn
18. Evaluación de cumplimiento de leyes y otras normas legales	Toda la institución	m, of, d, a	CGEEn	Alta dirección	CGEEn	CGEEn
19. Sistema de manejo de auditorías	Toda la institución	m, of, d, a, c	CGEEn	Semestral	CGEEn	CGEEn
20. Inconformidades (No-conformidad), corrección, acción de mejora continua, correctiva y acción preventiva	CGEEn y Alta dirección	m, of	CGEEn	Mensual	CGEEn	CGEEn
21. Resultados obtenidos productos de la gestión de la alta dirección y el CGEEn	Toda la institución	m, of, d, a, c	CGEEn	Alta dirección	Alta dirección	Alta dirección

Mall (m) Dístico (d) Afiche (a) Charla (c) oficina físico (of)

(Fuente: propia).

## Documentación, requisitos y control

### a. Documentación y requisitos

Según las ISO 50001 como requisito en la documentación se debe incluir básicamente el alcance y los límites del SGEN, la política energética, objetivos, metas y planes de acción del SGEN, y demás documentos requeridos por la norma, en la práctica la institución puede establecer otros documentos externos internos como fundamentales para el SGEN. Para el desarrollo de este estudio se sugiere que la documentación necesaria para ejecutar el SGEN es la siguiente:

Tabla 3.83. Documentación fundamental e inicial para el SGEN.

Documentación fundamental para el SGEN			
#	Sección	Documentación sobre:	
1	#1 Responsabilidades y Niveles de Gestión	Registros generales	
2		Responsabilidades de la alta dirección	
3		Nombramiento del Representante de la alta dirección	
4		Nómina del CGEn	
5		Roles, responsabilidades y jerarquía de la alta dirección	
6	#2 Desempeño Energético	Lineas base y líneas meta	
7		Indicadores energéticos	
8		Matriz de USEn	
9		Consumo energético	
10		Eficiencia energética de equipos, sistemas, procesos, etc.	
11	#3 Política Energética	Políticas energéticas	
12		Objetivos y metas energéticas	
13		Planes de acción de la energía	
14	#4 Planes de Acción del SGEN	Control operacional de procesos	
15		Diseño	
16		Recomendaciones para adquisiciones o compras	
17		Requerimientos legales y de otro tipo	
18		Sensibilización del personal y superación de barreras	
19		Formación y competencias necesarias para la alta dirección y CGEn	
20		Planes de contingencias	
21		#5 Planificación, Implementación, y ejecución del SGEN	Comunicación (Matrices de información y responsabilidades)
22			Documentación, requisitos y control
23	Evaluación y revisión del SGEN		
24	Procesos de monitoreo, medición y análisis		
25	Evaluación de cumplimiento de leyes y otras normas legales nacionales e internacionales.		
26	Sistema de manejo de auditorías		
27	Inconformidades, corrección, acción de mejora continua, correctiva y preventiva		
28	Control de registros		
29	Registro de resultados obtenidos en el SGEN		

(Fuente: propia).

En el caso de que la institución adopte otra documentación cuya naturaleza no sea contemplada en el cuadro anterior, deberá crear otra sección número 6.

### b. Control de la documentación

El control de la documentación debe hacerse en base a los siguientes parámetros:

- Aprobación del documento por parte de la Alta dirección, el administrador de energía y el CGEn.
- Revisar, actualizar e identificar los cambios realizados en toda la información contenida en la documentación. Debe tomarse en cuenta que la única documentación modificable es la producida directamente por el SGEN y sus respectivos funcionarios.
- La documentación debe estar disponible y accesible para el personal de la institución, se debe considerar un espacio físico y virtual exclusivo para su almacenamiento. Adicionalmente debe existir un miembro delegado del CGEn, a cargo de archivar la información tanto físicamente como virtualmente.
- Debe asegurarse la legibilidad e identificación adecuada.
- En la documentación externa debe ser registrada con su respectiva distinción.
- El no uso de documentación obsoleta o no registrada. La documentación que no aporte algún beneficio debe ser inhabilitada, este proceso debe ser registrado con los motivos respectivos, lo responsables y las fechas de vigencia.

Tabla 3.84. Formato de control para aprobación y registro de documentación para el SGEN.

Formato aprobación y registro de documentación para el SGEN							
#	Nombre del Documento/ oficio# /memo/ norma/etc.	Descripción/ contenidos	Origen	Fecha de aprobación	Número o código de registro	Fecha de registro o vigencia	Evaluated por:
1			SEGN/ externo				Alta dirección/admi nistrador de energía/CGEn
2							
3							
<b>Observaciones:</b>							
Aprobado por: Cargo: Firma: Fecha:							

(Fuente: propia).

Tabla 3.85. Formato para revisión actualización y registro de cambios realizados en la documentación del SGE<sub>n</sub>.

Formato revisión y actualización de documentación para el SGE <sub>n</sub>							
#	Número o código de registro	Descripción/ contenidos	Fecha de Revisión	Cambios realizados	Nuevo número o código de registro	Fecha de nuevo registro o vigencia	Actualizado o evaluado por:
1				<i>Numerar los cambios realizados</i>	<i>(Si aplica)</i>		<i>Alta dirección/admistrador de energía/CGEn</i>
2							
3							
<b>Observaciones:</b>							
<i>Aprobado por:</i> <i>Cargo:</i> <i>Firma:</i> <i>Fecha:</i>							

(Fuente: propia).

Tabla 3.86. Formato para inhabilitación de documentación del SGE<sub>n</sub>.

Formato inhabilitación de documentación para el SGE <sub>n</sub>							
#	Número o código de registro	Descripción/ contenidos	Fecha de Revisión	Motivos de inhabilitación	Reemplaza el documento	Fecha de inhabilitación	Evaluado por:
1				<i>Numerar los motivos de inhabilitación</i>	<i>Nombrar y describir el documento que reemplazará al inhabilitado (si aplica)</i>		<i>Alta dirección/admistrador de energía/CGEn</i>
2							
3							
<b>Observaciones:</b>							
<i>Aprobado por:</i> <i>Cargo:</i> <i>Firma:</i> <i>Fecha:</i>							

(Fuente: propia).

### 3.7.5. Elementos estructurales y fundamentales, fase 5

#### 3.7.5.1. Elementos estructurales, fase 5.

#### Evaluación y revisión energética del SGE<sub>n</sub>

La evaluación y revisión energética en el SGE<sub>n</sub> según la norma ISO 50001, se refiere principalmente a: análisis de uso y consumos de la energía, evaluación de áreas y procesos de uso significativo de la energía, junto con el desempeño energético que caracteriza a estos, evaluación y análisis de mejoras.

Por tal motivo cualquier proceso de auditoría, sea interna o externa en su informe debe tener en cuenta los siguientes aspectos.

Tabla 3.87. Formato para el check list de requisitos (o contenidos) fundamentales de las auditorías energéticas para efectuar la evaluación y revisión energética.

Requisitos fundamentales de las auditorías energéticas para la evaluación y revisión energética			
Auditoría (num. cod.):		Externa:	Interna:
Auditores:		Fecha: dd/mm/aa	
item	Requisitos	Responsable verificación	Cumple Si/No
<b>a. Análisis del uso y consumo de la energía</b>			
1	Identificar fuentes principales de energía.	Alta dirección y CGEn.	
2	Comparar el uso y consumo de la energía entre valores presentes y pasados equivalentes.		
<b>b. Determinar los usos significativos de la energía</b>			
3	Identificar equipos, sistemas, procesos y personal relacionado con el uso de la energía.	Alta dirección y CGEn.	
4	Identificar otras variables que afecte a los usos significativos de la energía.		
5	Determinar el desempeño energético de instalaciones, equipos, sistemas, procesos, etc.		
6	Modelación y estimación de usos y consumos futuros.		
<b>c. Registrar oportunidades de mejora</b>			
7	Identificar oportunidades de mejora.	Alta dirección y CGEn.	
8	Evaluar y analizar oportunidades de implementación de sistemas de energía renovable.		
9	Priorizar las oportunidades de mejora.		
Observaciones:			
Aprobado por:		Elaborado por:	
Firma:		Firma:	
Fecha:		Fech:	

(Fuente: propia).

## Monitoreo, medición y análisis del SGEN

El monitoreo, medición y análisis consiste en los siguientes enfoques:

- Monitoreo: verificar periódicamente parámetros del desempeño energético
- Mediciones: se debe estructurar un plan fundamental de mediciones, que integra a todas las variables y parámetros de operación de los sistemas que inciden en el desempeño energético.
- Análisis y resultados: del monitoreo y las mediciones realizadas se debe procesar la información y estructurar metodologías de análisis estadístico, matemático.

Tabla 3.88. Planificación y detalle del monitoreo.

Plan de monitoreo de parámetros del desempeño energético					
Parámetro	Objeto	Frecuencia	Responsable (nombres, apellidos)	Fecha Monitoreo	Documento de registro
<b>USEn</b>	Descrito en el Documento SGEN-HBO-2.3, sección #2.	Trimestral.	CGEn (delegado).	dd/mm/aa	SGEn-HBO-2.3
<b>Consumos</b>	Eléctrico, GLP, Diesel.	Mensual.	CGEn (delegado).	dd/mm/aa	SGEn-HBO-2.4
<b>Eficiencia Energética</b>	Sistemas y Equipos.	A anual.	CGEn (delegado).	dd/mm/aa	SGEn-HBO-2.5
<b>Indicadores Energéticos</b>	kWh/cama disponible. kWh/días paciente. kWh/m <sup>2</sup> .	A anual/Semestral.	Alta Dirección y CGEn.	dd/mm/aa	SGEn-HBO-2.2
<b>Otras Variables</b>	Variables que el CGEn o la Alta Dirección determinen necesarias ser monitoriadas.	Según necesidad.	Alta Dirección y CGEn.	dd/mm/aa	Anexo a la carpeta de la sección # 2 "Desempeño Energético"

(Fuente: propia).

En la columna de observaciones es importante que se describa con el mayor nivel de detalle posible los puntos que han afectado o afectan el desempeño energético a la fecha de monitoreo. Las mediciones de variables deben ser realizadas bajo la clásica consideración: que, como, donde, cuando y quienes realizarán las mediciones.

Respecto al análisis del monitoreo y mediciones realizadas es fundamental que identifique las variables dependientes de los valores obtenidos del desempeño energético, así como la metodología de evaluación. De lo referido anteriormente en las siguientes tablas se plantea una metodología para establecer un plan de mediciones del desempeño energético del hospital en general:

Tabla 3.89. Plan general de mediciones de variables que afectan al desempeño energético.

Sistema Energético	Punto de medida o recolección de datos	Variables de los USEn	Plan de medición de variables del Desempeño Energético		Otros Relevantes	Instrumentación y forma de medición		Responsable (nombres, apellidos)	Documento de Registro
			Objeto de la Medición	Consumos		Frecuencia	Medición		
<b>Sistema Eléctrico</b>			Energía eléctrica en kWh		Voltaje, Amperaje, Factor de Potencia (diario y según planilla)	Amperímetro, voltímetros, etc.	Diario/Mensual	CGEn (delegado)	SGEn-HBO-2.4
<b>GLP</b>	Equipos o indicadores analógicos o digitales que registren el consumo de energía, GLP y Diesel	Parámetros o variables que afecten al desempeño energético a través de los USEn, tal como horas de trabajo en los USEn, número de usuarios, litros de aire, agua, gas por paciente, etc.	Consumo GLP en kg		Presión de la red y en el tanque acumulador.	Visual y registro	Diario	CGEn (delegado)	SGEn-HBO-2.4
<b>Sistema Térmico (Diesel)</b>			Consumo de Diesel en Galones		Consumo y presión de vapor en el distribuidor, temperatura del condensado, Temperatura en tanques de agua caliente. Consumo de agua caliente.	Visual y registro	Diario	CGEn (delegado)	SGEn-HBO-2.4
<b>Otros sistemas</b>	Equipos o indicadores analógicos o digitales que registren consumos no		Depende del requerimiento, puede ser presión en PSI, temperatura en °C, tiempo de operación en horas, etc.		Depende del requerimiento que el CGEn planteé.	Visual y registro	Diario	CGEn (delegado)	SGEn-HBO-2.4

(Fuente: propia).

Tabla 3.90. Plan de análisis del desempeño energético.

Plan de análisis del desempeño energético				
Parámetro	Análisis fundamental	Análisis matemático-estadístico	Información Final	Documento de Registro
<b>USEn</b>	Determinar indicadores de consumo, determinar variables de operación en los USEn	1. Relación matemática entre el consumo y otras variables de operación. 2. Estimación del peso en % del USEn frente al energético (GLP, Diesel, Electricidad).	1. Gráficas de consumos. 2. Matriz de USEn actualizada y peso en % frente al energético 3. Barreras 4. Oportunidades de mejora	SGEn-HBO-2.3
	Comparación de consumos con periodos anteriores, costos, balance energético, oportunidades de mejora	1. Relación matemática entre el consumo actual con el de periodos anteriores. 2. Cuantificar consumo total y costo total de la energía en el periodo. 3. Verificación del % de aumento o disminución. 4. Relación matemática entre el costo actual de energía o energético frente al costo de periodos anteriores. 5. Balance energético pesos porcentuales %	1. Gráficas de consumos actuales comparados con periodos anteriores. 2. Balance energético general 3. Barreras 4. Oportunidades de mejora 5. Objetivos y metas energéticas.	SGEn-HBO-2.4
<b>Eficiencia Energética</b>	Comparación de Eficiencia con periodos anteriores, oportunidades de mejora	1. Relación matemática entre la energía consumida en el sistema o equipo vs. la energía comprada. 2. Relación matemática porcentual entre la eficiencia actual frente a otros periodos, % aumento o % de disminución.	1. Actualización del formato de eficiencias de equipos y sistemas. 2. Oportunidades de mejora 3. Objetivos y metas energéticas.	SGEn-HBO-2.5

Continúa

<p>Comparación del indicador con periodos anteriores, determinar nuevos indicadores, oportunidades de mejora</p> <p><b>Indicadores Energéticos</b></p>	<p>1. Relación gráfica entre valores operativos o referenciales como # de habitaciones, camas, áreas, etc. frente al consumo energético general y el consumo energético en GLP, Diesel y Electricidad. (Nobe de puntos).</p> <p>2. Trazo de lineas de tendencia y análisis de correlación lineal.</p> <p>3. Deviación estándar y varianza de los valores negativos de Diferencia kWh consumidos-calculados.</p> <p>4. Regresiones lineales simples o complejas, ecuación de comportamiento energético.</p> <p>5. Trazo de lineas base.</p>	<p>1. Indicadores energéticos kWh/cama disponible kWh/dias paciente kWh/m<sup>2</sup>.</p> <p>2. Otros inidcadores. SGEN-HBO-2.2</p> <p>3. Ecuación de comportamiento energético, general como para el GLp, Diesel, Electricidad.</p> <p>4.. Lineas base y lineas obejetivo.</p> <p>5. Objetivos y metas energéticas.</p>
<p><b>Otras Variables</b></p> <p>Consumos, Eficiencia y Oportunidades de mejora</p>	<p>1. Cálculo eficiencia del caldero.</p> <p>2. Calculo de caudal en sistema de agua potable.</p> <p>3. Cálculo de energía consumida en compresores y bomba de vacío</p> <p>4. Etc.</p>	<p>1. Indicadores energéticos.</p> <p>2. Indicadores de consumo.</p> <p>3. Eficiencia de equipos y subsistemas.</p> <p>4. Barreras.</p> <p>5. Oportunidades de mejora.</p> <p>Anexo a la carpeta de la sección # 2 "Desempeño Energético"</p>

(Fuente; propia).

## **Evaluación de cumplimiento de leyes y otras normas legales nacionales e internacionales**

Para este proceso, la Alta dirección junto con el CGEn debe disponer inicialmente de la siguiente información previa:

- Matriz de requisitos legales.
- Documentación de otro tipo que el SGen haya adoptado como fundamental.
- Plan de acción para atención a los requisitos legales.

Posteriormente se debe establecer otros aspectos que permitan realizar la evaluación como:

- Responsables: se debe nombrar a un grupo responsable para realizar la evaluación del cumplimiento, es decir se debe organizar un comité interno del CGEn para este proceso.
- Comunicación: el resultado de la evaluación debe ser comunicado mediante diferentes medios pertinentes establecidos por la alta dirección y el CGEn. Según este estudio los medios más adecuados son los escritos como mails, dípticos, trípticos, documentos publicados en murales, etc.
- Frecuencia de evaluación: se debe establecer un periodo razonable para realizar cada evaluación del cumplimiento, lo recomendado es que mínimo se realice una vez anualmente.
- Cumplimiento: se debe establecer si la institución ha cumplido o no con el requerimiento legal, o con algún otro requerimiento, en el caso de que todavía no cumpla, es necesario justificar el por qué y detallar el nivel alcanzado.
- Plazos: en el caso de que no haber cumplido con los requerimientos, se debe establecer nuevos plazos de cumplimiento., determinando una fecha para la revisión.

Finalmente se plantea un formato para la evaluación del cumplimiento de los requisitos.

Tabla 3.91. Formato para la elaboración de la matriz de evaluación del cumplimiento de requerimientos legales.

Evaluación del cumplimiento de requerimientos legales y de otro tipo												
Responsable del registro:												
#	Requerimientos legales	Frecuencia de revisión	Responsable cumplimiento (nombres y apellidos)	Plazo inicial de cumplimiento	Cumple		Justificación no cumplimiento	No cumple			Observaciones	
					SI	NO		Nivel alcanzado hacia el cumplimiento (0,25,50,75, 100%)	Plazo conferido para el cumplimiento	Alto		Medio
1	Certificado definitivo de gas centralizado.	anual	Alta dirección y Mantenimiento.	indefinido	X					X		
2	Calificación del plan de gestión de desechos sanitarios	anual	Alta dirección y comité de Gestión Ambiental.	2017	X					X		
3	Certificado del cumplimiento del plan de manejo Ambiental.	biannual	Alta dirección y comité de Gestión Ambiental.	14/5/2014		X	Cambio de autoridades y modificaciones en el comité de gestión ambiental.	75%	hasta finalizar periodo 2017.			El hospital se encuentra en el proceso de cumplimiento del cronograma de actividades para adquirir el Certificado.
4	Certificado del permiso de funcionamiento de MSP.	anual	Alta dirección.	26/10/2017	X					X		
6	Informe técnico de emisiones gaseosas.	anual	Alta dirección y Mantenimiento.	Septiembre de 2017	X					X		
7	Estatuto Orgánico Gestión Organizacional por Procesos de Hospital #1537.	anual	Alta dirección.	N/A	X			N/A		X		Reglamento establecido por el MSP.

(Fuente: propia).

Tabla 3.92. Formato para la elaboración de la matriz de evaluación del cumplimiento de requerimientos de otro tipo.

#	Requerimientos de otro tipo establecidos por SGEEn	Frecuencia de revisión	Responsable cumplimiento (nombres y apellidos)	Plazo inicial de cumplimiento	Cumple		No cumple			Si cumple/Nivel de satisfacción			Observaciones
					SI	NO	Justificación no cumplimiento	Nivel alcanzado hacia el cumplimiento (0,25-50,75, 100%)	Plazo conferido para el cumplimiento	Alto	Medio	Bajo	
1	Artículo 413, Constitución del Ecuador 2008. (Promoción de la Eficiencia Energética).	anual	Alta dirección/ CGEn y delegado.	N/A	X			N/A			X		EL SGEEn en su naturaleza es respaldado por el artículo. Sin embargo no existe cronograma de implementación del SGEEn.
2	Norma Técnica Ecuatoriana NTE- INEN-ISO 50001:2012. Sistema de Gestión Energética.	anual	Alta dirección/ CGEn y delegado.		X		No existe cronograma de certificación.	75%	N/A				Se debe definir cuando el hospital certificará con la norma. Es usada como referencia en la implementación del SGEEn.
3	Norma Técnica Ecuatoriana NTE- ISO 50002:2014, Auditorías Energéticas	anual	Alta dirección/ CGEn y delegado.		X			50%	N/A				Se debe definir cuando el hospital certificará con la norma. Es usada como referencia en la implementación del SGEEn.
4	Norma Técnica Ecuatoriana NTE- INEN 2506:09. Eficiencia Energética en Edificaciones	anual	Alta dirección/ CGEn y delegado.		X		No es el enfoque del SGEEn certificar por el momento.	0%	N/A				Se debe definir cuando el hospital certificará con la norma. Es usada como referencia en la implementación del SGEEn.
5	Norma Técnica Ecuatoriana NTE- INEN 1152:84. Iluminación Natural edificios	anual	Alta dirección/ CGEn y delegado.		X			0%	N/A				Se debe definir cuando el hospital certificará con la norma. Es usada como referencia del SGEEn.

Continua

6	Implementación del SGEEn Basado en la ISO 50001, de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética.	anual	Alta dirección/ CGEn y delegado.	X	X	N/A	X		El presente estudio se basa en esta guía.
7	Real decreto 47/2007, de España.	anual	Alta dirección/ CGEn y delegado.	X	X	0%			
8	Certificación ambiental LEED (Leadership in Energy and Environmental Design, US Building Council) (COUNCIL 2019), de Estados Unidos.	anual	Alta dirección/ CGEn y delegado.	X	X	0%	La Alta dirección junto con CGEn no ha decidido en comprometerse a certificar con uno o varios organismos internacionales de certificación energética por el momento.		Puede ser usada como referencia del SGEEn. Por lo menos se debe adoptar como política la aplicación de estándares y directrices que dictan los organismos.
9	BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology), de Reino Unido.	anual	Alta dirección/ CGEn.	X	X	0%			
#	MINERGIE (Más Calidad de Vida, Menor Consumo de Energía), de Suiza.	anual	Alta dirección/ CGEn y delegado.	X	X	0%			
#	PASSIVHAUS (Del alemán casa pasiva, y en inglés passive house standard), de Alemania.	anual	Alta dirección/ CGEn y delegado.	X	X	0%			
Aprobado por: Firma: Fecha:				Observaciones:					

(Fuente: propia).

## Sistema de manejo de las Auditorías Internas

Es importante que el SGEN sea auditado constantemente, basado en esto se aplica el principio de mejora continua que describe la norma ISO 50001.

Para la planificación de un sistema de auditorías internas es necesario definir algunos conceptos propios del SGEN:

- Auditoría Interna: proceso de autoevaluación interno de procesos del SGEN.
- Objetivos y metas de auditoría: los determinará el CGEn junto con el equipo de auditores.
- Auditores: personal seleccionado por el CGEn para el proceso.
- Auditor líder: persona responsable de llevar a cargo la auditoría, tiene la potestad de designar tareas a los demás auditores, liderar reuniones y comités internos de los auditores.
- Manual de procedimientos y responsabilidades: tabla donde consta las actividades y responsabilidades de la alta gerencia y el equipo auditor.
- Calendario o cronograma de auditorías: documento donde consta la planificación del número de auditorías que se realizarán en un año y/o las frecuencias.

Tabla 3.93. Formato para estructuración del calendario de auditorías.

Calendario de auditorías internas para el SGEN periodo 2018			
Fecha	Actividades Generales de la Auditoría	Líder Auditor (Nombres, apellidos)	Auditores delagados (nombres, apellidos)
dd/mm/aa	(Lista de actividades generales según los objetivos de la auditoría)		1..... 2..... 3.....
dd/mm/aa	(Lista de actividades generales según los objetivos de la auditoría)		1..... 2..... 3.....
dd/mm/aa	(Lista de actividades generales según los objetivos de la auditoría)		1..... 2..... 3.....
Realizado por: "Alta Gerencia y el CGEn" Aprobado por: Firma Fecha		Observaciones:	

(Fuente: propia).

El calendario de auditoría es necesario que sea publicado a toda la institución mediante documentos impresos y colocados en murales, paredes, ventanas, etc. así como la difusión por medio de correo electrónicos, esto con el motivo de preparar a la institución y agilizar procesos, acceso a información, elaboración de permisos de los auditores, etc.

Tabla 3.94. Formato para el plan de acción de las auditorías internas.

Plan de acción para auditorías internas					
Auditoría Interna #: 1				Fecha: dd/mm/aa	
Tema: Implementación de un SGEEn para el hospital B.O.					
Objetivo: Realizar la primera auditar a la implementación del SGEEn					
Meta: Cuantificar el nivel de avance de implementación del SGEEn.					
Alcance: Los requerimientos y procesos generales del SGEEn					
Lider Auditor:					
Equipo Auditor:					
Fecha	Hora inicio	Hora final	Actividades	Documentos requeridos	Otros requisitos
dd/mm/aa				"Documentos como requisitos legales, generales, formatos, cuadros, etc. propios del SGEEn, así como externo"	"Equipos, herramientas, personal, permisos, salvo conductos, etc."
dd/mm/aa					
dd/mm/aa					
Observaciones:					
Elaborado por:			Aprobado por:		
Firma:			Firma:		
Fecha:			Fecha:		

(Fuente: propia).

Las actividades desarrolladas por el equipo de auditoría, el líder auditor y la alta dirección deben ser plasmadas y adjuntadas al administrador de documentos, debido a que el personal de auditores puede rotar en el transcurso del tiempo, dependiendo de cada administrador o directivos de turno. El manejar un solo listado de actividades permitirá ejecutar mejor los procesos de auditoría. A continuación, se presenta el manual de actividades y responsabilidades que manejan los auditores.

Tabla 3.95. Manual de actividades y responsables para auditorías internas del SGEN.

<b>Manual de actividades para auditorías internas del SGEN</b>		
<b>Orden</b>	<b>Actividades fundamentales</b>	<b>Responsable</b>
1	Definir la cantidad y fechas de las auditorías.	Alta Dirección y CGEn
2	Definir objetivos, metas y alcance.	
3	Designar al líder auditor y el equipo de auditoría.	
4	Programar a detalle la auditoría.	Líder auditor
5	Planificar actividades de cada auditor.	
6	Elaborar listados de actividades de la auditoría.	
7	Definir y reportar barreras previas, durante y posteriores la auditoría.	
8	Elaborar el informe general de auditoría de acuerdo con las novedades detectadas.	
9	Definir documentación necesaria y otros requerimientos para fundamentales para la auditoría.	
10	Ejecutar reunión de apertura para la auditoría.	
11	Ejecutar la auditoría bajo políticas, objetivos y metas del SGEN.	
12	Verificar y promocionar que las actividades del hospital se alinien a las políticas, objetivos y metas del SGEN.	
13	Compromiso con la planificación de la auditoría.	
14	Ejecutar la auditoría según la directriz y planificación del líder auditor.	
15	Recopilar información previa a la auditoría, según planificación.	
16	Recopilar la información necesaria en el proceso de auditoría.	
17	Reportar barreras en la auditoría al líder auditor.	
18	Verificar y promocionar que las actividades del hospital se alinien a las políticas, objetivos y metas del SGEN.	

(Fuente: propia).

Lógicamente las actividades y responsables pueden aumentar dependiendo del avance y experiencia adquirida en cada auditoría, sin embargo, es necesario definir actividades fundamentales que solo puedan ser modificadas por la alta dirección, y el administrador de energía. Finalmente, para la ejecución de la primera auditoría, se recomienda que el primer proceso auditor se realice a los requerimientos, planificación y puesta en marcha del SGEN planteado, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.96. Check list de cumplimiento de requerimientos y ejecución del SGEEn.

Check list de Auditoría al cumplimiento de requerimientos y ejecución en general del SGEEn							
Item	Sección	Requisitos y ejecución del SGEEn	Nivel cumplimiento				
			0%	25%	50%	75%	100%
1	#1	Documentos generales		X			
2	Responsabilidad es y Niveles de Gestión	Responsabilidades de la alta dirección		X			
3		Nombramiento del Representate de la alta dirección		X			
4		Nómina del CGEn		X			
5		Roles, responsabilidades y jerarquía de la alta dirección		X			
6		Lineas base y lineas meta					X
7	# 2	Indicadores energéticos				X	
8	Desempeño Energético	Matriz de USEn				X	
9		Consumo energético				X	
10		Eficiencia energética de equipos, sistemas, procesos,					X
11	# 3	Políticas energéticas					X
12	Política Energética	Objetivos y metas energéticas		X			
13		Planes de acción de la energía		X			
14	# 4	Control operacional de procesos					X
15	Planes de Acción	Diseño		X			
16		Recomendaciones para adquisiciones o compras					X
17		Requerimientos legales y de otro tipo		X			
18		Sensibilización del personal y superación de barreras		X			
19		Formación y competencias necesarias para la alta dirección y CGEn		X			
20		Planes de contingencias		X			
21		# 5	Comunicación (Matrices de inforación y responsabilidades)			X	
22	Planificación, Implementación, y ejecución del SGEEn	Documentación, requisitos y control					X
23		Evaluación y revisión del SGEEn		X			
24		Procesos de monitoreo, medición y análisis		X			
25		Evaluación de cumplimiento de leyes y otras normas legales nacionales e internacionales.		X			
26		Sistema de manejo de auditorias					X
27		Inconformidades, corrección, acción de mejora continua, correctiva y preventiva					X
28		Control de registros					X
29		Registro de resultados obtenidos en el SGEEn					X
RESUMEN % DE AVANCE TOTAL		SUBTOTAL $\Sigma$ (# x) =		15	1	13	0
		SUBTOTAL $\Sigma$ (%) =	0.0%	12.9%	1.7%	33.6%	0.0%
		TOTAL AVANCE $\Sigma$ (%) =		48.3%			

(Fuente: propia).

**NOTA:** la marcación (X) es colocada según el criterio de los autores de este estudio, al ejecutarse la primera auditoría del SGEEn, el equipo de auditores deberá reevaluar el nivel de avance.

Para el cálculo del porcentaje total de avance y el peso del nivel se utilizó la siguiente metodología.

1. Se contabiliza el número de marcaciones (X) en cada nivel de cumplimiento 0%, 25%, 50%, 75% o 100%.
2. Se aplica una regla de tres simple entre el número mero de marcaciones, el porcentaje del nivel y el número de ítems evaluados.

$$PESO \%_{(nivel \%)} = \frac{\sum(\#X) * nivel\%}{\# items} \quad Ec. 3.43$$

Como ejemplo:

$$PESO \%_{(25 \%)} = \frac{15 * 25\%}{29} = 12.9\%$$

3. Para el cálculo del porcentaje de avance total simplemente se suma los pesos porcentuales de los niveles de avance.

$$TOTAL AVANCE \% = \sum PESO\%_{(nivel \%)} \quad Ec. 3.44$$

$$TOTAL AVANCE \% = 12.9\% + 1.7\% + 33.6\% = 48.3\%$$

Por lo tanto, según las estimaciones iniciales el porcentaje de avance de la implementación del SGEEn se encuentra en un 48.3%. Esta es una forma de estimación numérica del avance de implementación, sin embargo, el CGEn junto con los auditores pueden plantear y ejecutar otras metodologías.

### **Inconformidades (No-conformidad), corrección, acción de mejora continua, correctiva y acción preventiva**

Es necesario plantear acciones correctivas y preventivas, de tal manera que se minimice su efecto sobre el desarrollo del SGEEn. Para determinar un proceso claro de gestión de inconformidades debemos definir los siguientes términos y procesos:

- Acción correctiva: actividad efectiva que permite eliminar de raíz el problema o inconformidad generada.
- Acción preventiva: actividad efectiva que permite evitar disminuir la posibilidad de generarse una inconformidad.
- Responsable de llevar el registro: persona designada por el CGEn para elaborar la matriz de inconformidades.

- Comité de evaluación: debe evaluar las posibles acciones a tomar y las soluciones definitivas. Posteriormente el comité de evaluación debe analizar la eficiencia y efectividad de las acciones tomadas.
- Eficiencia y eficacia de las acciones tomadas: deben ser medidas y analizadas.

En las siguientes tablas se estructura la evaluación y análisis de las inconformidades.

Tabla 3.97. Formatos, Matrices 1 y 2, Evaluación de inconformidades, acciones correctivas.

Matriz #1. Evaluación de Inconformidades del SGEN							
Periodo evaluado: desde .....hasta.....			Responsable:		Fecha elaboración: dd/mm/aa		
Documento de registro: SGEN-HBO-5.11				Fecha de registro: dd/mm/aa			
Miembros del comité evaluador (delegados del CGEn):							
#	No Conformidad	Real	Potencial	Identificado por: (persona o departament)	Posible Causa	Posible Efecto	Competencia del SGEN SI/NO
1							
2							
3							
Matriz #2 Acciones Correctivas y Preventivas							
#	No Conformidad Evaluada (según Matriz # 1)	Acciones Propuestas	Accion Recomend.	Tipo de Acción Correctiva/ Preventiva	Periodo de ejecución	Responsable (nombres, apellidos)	Nivel de Esperativa (A,M,B,P)
1		1..... 2..... 3.....			dd/mm/aa hasta, dd/mm/aa	CGEn (delegado/ s)	
2		1..... 2..... 3.....			dd/mm/aa hasta, dd/mm/aa	CGEn (delegado/ s)	
3		1..... 2..... 3.....			dd/mm/aa hasta, dd/mm/aa	CGEn (delegado/ s)	
Nivel de Esperativa: Alta: (A) Media (M) Baja (B) Puesta a Prueba (P)		Observaciones					
Fecha proxima de revisión (evaluación de eficiencia y eficacia): dd/mm/aa				Aprobado por: Firma:		Fecha: dd/mm/aa	

(Fuente: propia).

Una vez completadas la matriz 1 y 2, el comité evaluador debe definir una fecha de convocatoria nuevamente para analizar la eficiencia, eficacia y nivel de expectativa planteado en la matriz número 2.

Tabla 3.98. Formato, Matriz 3, Evaluación de eficiencia y eficacia de las acciones tomadas.

Matriz #3 Evaluación de Eficiencia y Eficacia								
Periodo evaluado: desde .....hasta.....			Responsable:			Fecha elaboración: dd/mm/aa		
Documento de registro: SGEEn-HBO-5.11				Fecha de registro: dd/mm/aa				
Miembros del comité evaluador (delegados del CGEn):								
#	No conformidad Evaluada	Acción Recomendada	Eficiencia			Eficacia		
			Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo
1								
2								
3								
Observaciones: (Detallar el nivel de satisfacción o no de las acciones tomadas y si solucionaron las inconformidades o no)								
Aprobado por: Firma:		Fecha: dd/m/aa						

(Fuente: propia).

En el caso de que las inconformidades no fueran solucionadas, estas deben nuevamente ingresar en la matriz número 2, para evaluar nuevas alternativas de solución.

### Control de los registros

Para el control de documentos e información se debe definir ciertos elementos que conforman esta etapa de planificación del SGEEn.

- Documento registrado en el SGEEn: documento que forma parte de la estructura de información del SGEEn, puede ser de elaboración propia del CGEn, a su vez también puede ser un documento externo, como una norma, certificado, políticas, etc.
- Documento obsoleto: documento que no es considerado como vigente, solo servirán como referencia para nueva información o procesos.
- Código del documento: cada documento debe contar con su respectivo código y numeración.
- Aprobación del documento: para su vigencia todos los documentos deben llevar firmas de responsabilidad y aprobación.
- Distribución: se realizará de acuerdo con la necesidad, usando canales definidos por el SGEEn.
- Listado de registro de documentos: lista en la que se lleva el inventario de documentos registrados en el SGEEn.
- Almacenamiento y ubicación: los documentos deben ser almacenados y administrados físicamente y digitalmente. Físicamente se debe ubicar un archivador donde se almacene todas las carpetas con la información necesaria.

Tabla 3.99. Matriz de Documentos y Registros Principales para operación del SGEEn.

Matriz de Documentos y Registros Principales							
#	Sección	Código Documento Base	Descripción	Responsable Registro o Aprobación (Nombres, Apellidos y firma)	Fecha de Registro	Frecuencia de Revisión	Ubicación
1	#1	SGEn-HBO-1.1	Registros generales	AD	dd/mm/aa	Anual	Carpeta #1
2	Responsabilidad	SGEn-HBO-1.2	Responsabilidades de la alta dirección	AD	dd/mm/aa	Anual	Carpeta #1
3	des y Niveles	SGEn-HBO-1.3	Nombramiento del Representante de la alta dirección	AD	dd/mm/aa	Anual	Carpeta #1
4	de Gestión	SGEn-HBO-1.4	Nómina del CGEn	AD	dd/mm/aa	Anual	Carpeta #1
5		SGEn-HBO-1.5	Roles, responsabilidades y jerarquía de la alta dirección	AD	dd/mm/aa	Anual	Carpeta #1
6	# 2	SGEn-HBO-2.1	Lineas base y líneas meta	CGEn	dd/mm/aa	Semestral	Carpeta #2
7		SGEn-HBO-2.2	Indicadores energéticos	CGEn	dd/mm/aa	Semestral	Carpeta #2
8	Desempeño	SGEn-HBO-2.3	Matriz de USEn	CGEn	dd/mm/aa	Anual	Carpeta #2
9	Energético	SGEn-HBO-2.4	Consumo energético	CGEn	dd/mm/aa	Semestral	Carpeta #2
10		SGEn-HBO-2.5	Eficiencia energética de equipos, sistemas, procesos, etc.	CGEn	dd/mm/aa	Semestral	Carpeta #2
11	# 3	SGEn-HBO-3.1	Políticas energéticas	AD y CGEn	dd/mm/aa	Anual	Carpeta #3
12	Política	SGEn-HBO-3.2	Objetivos y metas energéticas	AD y CGEn	dd/mm/aa	Trimestral	Carpeta #3
13	Energética	SGEn-HBO-3.3	Planes de acción de la energía	AD y CGEn	dd/mm/aa	Trimestral	Carpeta #3
14	# 4	SGEn-HBO-4.1	Control operacional de procesos	CGEn	dd/mm/aa	Semestral	Carpeta #4
15	Planes de	SGEn-HBO-4.2	Diseño	CGEn	dd/mm/aa	Semestral	Carpeta #4
16	Acción	SGEn-HBO-4.3	Recomendaciones para adquisiciones o compras	CGEn	dd/mm/aa	Semestral	Carpeta #4
17		SGEn-HBO-5.1	Requerimientos legales y de otro tipo	CGEn	dd/mm/aa	Anual	Carpeta #5
18		SGEn-HBO-5.2	Sencibilización del personal y superación de barreras	CGEn	dd/mm/aa	Mensual	Carpeta #5
19		SGEn-HBO-5.3	Formación y competencias necesarias para la alta dirección y CGEn	CGEn	dd/mm/aa	Anual	Carpeta #5
20		SGEn-HBO-5.4	Planes de contingencias	CGEn	dd/mm/aa	Mensual	Carpeta #5
21	# 5	SGEn-HBO-5.5	Comunicación (Matrices de información y responsabilidades)	CGEn	dd/mm/aa	Mensual	Carpeta #5
22	Planificación,	SGEn-HBO-5.6	Documentación, requisitos y control	CGEn	dd/mm/aa	Anual	Carpeta #5
23	Implementación	SGEn-HBO-5.7	Evaluación y revisión del SGEEn	CGEn	dd/mm/aa	Semestral	Carpeta #5
24	, y ejecución	SGEn-HBO-5.8	Procesos de monitoreo, medición y análisis	CGEn	dd/mm/aa	Mensual	Carpeta #5
25	del SGEEn	SGEn-HBO-5.9	Evaluación de cumplimiento de leyes y otras normas legales	CGEn	dd/mm/aa	Anual	Carpeta #5
26		SGEn-HBO-5.10	Sistema de manejo de auditorías	CGEn	dd/mm/aa	Semestral	Carpeta #5
27		SGEn-HBO-5.11	Inconformidades, corrección, acción de mejora continua, correctiva y	CGEn	dd/mm/aa	Mensual	Carpeta #5
28		SGEn-HBO-5.12	Control de registros	CGEn	dd/mm/aa	Mensual	Carpeta #5
29		SGEn-HBO-5.13	Registro de resultados obtenidos en el SGEEn	AD y CGEn	dd/mm/aa	Anual	Carpeta #5

AD: Alta Dirección

(Fuente: propia).

La codificación de documentos no se limita a la establecida en la tabla anterior, si no que puede seguir derivando según la cantidad de documentos requeridos, tal que:

Tabla 3.100. Referencia para la continuidad de registro de documentos del SGEEn.

<b>Código Documento Base</b>	<b>Descripción</b>
SGEn-HBO-1.1	Registros generales
SGEn-HBO-1.1.1	Artículo 413, CONSTITUCIÓN DEL ECUADOR 2008. (Promoción de la Eficiencia Energética).
SGEn-HBO-1.1.2	Instituto Ecuatoriano de Normalización, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN-ISO 50001:2012. Sistemas de Gestión de la Energía, Requisitos para Orientación para su Uso.
SGEn-HBO-1.1.3	Instituto Ecuatoriano de Normalización, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN-ISO 50002:2014. Auditorías Energéticas, Requisitos para su Uso.
SGEn-HBO-1.1.4	Instituto Ecuatoriano de Normalización, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2506:09. Eficiencia energética en edificaciones.
SGEn-HBO-1.1.5	Instituto Ecuatoriano de Normalización, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTEINEN 1152:84. Iluminación natural de edificios.
SGEn-HBO-1.1.6	Agencia Chilena de Eficiencia Energética, IMPLEMENTACIÓN DEL SGEEn BASADO EN LA ISO 50001.

(Fuente: propia).

Así, también en la columna de Ubicación la institución puede identificar el archivo virtual donde se encuentra almacenado el documento.

El CGEn debe designar a un encargado del archivo físico, así como de llevar la información en forma digital, esta persona es responsable de mantener las carpetas debidamente membretadas, escanear, fotocopiar y disponer en forma digital los formatos vacíos para ser llenados manualmente o digitalmente, esta persona debe contar con el apoyo de todos los miembros del CGEn para coordinar de manera clara la entrega y recepción de la documentación.

### **Examinar los resultados obtenidos de la Gestión por la Dirección**

El proceso de examinar o revisar los resultados obtenidos por la gestión de la Dirección y por ende el SGEEn, consta de dos partes fundamentales, la información de entrada, que corresponde a toda la información previa, recopilada para este proceso, y la segunda parte corresponde a la evaluación e informes correspondientes. La norma ISO 50001 ya establece requisitos para la primera parte, los mismo deben ser elaborados u obtenidos por la alta dirección junto con el CGEn, los requisitos deben ser solicitados, evaluados y aprobados por la Alta Dirección, junto con su respectivo representante en el CGEn. En el siguiente cuadro se presenta todos los requisitos junto con los respectivos responsables.

Tabla 3.101. Formato para enlistar requisitos fundamentales para el proceso de evaluación de la gestión de la alta dirección.

Requisitos fundamentales para la evaluación de la Gestión de la Alta dirección				
Periodo de evaluación: desde.....hasta.....		Fecha evaluación: dd/mm/aa		
#	Requisito/informe	Responsable (nombres, apellidos)	Fecha de elaboración	La información cumple con la expectativa (SI/NO)
1	Informe de evaluación de resultados obtenidos en periodos anteriores.	Responsable, Alta Dirección		"Determinar si la información obtenida y descrita en los informes sirve para el proceso de evaluación de la gestión de la Alta dirección."
2	Informe sobre el análisis y revisión de la política energética vigente.	Responsable, Alta Dirección		
3	Informe del análisis y revisión del desempeño energético.	CGEn		
4	Informe de revisión y cumplimiento de requisitos legales y de otro tipo.	Responsable, Alta Dirección		
5	Informe del nivel de cumplimiento de Objetivos y Metas.	CGEn		
6	Informe de resultados de auditorias del SGEEn.	Responsable, Alta Dirección		
7	Informe de inconformidades, acciones correctivas y preventivas.	Responsable, Alta Dirección		
8	Informe sobre el desempeño energético proyectado.	CGEn		
9	Informe de recomendaciones para la mejora del SGEEn.	CGEn		
Observaciones: describir principalmente el por que no cumple con la expectativa la información marcada con NO, tambien describir otras observaciones necesarias ser descritas por la alta dirección.				
Elaborado por:		Aprobado por:		
Firma:		Firma:		
Fecha:		Fecha:		

(Fuente: propia).

Si bien es cierto que la responsabilidad del desarrollo y éxito del SGEEn, junto con todas las acciones, procesos documentación, funcionarios, etc. recae sobre la alta dirección, pero los resultados de la evaluación y revisión de su gestión debe estar enfocado fundamentalmente en los parámetros mencionados en la ISO 50001 tal como todos los cambios, observaciones o recomendaciones realizadas sobre: desempeño energético, políticas, IDEns, el SGEEn, costos e inversiones, etc.

Para la emisión de resultados de la evaluación y revisión de la gestión de la alta dirección se plantea el siguiente formato.

Tabla 3.102. Formato de registro de recomendaciones, cambios y acciones a ejecutar después del análisis y revisión del SGEEn por parte de la alta dirección.

Registro de observaciones, recomendaciones y cambios generales, producto de la evaluación y revisión del SGEEn por la alta dirección							
#	Sección	Elemento	Observaciones (Detalle)	Recomendaciones	Cambios (numerar acciones a realizar)	Plazo a ejecutar los cambios	Responsable (nombres y apellido)
1		<i>Lineas base y lineas meta</i>					
2		<i>Indicadores energéticos</i>					
3	<i>Desempeño Energético</i>	<i>Matriz de USEn</i>					
4		<i>Consumo energético</i>					
5		<i>Eficiencia energética de equipos, sistemas, procesos, etc.</i>					
6	<i>Política Energética</i>	<i>Políticas energéticas</i>					
7		<i>kWh/cama disp.</i>					
8		<i>kWh/días paciente</i>					
9	<i>IDEnS</i>	<i>kWh/m<sup>2</sup> (energía consumida por área m<sup>2</sup>)</i>					
10		<i>kWh/kg-vapor</i>					
11		<i>kWh/m<sup>3</sup> (demanda de energía para bombea 1m<sup>3</sup> de agua)</i>					
12		<i>kWh/m<sup>3</sup> (demanda de energía para comprimir 1m<sup>3</sup> de aire)</i>					
13	<i>Objetivos y Metas</i>	<i>Objetivos energéticas</i>					
14		<i>Metas energéticas</i>					

Continúa

15		Responsabilidades y niveles de gestión							
16		Planes de acción de la energía							
17		Control operacional de procesos							
18		Diseño							
19		Recomendaciones para adquisiciones o compras							
20		Requerimientos legales y de otro tipo							
21		Sencibilización del personal y superación de barreras							
22		Formación y competencias necesarias para la alta dirección y CGEn							
23	Demás	Planes de contingencias							
24	Elementos del SGEEn	Comunicación (Matrices de inforación y responsabilidades)							
25		Documentación, requisitos y control							
26		Evaluación y revisión del SGEEn							
27		Procesos de monitoreo, medición y análisis							
28		Evaluación de cumplimiento de leyes y otras normas legales nacionales e internacionales.							
29		Sistema de manejo de auditorías							
30		Inconformidades, corrección, acción de mejora continua, correctiva y preventiva							
31		Control de registros							
32		Costos							
33		Gastos							
34	Financiero	Inversiones							
35		Presupuestos							
36		Indicadores económicos							

(Fuente: propia).

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente trabajo se ha presentado un modelo propio aplicable a Hospitales según la norma NTE INEN ISO 50001, el mismo ha recogido varias experiencias en otros países latinoamericanos como es Chile a través de su Agencia de Eficiencia Energética; y de otros trabajos realizados según la norma antes citada. Se ha establecido una metodología para crear un Sistema de gestión Energética SGEN para el hospital Baca Ortiz de Quito, según la normativa ISO 50001, y se realizó una auditoría energética fundamentada en la normativa ISO 50002. Sobre esta base esperamos que otras instituciones la tomen como un texto base para promover el uso de la norma a nivel nacional e implementación de la misma, así como el Hospital cumpla con su decisión de adoptarla.

Se ha elaborado requisitos y documentos específicos como ordenes diarias, actas, objetivos, metas de operación y mantenimiento, plan de comunicaciones, política energética, formatos, responsables y otros requisitos que servirán como guías para el HBO o instituciones u organizaciones similares en la planificación, desarrollo e implementación de la norma ISO 50001 SGEN para así llevar registros continuos del Sistema.

### 4.1. Conclusiones

- Se identificó a través de la Auditoría Energética los combustibles primarios de energía en una única unidad [kWh] que son el Diésel con una participación en la matriz energética del 48.28%, el Gas Licuado de Petróleo con 7.73% y la Electricidad con un 43.99%, que en su mayor parte actualmente viene de Energía Hidráulica.
- Los principales usos significativos y finales de energía en el HBO en potencia instalada [kW], son la iluminación con 14.2%, la refrigeración con 1.57%, la fuerza motriz con el 16.43%, el calor y la producción de Vapor con 3.73%, la ventilación y aire acondicionado 11.5%, el calentamiento de agua 5.12%, cocción y preparación de alimentos 12.93%, equipo de electro medicina 22.55%, equipo de oficina electrónico 14.43% y otros con el 0.67%
- La carga instalada no necesariamente significa el volumen de energía procesada, porque en la matriz energética se establece que los combustibles fósiles (diésel y GLP) consumen un total del 56.01% correspondiente a los años 2015 y 2016, que en términos energéticos son 5181.47 MWh y que en un promedio anual sería de

2579.74 MWh, en cuanto a la Electricidad el valor a los años antes mencionados es de 43.99% que son 4069.05 MWh y en un promedio anual es de 2034.52 MWh.

- Los indicadores energéticos determinados son: sistema eléctrico en general, 5565.2 [kWh/día], 707.05 [kWh/cama disponible], 101.73 [kWh/m<sup>2</sup>], el sistema de iluminación, 19.51 [kWh/m<sup>2</sup>], sistema de compresores de aire medicinal, 0.15 [kWh/m<sup>3</sup>], sistema de bombeo de agua potable, 0.27 [kWh/m<sup>3</sup>].
- Los indicadores del sistema energético diésel, 6118.61 [kWh/día], 776.33 [kWh/cama disponible], 223.33 [kWh/m<sup>2</sup>], sistema de generación de vapor, 0.5 [kWh/kg-vapor].
- Los indicadores del sistema energético GLP, 979.3 [kWh/día], 124.58 [kWh/cama disponible], 35.74 [kWh/m<sup>2</sup>].
- También se obtuvieron indicadores generales referidos al estudio del CADDET 1997 para realizar comparaciones, tal como: consumo eléctrico anual, 19.41 [MWh/cama], consumo de combustible para aprovechamiento térmico anual, 14.24 [MWh/cama], consumo eléctrico anual por m<sup>2</sup>, 259.06 [kWh/m<sup>2</sup>], consumo de combustible para aprovechamiento térmico anual por m<sup>2</sup>, 203.45 [kWh/m<sup>2</sup>].
- Las oportunidades de ahorro de energía en términos técnico-económicos de la regresión lineal del consumo eléctrico se han cuantificado en base al valor promedio del costo del [kWh] eléctrico que en el caso del HBO es de 0.06 USD, en electricidad 77.81 MWh anuales en términos económicos representa 4668.48 USD con medidas como hibernación de computadores, luces innecesarias, apagado automático de áreas de servicios generales. La Reducción de Emisiones por el ahorro probable sería de 20.4 Toneladas de CO<sub>2</sub>.
- Otra oportunidad es en el Sistema de Compresores por el cambio de motores de 5HP a 4HP, en energía es de 1.46 MWh anuales y 117.6 USD, la Reducción de Emisiones por el ahorro probable sería de 1.03 Toneladas de CO<sub>2</sub>. Aparentemente el ahorro no permitiría el cambio, pero como son equipos en arriendo el HBO debería instalar su propio sistema y dejar de pagar este arriendo con lo cual obtendría una mejora en energía y económica.
- Una de las oportunidades de ahorro de energía eléctrica es el cambio de lámparas de tecnología T8 por lámparas tipo LED que es de 195.63 MWh anuales en dólares

11737.96 USD anuales. La Reducción de Emisiones por el ahorro probable sería de 51.13 Toneladas de CO<sub>2</sub>.

- En el energético diésel por aprovechamiento de los gases de combustión mediante un intercambiador de calor aire – agua se puede generar un ahorro anual de 197 MWh que en dólares es de 2399.04 anuales, esto referido a que la energía cedida por los gases puede lograr en la temperatura de salida de agua una temperatura de 93°C considerando una eficiencia de intercambio del 50%. Al momento no contamos con los datos de volumen de agua caliente excepto por la Lavandería que tiene un medidor y que corresponde al 2% del gasto de agua cruda potable total, por lo que se deberá realizar un estudio que contemple la cuantificación del total de agua caliente y su uso final, para poder determinar si es posible. La implementación de este sistema mencionado puede generar una reducción de 51.6 Toneladas de CO<sub>2</sub>.
- En cuanto al sistema eléctrico se ha establecido que se puede alcanzar un ahorro de hasta un 3.82 % mensual con medidas simples como apagado de luces innecesarias, apagado automático de computadores mediante programación de ahorro energético, etc.
- En el Sistema de iluminación el cambio de tecnología en las luminarias por las LED es imperativo ya que el ahorro podría ser de alrededor de un 9.62% lo cual permitiría en un pago simple recuperar la inversión en las lámparas en menos de dos años.
- En el sistema de GLP se determinó un posible ahorro calculado de 1800 kWh/año, esto según las regresiones lineales, con un ahorro económico de 192 USD por año.
- Se determina según el análisis de los consumos de diésel, aire comprimido, agua potable, GLP y eléctrico, que existe una tendencia a generarse picos altos de consumo en los meses de marzo y octubre, de los periodos 2015 y 2016, esto se debe posiblemente a que existe ingreso de pacientes (niños) por enfermedades respiratorias o virales como la gripe, este tipo de pacientes requieren de mayor cuidado y por ende mayor demanda de recursos.

## **4.2. Recomendaciones**

- En el sistema de bombeo de agua potable se recomienda el cambio de los motores de 25 HP a 20 HP, el ahorro energético anual es de 4.96 MWh y el dinero ahorrado será de 297.42 USD, considerando una vida útil de quince años el retorno simple

de esta inversión se daría en diez años y quedarían por lo menos cinco años de ahorro adicional, en cuanto a emisiones se estima una reducción de 3.5 Toneladas de CO<sub>2</sub>.

- En el sistema de GLP, por seguridad y pese que existe una aprobación por parte del cuerpo de bomberos de Quito, debe hacerse una instalación que cumpla con la normativa de la ARCH. NTE INEN 2260 ya que una parte de la instalación está expuesta y es susceptible de variaciones térmicas y lo más importante de la seguridad del personal del Hospital.
- Se requiere completar la auditoría energética en los sitios en los cuales no hubo acceso, tal como sistema de distribución de agua, vapor y aire comprimido, cableados y equipos de uso final.
- Se necesita realizar un estudio de carga eléctrica que determine la composición de la curva de carga del HBO y un análisis de variables eléctricas en los principales tableros, así como la evaluación de la distorsión armónica, dada la cantidad de cargas eléctricas no lineales.
- Es necesario realizar un estudio del comportamiento de consumos energéticos y la composición de los mismos por usos finales (USEn). La composición total del consumo no se ha podido determinar ya que requeriría de mediciones más prolongadas del sistema eléctrico, tablero por tablero, considerando que hay más de 52 de fuerza y 40 de iluminación, distribución y uso de vapor, agua caliente; y en cuanto al GLP, un mejor uso del mismo.
- En el caso de otras instituciones que no disponga de información, se recomienda que inicialmente se elabore un plan de recolección de datos principalmente de consumos (agua, GLP, diésel, etc.), así como el registro de horas de operación de equipos.
- Es necesario desarrollar proyectos de investigación en eficiencia energética respecto a los sistemas de ventilación y aire acondicionado, cuyo enfoque sea el medir la carga térmica de las zonas de servicio, cantidad de arranques y paradas de los equipos, pérdidas de carga y térmicas debido a la fricción y mal aislamiento de los ductos, mantenimiento y rendimiento de los mismos, etc.

## Referencias Bibliográficas

- [1]. José Peña, “El Proyecto de Eficiencia Energética Industrial en el Ecuador”, Guayaquil, Ecuador, Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, 2013.
- [2]. OLADE, “Evolución y Estado Actual de los Procesos de Integración Energética Regional – El Papel de OLADE”, FIER X, Bolivia, 2015.
- [3]. CADDET, Centre for the Analysis and Dissemination of Demonstrated Energy Technologies, “Saving Energy Whit Energy Efficiency in Hospitals”, Maxi Brochure 05, Europa, 1997.
- [4]. Red Latinoamericana y del Caribe para la Eficiencia Energética, 2017, <http://red-lac-ee.org/instituciones/ecuador/>.
- [5]. F. Cáceres y K. Pesse, “Diagnóstico General, Hospital Pediátrico Baca Ortiz de Quito”, Quito, Ecuador, 2010, <https://es.scribd.com/doc/80810953/Diagnostico-General-Hospital-pediatrico-Baca-Ortiz-de-Quito-Por-Freus-Caceres-y-Karen-Pesse>.
- [6]. Ministerio de Salud Pública, “Acuerdo Ministerial No.5212”, Quito, Ecuador, 2014
- [7]. Michel de Laire Peirano, “Gestión de la Energía e ISO 50001”, Agencia Chilena de Eficiencia, Curso para el sector minería, Diapositivas, 2013.
- [8]. Carolina Quiroga, Katherine Fonfach, Rodrigo Balderrama, Sustentank Ltda, “Manual de Gestor Energético - Sector Hospitalario”, Agencia Chilena de Eficiencia Energética, Santiago, Chile, 2013
- [9]. Johannes Kals, “ISO 50001 Energy Management Systems: What Managers Need to Know”, Business Expert Press, LLC. New York, USA, 2015.
- [10]. Juan Carlos Campos, “Norma ISO 50001”, MICODENSA, 2017, [Off line] No Disponible:  
<http://empresas.micodensa.com/Bancos/Documentos%20PDF/normasiso50001-juancarloscampos.pdf>.
- [11]. Instituto Ecuatoriano de Normalización, “Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 50001; Sistemas De Gestión De La Energía. Requisitos Con Orientación Para Su Uso”, Quito, Ecuador, 2012.
- [12]. Albuja Espinosa, Luis Alberto; Baroja Ayala, Vicente Patricio; “Plan piloto para la administración de la demanda y uso racional de la energía eléctrica en un alimentador primario, con carga típica industrial de la Empresa Eléctrica Quito S.A”, Quito, Ecuador, 2001.

- [13].International Standard Organization, "ISO 50002. Energy Audits, Requirements with Guidance for Use", Suecia, 2014.
- [14].V. Erojin, M. Majankó, "Problemas de Fundamentos de Hidráulica y Termotécnica", MIR, Moscu, Rusia, 1986.
- [15].Pedro Vicente Quiles, "Balance Energético en Calderas", AMMT, UMH, Generación de Calor, Universidad Miguel Hernández, España, 2015.
- [16].Metrogas, "Cálculo del Costo de Generación de Vapor", Sección 4, Manual de Operación de Caldero, Chile, 2015.
- [17].Y. Cengel, M. Boles, "Termodinámica", Sexta edición, USA, 2008.
- [18].Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, "Balance Energético Nacional", Quito, Ecuador, 2015.
- [19].EEQ, Empresa Eléctrica Quito, "Pliego tarifario 2015 – 2016", Ecuador, 2016.  
<http://www.eeq.com.ec:8080/servicios/pliego-tarifario>.
- [20].Ministerio del Ambiente, "Factor de Emisión del CO2 del Sistema Interconectado del Ecuador", Informe 2013, Quito, Ecuador, 2013.
- [21].Ministerio de Salud Pública del Ecuador, "Estatuto Orgánico Gestión Organizacional por Procesos de Hospitales", Acuerdo ministerial 1537, Quito, Ecuador, 2012.
- [22].Secretaría Nacional de la Administración Pública, Ecuador, SENPLADES, "Gobierno por Resultados GPR, Guía Metodológica", Ecuador, 2011.
- [23].NERL, National Renewable Energy Laboratory, "Large Hospital 50% Energy Savings: Technical Support Document", USA, 2010.
- [24].Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España, "Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Hospitales", Madrid, España, 2010.
- [25].Revista Energética de Chile "Electricidad", "Lanzamiento de Programa de Eficiencia Energética para Hospitales", Chile, 2015.  
<http://www.revistaei.cl/2015/04/01/lanzan-programa-de-eficiencia-energetica-para-hospitales/>.
- [26].Corporación Público-Privada GTZ-Dalkia, "Eficiencia Energética en Hospitales Públicos", Santiago de Chile, Chile, 2009.
- [27].Agencia Chilena de Eficiencia Energética, "Guía de Implementación de Sistema de Gestión de la Energía basada en ISO 50001", Chile, 2012.
- [28].Marta Lopez Cristiá, Hospitales Eficientes, Una Revisión del Consumo Energético Óptimo", Tesis Doctoral, Universida de Salamanca, Salamanca, España, 2011.

- [29].C Arpi, V. Salazar, "Implementación de un Sistema de Gestión de Energía en un Hospital Público del Ecuador", Tesis de Maestría, Escuela Politécnica Nacional, 2016.
- [30]. Alex Rios, "Estudio de un Programa y Sistema Informático de Mantenimiento para optimizar recursos en el área energética en el Hospital del Seguro Social en la ciudad de Ambato", Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica de Ambato, Ambato Ecuador, 2011.
- [31]. T. Gonzales, M. Romero, "Estudio y Análisis de la Eficiencia Energética en los Principales Sistemas Energéticos del Hospital Homero Castanier Crespo: Sistema Eléctrico y Sistema Térmico", Tesis de Maestría, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí Ecuador, 2015.
- [32].E. Becerra, C. Riquetti, "Estudio y Análisis de la Eficiencia Energética en los Principales Sistemas Energéticos del Hospital Vicente Corral Moscoso", Tesis de Maestría, Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí 2015.
- [33].Rodrigo Balderrama, "Identificación de Indicadores para la Eficiencia Energética, Modulo 3", Agencia Chilena de Eficiencia Energética, Santiago de Chile, Chile, 2012.
- [34].Ministerio de la Presidencia y par a las Administraciones Territoriales de España, "Real Decreto 47/2007", España, 2007.
- [35].Ministerio de Salud Pública, "Producción Estadística 2006-2014", Quito, Ecuador, 2014.
- [36].Ministerio de Salud del Perú, "Indicadores de Evaluación y Gestión Hospitalaria, para Hospitales, Institutos y DIRESA", Lima, Perú, 2013.
- [37].Secretaría de Salud, "Manual de Indicadores para Evaluación de Servicios Hospitalarios", México, 2013.
- [38].International Standard Organization, "ISO 50006 Energy management systems — Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy", Génova, Suiza, ISO, 2013.

## **ANEXOS**

**ANEXO A**  
**DOCUMENTOS DE CERTIFICACIÓN Y AUSPICIO POR PARTE DEL HOSPITAL**  
**BACA ORTIZ**



OFICIO No. HBO-UATH-098-2016

Quito, D.M., 18 de marzo de 2016

**ING. PABLO SORIA ACOSTA**  
**ING. LUIS ALBERTO ALBUJA ESPINOSA**  
**MAESTRANTES**  
**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**Presente**

De mi consideración:

Luego de expresarles mi atento saludo, y en atención a su comunicación S/N , de 24 de febrero de 2016, me permito extenderles mi sincero agradecimiento al haber considerado a nuestra Institución, como el lugar propicio para la realización de actividades afines a la carrera que ustedes actualmente cursan dentro de la Maestría en "**Eficiencia Energética**" de la Escuela Politécnica Nacional – Quito.

El Hospital Pediátrico Baca Ortiz en cuanto a la incorporación de estudiantes que solicitan realizar visitas o actividades necesarias y propias a su formación académica, autoriza a los Ingenieros Pablo Soria Acosta y Luis Alberto Albuja Espinosa su solicitud planteada; toda vez que este tipo de estudios y proyectos contribuirán certeramente con la optimización y mejoramiento de los recursos energéticos institucionales, y por lo tanto, constiuye un estudio de gran interés para el Hospital Pediátrico Baca Ortiz, con la factibilidad de su implementación futura

.Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

  
**Eco Christian Mancheno Torres**  
**COORDINADOR UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN DE TALENTO HUMANO**  
**HOSPITAL PEDIÁTRICO "BACA ORTIZ"**



C.c: Archivo.

CMI/COV.



Ministerio  
de Salud Pública

Hospital Pediátrico Baca Ortiz

**MEMORANDO HBO-DOCENCIA-0213-2016**

**PARA:** Dra. Catalina Vásquez Hahn, Gerente del Hospital

**DE:** Dr. Carlos Valencia Calderón, Director de Docencia e Investigación

**ASUNTO** EN EL TEXTO

**FECHA:** Quito, DM 01 de Marzo de 2016

En atención a la sumilla inserta en la comunicación de fecha 24 de Febrero de 2016, suscrita por los Ingenieros Pablo Soria y Alberto Albuja, Tesistas de la Maestría Eficiencia Energética, considero que ya que la propuesta hace referencia al campo tecnológico industrial, enviaré criterio luego de recibir informe del Departamento de Mantenimiento.

Con la consideración de siempre.

Atentamente,

Dr. Carlos Valencia Calderón MD, PhD  
Director del Departamento de Docencia



Elaborado por:	V. Arregui Pozo
Revisado por:	Dr. Carlos Valencia <i>CV</i>
Aprobado por:	Dr. Carlos Valencia <i>CV</i>
Fecha:	01-03-2016
CC:	/Archivo

Ministerio de Salud Pública  
Hospital Pediátrico Baca Ortiz

FECHA: 01-03-2016 HORA: 12:33

No. DE TRÁMITE: 01570

RESPONSABLE: *Valencia*

*01-03-2016*

Av: Colón s/n y Seis de Diciembre  
Telf : (593 2) 2 526 237  
www.hbo.gob.ec

**MEMORANDO HBO-DOCENCIA-0261-2016**

**PARA:** Dra. Catalina Vásquez Hahn, Gerente del Hospital

**DE:** Dr. Carlos Valencia Calderón, Director de Docencia e Investigación

**ASUNTO:** TESIS DE MAESTRÍA DE ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL HOSPITAL PEDIÁTRICO BACA ORTIZ.

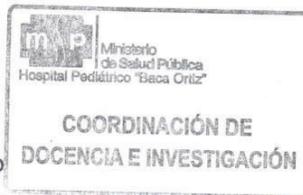
**FECHA:** Quito, DM 18 de Marzo de 2016

En respuesta al memorando N° HBO-DOCENCIA-0213-2016 y sumillas insertas en documentos adjuntos, que hace referencia a la solicitud de autorización de una **Tesis de Maestría de Estudio de Eficiencia Energética del Hospital Baca Ortiz**, luego de recibir informe valorable del Jefe de Ingeniería e Infraestructura y Mantenimiento del Hospital, considero aceptada esta solicitud que deberá quedar bajo la supervisión del Arquitecto Isaac Vera.

Atentamente,

  
Dr. Carlos Valencia Calderón MD, PhD

Director del Departamento de Docencia e Investigación



Elaborado por:	V. Arregui Pozo
Revisado por:	Dr. Carlos Valencia 
Aprobado por:	Dr. Carlos Valencia 
Fecha:	18-03-2016
CC:	/Archivo

*Voy. Vede el archivo del Dr. Vera y prepare un memorando dirigido a la Gerencia para formalizar la respuesta. Por favor hasta el Miércoles 27 Mayo próximo.*

MEMORANDO  
HPBO-MANT-0044-2016

FECHA: Quito, viernes 26 de febrero del 2016.  
 PARA: Dra. Catalina Vázquez / GERENTE HOSPITAL PEDIÁTRICO BACA ORTIZ.  
 DE: Arq. Isaac Vera / LÍDER DE INGENIERÍA INFRAESTRUCTURA Y MANTENIMIENTO.  
 ASUNTO: CRITERIO PARA TESIS DE MAESTRÍA DE ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL HOSPITAL PEDIATRICO BACA ORTIZ.

*26 Feb 2016*

Por medio del Presente documento me permito comunicar que en coordinación con los Supervisores tanto del Área Eléctrica/Electrónica como del Área Mecánica validamos este estudio, ya que es un tema del cual la información obtenida como resultado final puede brindar un margen de conocimiento amplio respecto al comportamiento energético del Hospital y el desempeño de las actuales instalaciones, contando con el tiempo de vida de la Infraestructura del mismo y las posibilidades que pueden quedar previstas a nivel de ahorro en términos económicos, incorporación de equipos y nuevas instalaciones.

Cabe mencionar que la información requerida, en coordinación con los Supervisores de Área puede ser suministrada a los estudiantes de carrera, una vez obtenida su aprobación.

Particular que se comunica a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Arq. Isaac Vera  
Líder de Ingeniería Infraestructura y Mantenimiento.

Aprobado por:	Arq. Isaac Vera	<i>IV</i>
Revisado por:	Arq. Isaac Vera	<i>IV</i>
Elaborado por:	Arq. Isaac Vera	<i>IV</i>

Cc. Archivo.

Ministerio de Salud Pública  
Hospital Pediátrico Boca Ortiz

**GERENCIA**

FECHA: 26 02 16 HORA: 13:00

No. DE TRÁMITE: 01186

RESPONSABLE: *Beatriz*

**ANEXO B**  
**INDICADORES BÁSICOS DE INTERNACIÓN DEL HOSPITAL PÚBLICO HOMERO**  
**CASTANIER Y DEL HOSPITAL PÚBLICO VICENTE CORRAL MOSCOSO**

## Indicadores Hospitalarios Año 2013

INDICADORES		HOSPITAL HOMERO CASTANIER CRESPO ANUAL 2013							TOTAL
		ESPECIALIDADES							
		MEDICINA INTERNA	TRAUMATOLOGÍA	CIRUGÍA	PEDIATRÍA	NEONATOLOGÍA	GINECOLOGÍA	CUIDADOS INTENSIVOS	
EGRESOS	ALTAS	1513	523	1510	1523	647	2908	147	8771
	TOTAL DEFUNCIONES	108	3	12	0	1	0	35	159
	MENOS 48 HORAS	40	1	1	0	0	0	17	59
	MAS 48 HORAS	68	2	11	0	1	0	18	100
	TOTAL EGRESOS	1621	526	1522	1523	648	2908	182	8930
AUDITORIA MEDICA:									
INTERCONSULTA		0	0	0	0	0	0	0	0
AUTOPSIAS:		0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL DÍAS ESTADÍA		8662	2157	5068	4644	2722	5833	824	29910
TOTAL DÍAS PACIENTE		10675	2653	6833	6221	3364	9003	1026	39775
DÍAS CAMAS DISPONIBLES		15162	3217	8627	8006	4203	12994	1409	53618
INDICADORES	GIRO DE CAMAS (%)	39	60	64	69	56	82	47	61
	INTERVALO GIRO (DÍAS)	3	1	1	1	1	1	2	11
	PROM. DIAR. DÍAS PACIENTE	29	7	19	17	9	25	3	109
	% OCUPACIÓN	70	83	79	78	80	69	73	74
	PROM. DÍAS ESTADÍA	5	4	3	3	4	2	5	3

Continua →

PROM. DIAR. CAMAS. DISP.		42	9	24	22	12	36	4	147
PROM. DIARIOS EGRESOS		4	1	4	4	2	8	1	25
TASAS	MORTALIDAD	4	0	1	0	0	0	10	1
	AUTOPSIAS INTERCONSULTAS	0	0	0	0	0	0	0	0
PARTOS		0	0	0	0	0	1819	0	1819
DOTACIÓN NORMAL DE CAMAS		42	9	24	23	12	36	4	150

**MINISTERIO DE SALUD PUBLICA**  
**DIRECCION PROVINCIAL DE SALUD DEL AZUAY**  
**HOSPITAL "VICENTE CORRAL MOSCOSO"**



Ministerio de Salud Pública

**EGRESOS HOSPITALARIOS - PERIODO: ENERO - DICIEMBRE - 2013**

ESPECIALIDADES	EGRESOS										AUDITORIA MEDICA										INDICADORES										TASAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
	DEFUNCIONES		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD		MORTALIDAD																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1267	1268	1269	1270	1271	1272	1273	1274	1275	1276	1277	1278	1279	1280	1281	1282	1283	1284	1285	1286	1287	1288	1289	1290	1291	1292	1293	1294	1295	1296	1297	1298	1299	1300	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328	1329	1330	1331	1332	1333	1334	1335	1336	1337	1338	1339	1340	1341	1342	1343	1344	1345	1346	1347	1348	1349	1350	1351	1352	1353	1354	1355	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366	1367	1368	1369	1370	1371	1372	1373	1374	1375	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400	1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407	1408	1409	1410	1411	1412	1413	1414	1415	1416	1417	1418	1419	1420	1421	1422	1423	1424	1425	1426	1427	1428	1429	1430	1431	1432	1433

**ANEXO C**  
**TABLAS DE MEDICIONES Y REGISTROS DE LOS PARÁMETROS DE CALDEROS Y**  
**SISTEMA DE AGUA POTABLE.**

DATO MEDIDO
DATO CALCULADO
DATO ATÍPICO

TABLA DE REGISTRO DE PARÁMETROS EN EL SISTEMA DE VAPOR (CALDEROS-TANQUES AGUA CALIENTE Y DISTRIBUIDOR )

#	Hora	Pres. salida vapor (PSI)	Encendido Quemador Si/No	Temp. salida vapor (C°)	Temp. Gase (C°)	Temp. Agua Ingreso (C°)	Pres. Bomba (PSI)	Pres. Distribuidor (PSI)	Temp. Tanque hot1 (C°)	Temp. Tanque hot2 (C°)	Pres. Tanque 1 (PSI)	Pres. Tanque 2 (PSI)	Pres. Recirc. Bomba 1 (PSI)	Caudal Hot (m³)
1	8:00	134	SI	140	160	70	150	132	55	50	3,5	3,5		3152
2	8:10	130	SI	142	187	68	0	140	45	48	3,75	3,4		3153
3	8:20	126	SI	143	157	68	0	135	43	49	5	4,4		3153
4	8:30	130	NO	140	186	68	150	145	48	50	4,9	3,9		3153
5	8:40	110	SI	143	166	70	0	113	42	49	4,7	3,8		3153
6	8:50	136	NO	141	170	68	0	142	45	49	4,5	3,8		3153
7	9:00	127	SI	144	160	68	0	125	43	45	5	4,5		3153
8	9:10	135	NO	139	169	70	0	142	42	48	3	3,2		3153
9	9:20	115	SI	144	175	72	0	114	48	48	5	4,45		3153
10	9:30	135	NO	140	167	72	0	141	45	48	5	4,6		3153
11	9:40	115	SI	146	160	72	0	120	49	49	3,8	2,4		3153
12	9:50	140	NO	140	175	67	150	149	42	49	4,7	4,2		3153
13	10:00	110	SI	146	170	68	0	116	41	48	5	4,6		3153
14	10:10	134	NO	144	165	68	0	140	42	49	4,1	2,4		3153
15	10:20	115	SI	146	156	68	0	120	41	50	4,5	2,7		3153
16	10:30	135	NO	140	170	68	0	142	40	50	4,2	4,2		3153
17	10:40	125	SI	144	168	70	0	140	42	51	5	4,3		3153
18	10:50	130	SI	142	175	70	0	142	42	51	4,8	4,5		3153
19	11:00	130	NO	142	182	70	148	136	40	51	3	4,4		3154
20	11:10	110	SI	146	159	70	0	120	42	51	4,2	4,3		3154
21	11:20	139	NO	140	174	70	0	147	40	51	3,9	3,8		3154
22	11:30	110	SI	144	159	70	0	124	42	51	4,2	4,2		3154
23	11:40	111	SI	146	160	66	0	115	43	54	5	3,4		3154
24	11:50	140	NO	140	175	66	0	146	43	56	4,9	4,3		3154
25	12:00	117	SI	139	156	66	0	123	49	55	4,8	4,5		3154
26	12:10	90	NO	120	144	64	0	92	40	57	4,7	3,6		3154
27	12:20	75	NO	110	135	67	100	78	39	57	4,8	4,4		3154
28	12:30	57	NO	105	125	64	0	65	40	58	4,7	3,4		3154
29	12:40	68	SI	140	160	61	0	63	40	54	3,2	3,5		3154
30	12:50	115	NO	144	182	66	0	120	40	54	4,9	3,5		3154
31	13:00	120	SI	145	155	65	0	130	41	54	5,1	3,4		3154
32	13:10	141	NO	140	190	66	0	148	41	53	5,1	4		3154
33	13:20	133	SI	142	187	66	0	140	40	54	5,2	4,3		3154
34	13:30	139	NO	140	166	67	0	135	41	53	4,1	4,4		3155
35	13:40	128	SI	140	185	64	0	137	40	52	5	4,3		3155
36	13:50	141	NO	140	182	65	0	140	41	54	5	4		3155
37	14:00	127	SI	140	172	68	0	129	42	53	4,9	3,8		3155
38	14:10	125	SI	140	174	70	0	125	48	48			4,2	3155
39	14:20	140	NO	150	175	70	150	125	46	48			4,8	3155
40	14:30	149	SI	142	170	70	0	140	48	48			4	3155
41	14:40	140	NO	138	175	70	0	148	46	48			4,2	3155
42	14:50	125	SI	146	150	68	0	131	46	48			5	3155
43	15:00	126	NO	140	170	70	0	130	46	46			4	3155
44	15:10	148	SI	140	170	71	150	141	48	48			4,8	3155
45	15:20	130	NO	144	168	69	0	112	46	48			2,6	3155
46	15:30	134	SI	138	190	70	0	140	46	48			4	3155
47	15:40	130	NO	142	170	68	0	139	46	50			4,7	3155
48	15:50	128	SI	144	168	70	0	138	47	51			4	3155
49	16:00	125	SI	138	166	71	0	122	46	50			2,8	3155
50	16:10	130	NO	148	168	70	0	149	46	49			4,4	3155
51	16:20	130	SI	142	168	70	150	131	45	49			3,6	3155
52	16:30	125	NO	138	164	69	0	125	44	50			3,8	3155
53	16:40	140	SI	146	168	69	0	141	44	51			4,6	3156
54	16:50	139	NO	140	166	68	0	130	44	49			3,6	3156
55	17:00	135	SI	142	169	68	0	136	43	50			3,9	3156

PROMEDIOS	125	30	140	168	68,3	150	129	43,7	50,6	4,5	3,9	4,3	
-----------	-----	----	-----	-----	------	-----	-----	------	------	-----	-----	-----	--

MAX	149		150	190	72	150	112	55	58	5,2	4,6	5	
MIN	110		138	150	61	150	149	40	45	3	2,4	2,6	

# Encendidos 8

Factor de servicio de la bomba de alimentación del condensado	15%
---	-----

$$\text{factor de servicio} = \frac{\# \text{encendidos}}{\# \text{medidas}} = \frac{8}{5} = 0,15$$

MEDICIONES DE TEMPERATURAS AMBIENTE ALREDEDOR DEL CALDERO,

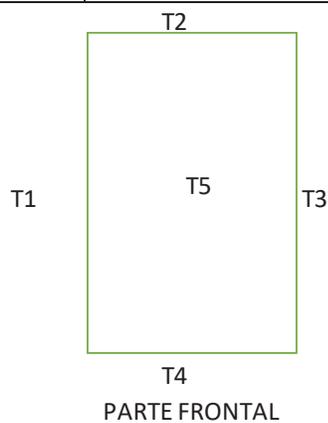
	DATO MEDIDO
	DATO CALCULADO

Temperatura Ambiente Caldero, medida a 50cm de distancia de la pared del caldero

Tiempo: 1 hora/medición

# Medidas	HORA	T. amb 1	T. amb 2	T. amb 3	T. amb 4	T. amb 5
1	8:00	23,1	20,9	21,1	19,5	20,3
2	9:00	21,8	22,1	22,7	21,7	22
3	10:00	22,4	22,8	21,8	22,3	20,2
4	11:00	21,3	21,6	22,2	20,8	21,6
5	12:00	22,4	22,1	22,2	21,5	22,2
6	13:00	21,7	20,01	20,6	21,1	22,1
7	14:00	21,9	21,8	22,3	21,3	20,6
8	15:00	22,03	21,7	22	21,7	22,9
9	16:00	21,6	20,7	21	21,3	21,6
10	17:00	22,1	22,01	20,4	21,3	22,4

<b>PROMEDIO C° =</b>	22,0	21,6	21,6	21,3	21,6
<b>PROMEDIO TOTAL C°=</b>	21,6				



T1		T2		T3		T4		T5	
MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
23,1	21,3	22,8	20,01	22,7	20,4	19,5	22,3	22,9	20,2

PROMEDIOS

<b>T. amb</b>	<b>MED.</b>				
22,0	21,6	21,6	21,3	21,6	0,0

DIAMETRO TANQUES	1,476	m
SEC. CIRCULAR TUBERÍA	1,71	m <sup>2</sup>
POT. BOMBA	25	HP
POT. BOMBA	18,6	kW

TABLA DE DATOS REGISTRADOS DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CONVERSIÓN E INDICADOR kWh/m<sup>3</sup>

  DATO MEDIDO  
  DATO CALCULADO

#	HORA	PRES MIN	PRES MAX	TIEMP. LLENADO min	Horas	TIEMP. VACIADO min	Horas	PRENDE COMPR. SI/NO	ALTURA cm	ALTURA m	VOLUMEN PROMEDIO DESPLAZADO	CAUDAL LLENADO - BOMBA m <sup>3</sup> /h	Kwh/m <sup>3</sup>
1	11:00	3,50	5,00	1,10	0,018	3,50	0,06	Si	39,00	0,39	1,33	72,8	0,26
2	11:05	3,50	5,00	1,10	0,018	4,16	0,07	Si	40,00	0,40	1,37	74,7	0,25
3	11:09	3,50	5,00	1,15	0,019	3,00	0,05	Si	39,50	0,40	1,35	70,5	0,26
4	11:13	3,50	5,00	1,24	0,021	3,00	0,05	No	39,92	0,40	1,37	66,1	0,28
5	11:18	3,50	5,00	1,17	0,020	5,06	0,08	Si	40,50	0,41	1,39	71,1	0,26
6	11:25	3,50	5,00	1,12	0,019	4,14	0,07	No	40,20	0,40	1,38	73,7	0,25
7	11:30	3,50	5,00	1,15	0,019	4,32	0,07	Si	40,30	0,40	1,38	72,0	0,26
8	11:36	3,50	5,00	1,10	0,018	4,32	0,07	No	40,70	0,41	1,39	76,0	0,24
9	11:42	3,50	5,00	1,17	0,020	5,46	0,09	Si	41,00	0,41	1,40	72,0	0,26
10	11:49	3,50	5,00	1,12	0,019	8,40	0,14	No	40,00	0,40	1,37	73,3	0,25
11	11:58	3,50	5,00	1,10	0,018	7,17	0,12	Si	41,00	0,41	1,40	76,5	0,24
12	12:06	3,50	5,00	1,11	0,019	6,44	0,11	Si	41,30	0,41	1,41	76,4	0,24
13	12:14	3,50	5,00	1,23	0,021	7,57	0,13	Si	40,10	0,40	1,37	66,9	0,28
14	12:24	3,50	5,00	1,24	0,021	5,03	0,08	No	40,30	0,40	1,38	66,7	0,28
15	12:30	3,50	5,00	1,24	0,021	5,32	0,09	Si	40,60	0,41	1,39	67,2	0,28
16	12:37	3,50	5,00	1,38	0,023	6,06	0,10	No	41,40	0,41	1,42	61,6	0,30
17	12:45	3,50	5,00	1,34	0,022	5,18	0,09	Si	42,10	0,42	1,44	64,5	0,29
18	12:52	3,50	5,00	1,35	0,023	6,11	0,10	Si	41,40	0,41	1,42	63,0	0,30
19	13:00	3,50	5,00	1,30	0,022	5,23	0,09	No	40,00	0,40	1,37	63,2	0,29
20	13:08	3,50	5,00	1,12	0,019	5,39	0,09	No	40,50	0,41	1,39	74,2	0,25
21	13:14	3,50	5,00	1,34	0,022	5,27	0,09	No	41,30	0,41	1,41	63,3	0,29
22	13:21	3,50	5,00	1,25	0,021	6,19	0,10	Si	41,20	0,41	1,41	67,7	0,27
23	13:29	3,50	5,00	1,28	0,021	7,35	0,12	No	41,30	0,41	1,41	66,2	0,28
24	13:39	3,50	5,00	1,28	0,021	5,22	0,09	Si	42,20	0,42	1,44	67,7	0,27
25	13:46	3,50	5,00	1,25	0,021	8,32	0,14	No	41,50	0,42	1,42	68,2	0,27
26	13:56	3,50	5,00	1,32	0,022	8,18	0,14	Si	42,00	0,42	1,44	65,3	0,28
27	14:04	3,50	5,00	1,26	0,021	7,17	0,12	No	41,50	0,42	1,42	67,6	0,28
28	14:13	3,50	5,00	1,32	0,022	8,23	0,14	Si	42,00	0,42	1,44	65,3	0,28
29	14:23	3,50	5,00	1,22	0,020	6,56	0,11	No	40,50	0,41	1,39	68,2	0,27
30	14:31	3,50	5,00	1,23	0,021	6,28	0,10	Si	41,00	0,41	1,40	68,4	0,27
0,020								17 (SI)	PROMEDIO=		1,40	69,0	0,27

OPERACION DEL COMPRESOR		
TIEMP. ENCEDIDO COMPRESOR	0,75	min
HORAS MEDICION	3,5	h
TOTAL HORAS DE TRABAJO COMPRESOR	0,21	min
FAC. SERVICIO	6%	

$$\text{FACTOR DE SERVICIO} = \frac{\text{HORAS DE MEDICIÓN}}{\text{HORAS DE TRABAJO DEL COMPRESOR}} = \frac{0,21}{3,5} = 0,06$$

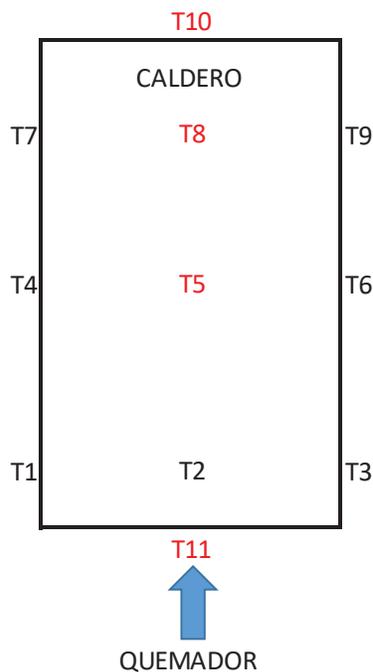
 DATO MEDIDO  
 DATO CALCULADO

TEMPERATURAS MEDIDAS EN LAS PAREDES  
DEL CALDERO

#	HORA	T1 (C°)	T2 (C°)	T3 (C°)	T4 (C°)	T5 (C°)	T6 (C°)	T7 (C°)	T8 (C°)	T9 (C°)	T10 (C°)	T11 (C°)
1	8:00	36,8	58,8	36,4	34,6	60,8	45,4	26,2	53,2	38,8	51,3	58,2
2	8:10	35,8	42,6	35,0	34,4	57,8	45,2	39,6	51,8	37,8	53,6	57
3	8:20	35,0	46,2	36,6	52,4	56,8	54,6	38,0	56,6	39,0	52,4	55
4	8:30	35,6	48,6	36,8	50,8	60,4	52,6	39,2	54,1	31,6	52,6	55,8
5	8:40	37,0	50,8	37,2	52,4	58,4	52,2	39,0	56,4	40,2	51,8	55,4
6	8:50	35,4	48,8	37,2	51,2	61,2	56,6	38,8	56,6	39,2	52,6	52,8
7	9:00	37,0	46,4	36,6	53,6	53,8	55,8	38,8	54,8	38,6	52,2	57,8
8	9:10	36,2	48,4	37,2	51,8	60,8	55,8	38,2	56,8	39,2	51,8	55,8
9	9:20	35,8	48,6	39,2	51,8	60,0	54,0	38,4	54,8	38,6	52	55,8
10	9:30	36,8	49,8	37,8	52,8	61,2	55,6	38,4	54,2	40,4	52,2	58
11	9:40	37,2	47,8	38,2	52,4	59,6	56,2	39,4	55,8	39,8	51,4	55,8
12	9:50	36,8	48,0	38,4	52,2	60,6	57,4	38,8	57,6	40,4	52,2	58,6
13	10:00	37,4	46,6	38,6	52,8	59,8	56,8	39,2	55,6	39,6	60,0	48,2
14	10:10	36,8	49,2	38,6	51,8	59,6	56,6	38,8	56,4	39,6	59,4	50,8
15	10:20	37,2	46,6	38,2	51,8	61,2	53,8	38,8	58,6	39,4	56,4	51,8
16	10:30	35,6	47,2	37,8	51,4	59,8	56,2	39,4	56,0	39,2	63,6	53,4
17	10:40	37,2	45,2	38,8	53,2	60,6	57,8	38,8	57,6	40,4	53,8	58,4
18	10:50	36,6	47,4	38,4	51,8	58,2	56,8	39,4	54,8	38,6	53,8	58,6
19	11:00	36,4	43,2	38,6	50,6	59,2	57,6	38,4	56,0	39,8	51,6	52,4
20	11:10	35,4	45,2	38,6	51,8	59,6	52,4	38,2	54,4	39,2	52,2	56,8
21	11:20	35,4	44,2	38,2	50,2	58,6	55,8	38,8	54,4	38,4	51	58,2
22	11:30	36,6	44,2	38,8	50,0	55,4	54,2	38,4	53,6	38,8	53,6	57
23	11:40	36,4	44,4	38,8	51,4	58,4	55,6	38,6	54,6	39,2	52,4	55
24	11:50	35,8	43,6	36,8	51,8	57,0	55,4	38,6	54,2	37,6	52,6	55,8
25	12:00	34,2	41,4	36,0	49,8	57,6	55,4	37,6	51,8	36,8	61,6	52,8
26	12:10	35,2	41,6	37,0	52,6	56,6	58,4	37,4	52,0	36,6	60,4	51,8
27	12:20	34,6	41,2	36,0	46,6	54,2	52,6	36,8	49,4	35,4	59,8	53,4
28	12:30	33,4	41,0	35,4	46,2	54,6	51,8	35,4	48,2	35,8	58,6	50,8
29	12:40	33,6	41,8	35,4	44,6	51,8	51,2	35,2	47,6	35,2	59,4	51,8
30	12:50	33,4	37,6	33,8	46,4	52,4	52,2	35,8	52,4	34,8	56,4	50,2
31	13:00	34,0	41,8	36,2	48,8	55,4	54,6	33,6	51,4	35,4	63,4	51,8
32	13:10	38,0	39,8	37,6	50,4	60,0	56,6	36,2	44,6	36,6	60,4	53,4
33	13:20	36,2	48,0	37,4	55,4	57,8	56,8	37,4	48,6	37,2	58,4	50,6
34	13:30	36,0	37,4	37,2	50,6	58,6	56,8	36,8	39,8	37,0	57,8	51,4
35	13:40	35,4	42,8	37,2	49,6	57,8	50,4	37,0	51,2	38,2	61,2	52,8
36	13:50	36,0	38,4	37,2	48,8	57,8	56,8	37,0	44,6	36,6	60,0	52,7
37	14:00	35,8	46,6	37,4	49,8	60,4	57,2	36,8	50,6	38,2	60,0	48,2
38	14:10	35,4	42,8	37,2	49,6	57,8	56,4	37,4	51,2	38,2	59,4	50,8
39	14:20	38,0	39,8	37,6	50,4	60,0	56,6	37,0	39,8	37,0	56,4	51,8

#	HORA	T1 (C°)	T2 (C°)	T3 (C°)	T4 (C°)	T5 (C°)	T6 (C°)	T7 (C°)	T8 (C°)	T9 (C°)	T10 (C°)	T11 (C°)
40	14:30	34,6	46,6	37,2	49,8	57,8	50,4	37,0	48,6	36,6	63,6	53,4
41	14:40	37,2	54,2	37	33,6	57,8	36,8	35,4	78,6	37,8	53,8	58,4
42	14:50	37,2	45	38,2	35,6	48,2	39,2	35,8	84,8	38	53,8	58,6
43	15:00	37,2	42,6	40,2	35	44,6	37,4	35,8	57,4	38	51,6	52,4
44	15:10	38,4	53,2	40,2	36,6	73,2	53,6	37,2	88,4	38,2	52,2	56,8
45	15:20	38,4	56	37	49,8	84,4	50,8	41,4	90,2	40,4	51	58,2
46	15:30	42	60	39,4	58,2	70,8	61,4	42,6	65,4	38	53,6	57
47	15:40	39,6	54,2	39,6	59,4	53,6	39,2	38,4	89,6	38,8	52,4	55
48	15:50	39,2	55,8	41,4	55,4	57,6	40	39,2	90,6	39,2	52,6	55,8
49	16:00	38,2	47,2	40	40,2	69,2	54,6	37,4	89,2	39,2	51,8	55,4
50	16:10	36,2	35,2	39,6	54,4	64,6	49,8	40,8	90,2	38,8	52,6	52,8
51	16:20	36,8	50,6	39,6	55	57,4	47,8	38,8	83,4	38,4	52,2	57,8
52	16:30	37,6	53	39,4	56,2	61,2	47,4	37,2	82,4	38,6	51,8	55,8
53	16:40	38,2	52,6	38,4	53,6	56,8	38,6	38	92,2	38,8	52	55,8
54	16:50	38,8	46,8	38,6	56,2	58,2	37,8	38,8	92,6	39,4	52,2	58
55	17:00	36,2	51,6	39,6	56,6	44,6	55,8	39	85,4	38,8	51,4	55,8
56	17:10	35,4	53	38,8	53,4	54,8	51,4	37,6	92	38,8	52,2	58,6
57	17:20	37,2	49,8	39,0	58,6	62,4	57,6	38,6	94,2	38,6	51,6	56,4
58	17:30	36,6	49,6	39,2	41,6	55,2	57,4	38,8	88,8	38,6	51,8	58,2

<b>PROMEDIOS</b>	35,8	46,7	37,2	49,8	58,7	52,4	37,8	62,7	38,2	54,9	54,8
<b>PROMEDIO C°</b>	48,1										



**ANEXO D**

**A. DOCUMENTOS LEGALES:**

**B. INFORME TÉCNICO DE EMISIONES GASEOSA SOL 01-2016, CERTIFICADO DEL CUMPLIMIENTO DEL PROCESO DE CERTIFICACIÓN AMBIENTAL,**

**C. CERTIFICADO DE PERMISO DE FUNCIONAMIENTO**

**D. MATRIZ DEL CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE GESTIÓN DE DESECHOS SANITARIOS.**

**E. CERTIFICADO DEFINITIVO DE GAS CENTRALIZADO.**

---

**INFORME TÉCNICO DE EMISIONES GASEOSAS**

**EMPRESA: HOSPITAL BACA ORTIZ**

**OCTUBRE 2016**

**ANTECEDENTES**

El presente informe contiene los resultados de la caracterización obtenida del día 20 de Septiembre del presente año, para dar seguimiento al monitoreo de emisiones de gases en la empresa **HOSPITAL BACA ORTIZ**, para el mejoramiento del combustible y repotenciamiento de los Calderos.

**1. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS**

Para el análisis de emisiones gaseosas se utilizó un equipo analizador de gases electrónico marca **BACHARACH PCA2**, el mismo que funciona en base de celdas electroquímicas y determina la concentración de compuestos contaminantes en los gases de chimenea, así como otros parámetros necesarios para transformación de unidades.

Las mediciones realizadas están hechas en base a un procedimiento interno de SOLINEC P-DT-01, este procedimiento describe los requerimientos y pasos necesarios para garantizar que la caracterización de las emisiones gaseosas en fuentes fijas de combustión, arroje un resultado confiable para el cliente, siguiendo los lineamientos establecidos las normativas ambientales ecuatorianas.

Finalmente se ha realizado la transformación de las caracterizaciones de las emisiones gaseosas, de acuerdo a lo que establece la ordenanza 404 y a lo estipulado en el Acuerdo Ministerial No. 028

**2. EQUIPOS UTILIZADOS**

- Para determinar la composición de los gases de combustión, SOLINEC., cuenta con un equipo *analizador de gases marca BACHARACH PCA2* para la detección de monóxido de carbono, monóxido de nitrógeno, dióxido de azufre y parámetros adicionales como temperatura de chimenea, eficiencia de combustión, dióxido de carbono, exceso de aire, temperatura ambiente, entre otros.

**Tabla No. 1  
RANGOS Y RESOLUCIONES DEL EQUIPO PCA2 BACHARACH**

Parámetro	Rango
Oxígeno	0 a 20.9%
Temperatura de Chimenea	- 4 a 2,192 ° F (-20 a 1,200° C)
Temperatura de Aire Primario / Ambiente	- 4a 999° F(-20 a 999° C)
Monóxido de Carbono (CO) (Compensado en H2)	0 a 4,000 ppm
Presión / Draft	+ 72" H2O (+180mb)
CO de Alto Rango	4,001 a 20,000 ppm
Óxido Nítrico (NO)	0 a 3,000 ppm
Dióxido de Nitrógeno (NO2)	0 a 500 ppm
Dióxido de Azufre (SO2)	0 a 5,000 ppm



- Para determinar el nivel de opacidad se utiliza una **bomba de humos** con su respectiva escala de Ringelmann.

**Tabla No. 2**  
**RANGOS Y RESOLUCIONES DE LA PISTOLA DE HUMO BACHARACH**

Parámetro	Rango	Resolución
Número de humo	0 – 9	1



**Tabla No. 3**  
**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS FUENTES DE COMBUSTIÓN**

TIPO DE FUENTE	AÑO DE CONSTRUCCION	CAPACIDAD DE LA FUENTE	TIEMPO DE OPERACION (h/día)	TIPO DE COMBUSTIBLE
CALDERO 2	2001	250 BHP	24	DIESEL

### TRATAMIENTO DE LA MEZCLA:

El procedimiento de aditivación sugerida a seguir, es:

PRODUCTO	PROPOSITO	DOSIFICACION	OBSERVACIONES
ADDIMAX	Incorporar Agua y estabilizar	1 galón por 2000 galones de Combustible	En las fases iniciales de aditivación se recomienda revisar continuamente los sistemas filtrantes.

### 3. DATOS DE CAMPO

A continuación se presentan los siguientes datos de campo:

Tabla No. 4  
DATOS DE CAMPO REGISTRADOS

PARAMETROS	UNIDAD	LLAMA BAJA	LLAMA MEDIA	LLAMA ALTA
Temperatura	°C	181	235	253
Temperatura ambiente	°C	25.9	28.2	271
Exceso de aire	%	24	64	15
Eficiencia de combustión	%	87.4	82.3	84.7
Oxígeno	%	4.1	8.2	2.8
Dióxido de carbono	%	12.7	9.6	13.7
Monóxido de carbono	ppm	0	21	15
Dióxido de azufre	ppm	138	179	209
Óxidos de nitrógeno	ppm	57	78	89
Opacidad	# humo	0	0	0

#### 4. RESULTADOS

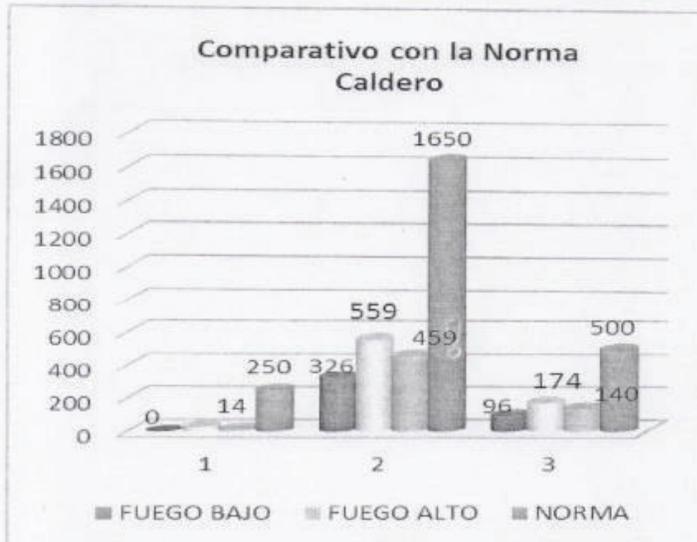
La comparación de los valores medidos con aquellos expresados en la **Ordenanza 404 del Distrito Metropolitano de Quito**, y expresados bajo las siguientes condiciones.

*"mg/Nm3: miligramos por metro cúbico de gas de combustión en condiciones normales, (760 mmHg) de presión y temperatura de cero*

*Grados centígrados (0 °C), en base seca y corregidos al 7% de oxígeno*

#### CALDERO 2

PARAMETRO	LLAMA BAJA	LLAMA MEDIA	LLAMA ALTA	NORMA
CO (mg/Nm3)	0	28	14	250
SO2 (mg/Nm3)	326	559	459	1650
NOx (mg/Nm3)	96	174	140	500



**5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- El Caldero de la empresa **HOSPITAL BACA ORTIZ, CUMPLE** con la Normativa Ambiental Aplicada de la Ordenanza 404 del Distrito Metropolitano de Quito, en **TODOS** los parámetros en la medición realizada.
- El caldero mantienen óptimos niveles de eficiencia de combustión entre el rango de 80% a 90%, lo cual indica que las máquinas operan con los parámetros adecuados de ingresos de aire y combustible. El 10% de energía aprovechable, se pierde en la carcasa de la maquinaria y por radiación. Al ser bajas las concentraciones de monóxido de carbono y opacidad, se reflejaría a lo largo de un período de trabajo, un nivel mínimo de hollinamiento.
- Se evidencia la acción efectiva de Addimax, ya que las concentraciones de monóxido de carbono y opacidad son mínimas, y su eficiencia de combustión permanece en el rango de 87.4% 82.3% 84.7% en sus respectivas llamas. De esta manera se verifica el óptimo desempeño del caldero ya que su nivel de hollinamiento es ínfimo y los parámetros de operación (entrada de aire y combustible) son adecuados.
- Se recomienda el uso continuo del producto **ADDIMAX** para ayudar efectivamente a la eliminación del agua existente en los tanques de almacenamiento del Combustible y para ayudar a mejorar el sistema de combustión, disminuyendo las concentraciones de monóxido de carbono, material particulado y opacidad principalmente.
- Con el uso continuo del producto no solo se evidenciará las mejoras a nivel de contaminación, sino que el mantendrá en muy buen estado los sistemas de filtración, ya que se eliminara el agua existente en los tanques de almacenamiento del Combustible, evitando la proliferación de hongos y bacterias.
- **SOLINEC**, mantendrá el compromiso de evaluar periódicamente la caldera para verificar la acción efectiva del producto.

**NOTAS:**

- SOLINEC se responsabiliza exclusivamente de las medidas realizadas. El resultado se refiere únicamente a los ensayos realizados en los días indicados.
- Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito de la Empresa

Atentamente,





**Equations (Some calculations vary by country)**

$$CO_2 = \frac{CO_{2MAX} \times (20.9 - O_2\%)}{20.9}$$

$$EFF = ETA - k_F$$

$$ETA = (100 - qA) + k_F \quad \left( \text{if } T_{STK} < (T_0 - (1.2 \times O_2)) \right)$$

$$\text{Lambda} = \frac{20.9}{20.9 - O_2}$$

$$qA = (T_{STK} - T_{AIR}) \times \left( \frac{A_2}{(20.9 - O_2)} + B \right)$$

$$\frac{CO}{CO_2} = \frac{CO_{PPM}}{CO_2\% \times 10,000}$$

**Definitions**

O <sub>2</sub>	= Measured oxygen (in %)
T <sub>STK</sub>	= Measured stack temp (in °C)
T <sub>AIR</sub>	= Measured primary air temp (in °C)
CO	= Measured carbon monoxide (in ppm)
CO <sub>2</sub>	= Calculated carbon dioxide (in ppm)
qA	= Calculated stack loss (in %)
Lambda	= Calculated excess air
EFF	= Efficiency based on HHV (in %)
ETA	= Efficiency based on LHV (in %)
CO <sub>2max</sub>	= Constant (see table below)
A <sub>2</sub>	= Constant (see table below)
B	= Constant (see table below)

**Fuel Constants (Some fuel constants vary by country)**

FUEL	CO <sub>2max</sub>	A <sub>2</sub>	B	T <sub>0</sub> (°C)	k <sub>F</sub>
Natural Gas	11.8	0.66	0.009	59	9.6
KOKS	10.2	0.60	0.011	62	11.2
LEG	13.1	0.63	0.011	61	10.3
LPG	13.8	0.63	0.008	55	7.6
Oil #2	15.4	0.68	0.007	49	5.3
Oil #6	15.9	0.68	0.007	46	4.7
Coal	18.7	0.60	0.007	36	3.4
Biofuel	20.4	0.70	0.012	59	6.0



Secretaría de  
Ambiente

0008960

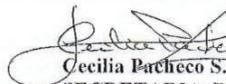
QUITO, 16 DE MAYO DE 2012  
Quito, DM

Oficio N°

Señores  
HOSPITAL DE NIÑOS BACA ORTIZ  
Ciudad.-

Por medio del presente me permito informar que la empresa publica HOSPITAL DE NIÑOS BACA ORTIZ / ubicada en Avenida Colon y 6 de Diciembre esquina, ha completado con el procedimiento establecido en Capítulo V, del Sistema de Auditorías Ambientales y Guías de Prácticas Ambientales de la Ordenanza Sustitutiva del Título V "De la Prevención y Control del Medio Ambiente", Libro Segundo, del Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito, para la renovación del Certificado Ambiental por Auditoría Ambiental, para el período comprendido entre el 14 de mayo del 2012 al 14 de mayo del 2014.

Atentamente,

  
Cecilia Pacheco S.  
SECRETARIA DE AMBIENTE (E)  
MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO



Jv16/11/2012



P.F. No. MSP-2016-Z09-0004026

**CERTIFICADO DE PERMISO DE FUNCIONAMIENTO  
SERVICIOS DE SALUD**

CLASE DE RIESGO : A

De conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica de Salud, se confiere el presente Permiso de Funcionamiento a:

Unidad Operativa: HOSPITAL PEDIATRICO BACA ORTIZ  
Razón social: HOSPITAL PEDIATRICO BACA ORTIZ

No. establecimiento: 001

Tipo: ESTABLECIMIENTOS DE SERVICIOS DE SALUD PÚBLICOS Y PRIVADOS / III NIVEL  
DE ATENCION / Hospitalario / HOSPITAL ESPECIALIZADO

Código: 3.2.1

Responsable técnico: SANTIAGO CRISTOBAL PINTO ZALDUMBIDE

Ubicación:

Provincia: PICHINCHA

Cantón: QUITO

Dirección: AV. 6 DE DICIEMBRE SIN Y AV. COLON

Parroquia: MARISCAL SUCRE

Barrio: LA MARISCAL

Fecha de emisión: 2016-10-26

Fecha de vencimiento: 2017-10-26

Aprobado por:

SUAREZ GALARZA MARCO AUGUSTO  
DIRECTOR (A) PROVINCIAL DE SALUD

Verifique la validez del certificado



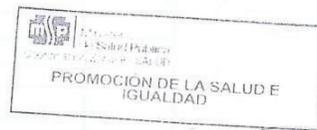
MATRIZ DE CUMPLIMIENTO DE PLAN DE GESTIÓN DE DESECHOS SANITARIOS				
zona				
Nombre del establecimiento:		HOSPITAL PEDIATRICO BACA ORTIZ		
PARAMETRO	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES	Valoración
	SI	NO		
<b>1 Información del establecimiento</b>				
<b>1.1 Dirección</b>				
Calle	X			0,5
Sector	X			
Parroquia	X			
Cantón	X			
Provincia	X			
<b>1.2 Representante legal</b>				
Nombre	X			0,5
Teléfono	X			
Correo electrónico	X			
<b>1.3 Responsable de manejo de desechos</b>				
Nombre	X			1
Teléfono	X			
Correo electrónico	X			
<b>1.4 Personal que trabaja en el establecimiento por servicio</b>				
	X			0,5
<b>1.5 Tipo de Establecimiento</b>				
	X			0,5
<b>1.6 Servicios de los que dispone</b>				
	X			0,5
<b>1.7 Estructura: Organigrama</b>				
	X			0,5
<b>1.8 Capacidad instalada, número de camas</b>				
	X			1
<b>2. Comité de Gestión de Desechos Sanitarios</b>				
<b>2.1 Constitución del comité</b>				
Fecha	X			1
Miembros	X			1
Actas de constitución	X		Adjunto	2
Objetivos	X			2
<b>2.2 Responsabilidades del Comité</b>				
	X			2
<b>2.3 Frecuencia de reuniones</b>				
	X			1
<b>2.4 Frecuencia de actualización</b>				
	X			1
<b>3. Gestión Interna y externa de desechos en el establecimiento</b>				
<b>3.1 Generación de desechos</b>				
Generación por servicios y en kilos	X			2
<b>3.2 Almacenamiento Primario</b>				
Nro. de recipientes necesarios	X			2
Etiquetado	X			1
<b>3.3 Almacenamiento Intermedio</b>				
			Compartidos	
Tipos de recipientes	X			1
Señalización	X			1
<b>Características del almacenamiento</b>				
	X			1
<b>3.4 Recolección y Transporte interno</b>				
Rutas (Diagrama)	X			4
Horarios	X			3

Frecuencias	X			3
3.5 Tratamiento Interno				
Tratamiento por tipo de desecho	X		Gestores	10
3.6 Almacenamiento final				
Tipo de contenedores que posee	X			2
paredes y pisos lavables	X			2
Luz artificial y natural	X			2
Toma de agua	X			2
Ventilación	X			2
Seguridad	X			2
Ubicación	X			2
Área suficiente		X	Construir nuevo, falta presupuesto	
<b>3.7 Gestión Externa</b>				
Cada que tiempo se retira los desechos	X		diario	1
Dispone de recolección diferenciada	X			2
Conoce el tratamiento que da el gestor?	X			1
Hay relleno sanitario	X			1
Hay celda de seguridad para los peligrosos?	X			1
3.8 Coordina con municipios para la gestión Externa?	X			4
<b>4. Indicadores de Gestión</b>				
4.1 Porcentaje de tratamiento interno de desechos infecciosos	X			2
4.2 Porcentaje de desechos peligrosos entregados a gestores	X			2
<b>5 Bioseguridad</b>				
5.1 Situación de riesgo del personal por la gestión de desechos	X			1
5.2 Ropa de protección personal	X			2
5.3 Hoja de control de pinchazos	X			1
5.4 Chequeos médicos	X			1
Frecuencia	X			1
Vacunas recibidas	X			1
6. Cronograma de capacitaciones (copia de firmas)	X		Incompleto falta registros	10
7. Presupuesto para el plan de gestión	X			10
				<b>99</b>

Aprobado por: Lcda. Lourdes Baldeón CZ9-Salud

Nota Obtenida: 99%

Año: 2016



*SB*



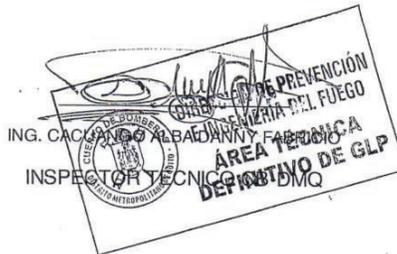
No. 000114-AT-DGC-CBDMQ-2016

A fecha de la inspección realizada por el Inspector Técnico CACUANGO ALBA DANNY FABRICIO, el día 28 de Diciembre del 2016, a la instalación del Sistema de Gas Centralizado del Proyecto HOSPITAL PEDIATRICO BACA ORTIZ, ubicado en: AV. COLON E9-178 y AV. 6 DE DICIEMBRE con N° de Predio 131043, para la instalación de 1.00 tanque/s de 4 metros cúbicos, ubicado en Nivel de Terreno (Nivel N+8.00), y habiéndose comprobado el cumplimiento de las medidas de prevención de incendios, se extiende el siguiente:

### CERTIFICADO DEFINITIVO DE GAS CENTRALIZADO

Código de verificación: DGC7212866

Fecha de emisión: 2016-12-28



Nota:

- La responsabilidad de mantener los sistemas de prevención contra incendios en las condiciones que se constató, será única y exclusiva del (los) propietario (s) de la edificación donde se encuentra instalado el Sistema de Prevención de Incendios.
- Las modificaciones realizadas en el sistema de prevención de incendios que no hayan sido notificadas al CB-DMQ anulan el Certificado Definitivo emitido.

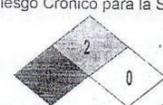
**ANEXO E**  
**HOJA DE SEGURIDAD MSDS-DIESEL2**

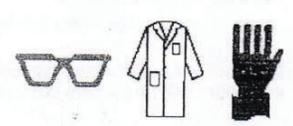
	<b>UNIDAD DE PROTECCIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL</b>	VERSIÓN: 00
		FECHA: CÓDIGO:
		Página 1 de 18

### HOJA DE SEGURIDAD – MSDS – DIESEL 2

**IMPORTANTE:** Lea esta MSDS antes de manejar y desechar este producto y haga llegar esta información a sus empleados, clientes y usuarios de este producto.

RESEÑA DE EMERGENCIA	
Estado Físico:	Líquido
Color:	Amarillo
Olor:	Característico del Hidrocarburo
<p><b>ADVERTENCIA!</b>            Líquido Combustible; el vapor puede causar fuego repentino.            Puede ser dañino o fatal si es ingerido – puede entrar en los pulmones y causar daño severo.            La niebla o el vapor puede irritar el tracto respiratorio            El contacto con el líquido puede causar irritación en los ojos o en la piel.            Puede ser nocivo si se inhala o se absorbe por la piel            Sobreexposición puede causar depresión del sistema nervioso central (SNC) y efectos sobre órganos seleccionados.            Los derrames pueden crear riesgo a resbalarse</p>	

CLASIFICACION DE RIESGOS		
	HMIS	NFPA
Riesgo para la Salud *	2	0
Riesgo de Incendio	2	2
Reactividad	0	0
* = Riesgo Crónico para la Salud		
		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">1202</div>		

EQUIPO DE PROTECCION
Recomendado mínimo Ver detalles en la Sección 8


Elaborado Por: Unidad de Protección Ambiental y Seguridad Industrial Ing. D. Vivanco; Ing. G. Guayaquil	Revisado Por: Jefe Unidad de Protección Ambiental y Seguridad Industrial Ing. Marina Garcia
Fecha: Marzo 2007	Fecha: Marzo 2007

B

 PETROCOMERCIAL FILIAL DE PETROECUADOR	UNIDAD DE PROTECCIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	VERSIÓN: 00
		FECHA: CÓDIGO:
		Página 2 de 18

1. IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES

**NOMBRE COMERCIAL:** Diesel

**NOMBRE QUIMICO:** Diesel Fuel # 2

**USO:** Combustible para maquinas y calderos con motor a diese, y para usos de proceso de ingeniería, quemadores y otros

**SINONIMOS:** Combustible para motor.

**NOMBRE FABRICANTE:** PETROINDUSTRIAL

**DIRECCIÓN FABROICANTE:** Alpallana y Diego de Almagro

**NOMBRE DISTRIBUIDOR:** PETROCOMERCIAL

**DIRECCION DISTRIBUIDOR:** Alpallana y Av. 6 de Diciembre

**TELEFONO EMERGENCIA:** Seguridad Industrial 022 (563 - 607) EXT. 5115

**TELÉFONO INFORMACIÓN:** Terminal El Beaterio 022 (690 – 688) EXT. 114 ó 209  
Dispensario Médico 022 (690 – 876) EXT. 109 ó 219

**TELÉFONO 24 HORAS AL DÍA:** Estación Reductora 2690794

**FORMULA QUIMICA:** C12H26 a C20H42

**NUMERO CAS\* :** (Chemical Abstract Service) Código Contable 68476-34-6

**NUMERO NU:** (Número de ident de las Naciones Unidas de Productos Químicos Peligrosos) 1202

Elaborado Por: Unidad de Protección Ambiental y Seguridad Industrial Ing. D. Vivanco: Ing. G. Guayaquil	Revisado Por: Jefe Unidad de Protección Ambiental y Seguridad Industrial Ing. Marina Garcia
Fecha: Marzo 2007	Fecha: Marzo 2007

 PETROCOMERCIAL FILIAL DE PETROECUADOR	UNIDAD DE PROTECCIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	VERSIÓN: 00
		FECHA: CÓDIGO:
		Página 4 de 18

Temperatura de Ebullición Inicial:	160 °C
Temperatura de Ebullición Final:	360 °C
Solubilidad en Agua:	0.007 kg/m3
Presión de Vapor Reid:	0.1 mmHg
Densidad de Vapor (Aire = 1):	4.5
Densidad a 15 C:	85 kg/m3
Densidad Relativa:	0.865
Viscosidad Cinemática 37.8°C:	2.6 - 6 cst
Calor Latente Vaporización:	60 cal/gm
Calor De Combustión:	11200 BTU/lb

#### 4. RIESGO DE FUEGO Y EXPLOSION

Punto de Inflamación:	60°C
Temperatura de Autoignición:	240°C
Límite Superior de Inflamabilidad:	5%
Límite Inferior de Inflamabilidad:	0.7%
Medios de extinción recomendados:	Espuma, polvo químico seco, CO2, Agua pulverizada ó nebulizada
NFPA:	Salud 1; Inflamabilidad 1; Reactividad 0

#### 5. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

##### 5.1 Riesgos para la Salud Humana

Inhalación:	La exposición prolongada a concentraciones de vapores superiores al permisible, pueden causar: aturdimiento, dolor de cabeza, vértigo,
-------------	--

Elaborado Por: Unidad de Protección Ambiental y Seguridad Industrial Ing. D. Vivanco; Ing. G. Guayaquil	Revisado Por: Jefe Unidad de Protección Ambiental y Seguridad Industrial Ing. Marina Garcia
Fecha: Marzo 2007	Fecha: Marzo 2007

**ANEXO F**  
**TABLA DE CAUDALES EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO**  
**DE TUBERÍA Y PRESIÓN DE VAPOR.**

Tabla 1. Capacidades de tuberías para vapor saturado a velocidades específicas (en milímetros y bares)

Presión bar	Velocidad m/s	kg/h										
		15mm	20mm	25mm	32mm	40mm	50mm	65mm	80mm	100mm	125mm	150mm
0,4	15	7	14	24	37	52	99	145	213	394	648	917
	25	10	25	40	62	92	162	265	384	675	972	1 457
	40	17	35	64	102	142	265	403	576	1 037	1 670	2 303
0,7	15	7	16	25	40	59	109	166	250	431	680	1 006
	25	12	25	45	72	100	182	287	430	716	1 145	1 575
	40	18	37	68	106	167	298	428	630	1 108	1 712	2 417
1,0	15	8	17	29	43	65	112	182	260	470	694	1 020
	25	12	26	48	72	100	193	300	445	730	1 160	1 660
	40	19	39	71	112	172	311	465	640	1 150	1 800	2 500
2,0	15	12	25	45	70	100	182	280	410	715	1 125	1 580
	25	19	43	70	112	162	295	428	656	1 215	1 755	2 520
	40	30	64	115	178	275	475	745	1 010	1 895	2 925	4 175
3,0	15	16	37	60	93	127	245	385	535	925	1 505	2 040
	25	26	56	100	152	225	425	632	910	1 580	2 480	3 440
	40	41	87	157	250	375	595	1 025	1 460	2 540	4 050	5 940
4,0	15	19	42	70	108	156	281	432	635	1 166	1 685	2 460
	25	30	63	115	180	270	450	742	1 080	1 980	2 925	4 225
	40	49	116	197	295	456	796	1 247	1 825	3 120	4 940	7 050
5,0	15	22	49	87	128	187	352	526	770	1 295	2 105	2 835
	25	36	81	135	211	308	548	885	1 265	2 110	3 540	5 150
	40	59	131	225	338	495	855	1 350	1 890	3 510	5 400	7 870
6,0	15	26	59	105	153	225	425	632	925	1 555	2 525	3 400
	25	43	97	162	253	370	658	1 065	1 520	2 530	4 250	6 175
	40	71	157	270	405	595	1 025	1 620	2 270	4 210	6 475	9 445
7,0	15	29	63	110	165	260	445	705	952	1 815	2 765	3 990
	25	49	114	190	288	450	785	1 205	1 750	3 025	4 815	6 900
	40	76	177	303	455	690	1 210	1 865	2 520	4 585	7 560	10 880
8,0	15	32	70	126	190	285	475	800	1 125	1 990	3 025	4 540
	25	54	122	205	320	465	810	1 260	1 870	3 240	5 220	7 120
	40	84	192	327	510	730	1 370	2 065	3 120	5 135	8 395	12 470
10,0	15	41	95	155	250	372	626	1 012	1 465	2 495	3 995	5 860
	25	66	145	257	405	562	990	1 530	2 205	3 825	6 295	8 995
	40	104	216	408	615	910	1 635	2 545	3 600	6 230	9 880	14 390
14,0	15	50	121	205	310	465	810	1 270	1 870	3 220	5 215	7 390
	25	85	195	331	520	740	1 375	2 080	3 120	5 200	8 500	12 560
	40	126	305	555	825	1 210	2 195	3 425	4 735	8 510	13 050	18 630

(Fuente: Spirax-Sarco)

Tabla 2. Capacidades de tuberías para vapor saturado a velocidades específicas (en pulgadas y kg/cm<sup>2</sup>)

CAUDAL DE VAPOR ( Kg / h )																
Ø ( pulg )	Presión de vapor ( Kg / cm <sup>2</sup> )															
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0,1
¼	64	60	56	51	47	43	40	35	30	26	21	17	13	8	4	1
¼	128	120	112	105	94	86	80	70	60	52	42	34	26	16	8	2
¾	192	180	168	153	141	129	120	105	90	78	63	51	39	24	12	3
½	256	240	224	204	188	172	160	140	120	104	84	68	52	32	16	4
¾	384	360	336	306	282	258	240	210	180	156	126	102	78	48	24	6
1	640	600	560	510	470	430	400	350	300	260	210	170	130	80	40	10
1¼	1152	1080	1008	918	846	774	720	630	540	468	378	306	234	144	72	18
1½	1536	1440	1344	1224	1128	1032	960	840	720	624	504	408	312	192	96	24
2	2560	2400	2240	2040	1880	1720	1600	1400	1200	1040	840	680	520	320	160	40
2½	3840	3600	3360	3060	2820	2580	2400	2100	1800	1560	1260	1020	780	480	240	60
3	6400	6000	5600	5100	4700	4300	4000	3500	3000	2600	2100	1700	1300	800	400	100
4	10240	9600	8960	8160	7520	6880	6400	5600	4800	4160	3430	2745	2055	1375	685	137
6	23150	21600	20100	18550	17000	15450	13900	12350	10800	9250	7700	6170	4630	3080	1545	305
8	41200	38350	35650	32900	30150	27400	24650	21900	19200	16450	13700	10950	8230	5485	2740	550
10	64000	60000	56000	51000	47000	43000	40000	35000	30000	25700	21400	17150	12850	8570	4285	860

(Fuente: Spirax-Sarco)

**ANEXO G**  
**TABLAS POR PISO CARGA LEVANTADA**  
**EJEMPLO:**  
**FUERZA PLANTA BAJA ZON B HBO**



**ANEXO H**  
**TABLA DE MEDICIONES DE ILUMINACION Y**  
**SIMULACION LUMINICA.**

## TABLAS DE MEDICIONES LUMINICAS DEL HBO

### Mediciones de iluminación SUBSUELO

Lugar	Luminosidad [lux]	Norma UNE 12464-1 [lux]	Observación
Pasillo entrada oficinas de mantenimie	299.83	200	
Pasillo de ascensores	264.83	200	
Sala de espera- Pasillo 1	230.56	200	
Sala de espera- Pasillo 2	268.91	200	
Pasillo A	271.50	200	
Pasillo B	245.11	200	
<b>Promedio</b>	<b>263.46</b>	<b>200</b>	

### Mediciones de iluminación PLANTA BAJA

Lugar	Luminosidad [lux]	Norma UNE 12464-1 [lux]	Observación
Hospitalización	249.67	300	No Cumple
Farmacia	275.00	500	No Cumple
Ascensores	301.00	300	
Sala de Espera Av.Colon	247.44	200	
Consulta Externa	280.00	300	No Cumple
Zona Administrativa	288.56	350	No Cumple

### Mediciones de iluminación PISO 2

Lugar	Luminosidad [lux]	Norma UNE 12464-1 [lux]	Observación
Pasillo 1	154.20	200	No Cumple
Pasillo 2	185.33	200	No Cumple
Pasillo 3	190.80	200	No Cumple
Pasillo 4	202.40	200	
Pasillo 5	200.60	200	

### Mediciones de iluminación PISO 3

Lugar	Luminosidad [lux]	Norma UNE 12464-1 [lux]	Observación
Pasillo 1	435.00	200	
Pasillo 2	347.00	200	
Pasillo 3	287.67	200	
Pasillo 4	309.33	200	

### Mediciones de iluminación PISO 4

Lugar	Luminosidad [lux]	Norma UNE 12464-1 [lux]	Observación
Sala de juegos	174.69	300	No Cumple
Sala de reuniones	260.33	500	No Cumple
Bodega	138.00	200	No Cumple
Cafeteria	150.00	200	No Cumple
Baño 1	125.00	200	No Cumple
Baño 2	125.00	200	No Cumple

**Mediciones de iluminación PISO 5**

<b>Lugar</b>	<b>Luminosidad [lux]</b>	<b>Norma UNE 12464-1 [lux]</b>	<b>Observación</b>
Secretaría, trabajo social	265.67	300	No Cumple
Bodega	305.00	200	
Oficina	302.00	500	No Cumple
Sala 1	134.33	200	No Cumple
Sala 2	133.33	200	No Cumple
Sala 3	159.33	200	No Cumple
Sala 4	145.00	200	No Cumple
Sala 5	423.80	200	
Sala 6	461.40	200	
Sala 7	295.33	200	
Sala 8	275.33	200	
Sala 9	299.33	200	
Sala 10	295.00	200	
Pasillo	230.41	200	
Baño 1	81.00	200	No Cumple
Baño 2	90.00	200	No Cumple
Baño 3	87.00	200	No Cumple
Baño 4	92.00	200	No Cumple
Baño 5	95.00	200	No Cumple
Baño 6	81.00	200	No Cumple
Baño 7	83.00	200	No Cumple
Baño 8	91.00	200	No Cumple
Baño 9	96.00	200	No Cumple
Baño 10	118.00	200	No Cumple
Pasillo 1	255.00	200	
Pasillo 2	214.00	200	
Clinica general	211.50	500	No Cumple
Jefe de enfermeras	130.00	300	
Bodega	209.00	200	
Secretaria	235.00	300	No Cumple
Estacion de enfermeras	276.83	300	No Cumple
Limpieza	22.00	200	No Cumple

**Mediciones de iluminación PISO 5 (Continuación)**

<b>Lugar</b>	<b>Luminosidad [lux]</b>	<b>Norma UNE 12464-1 [lux]</b>	<b>Observación</b>
Sala 1	391.00	200	
Sala 2	456.75	200	
Sala 3	467.00	200	
Sala 4	345.80	200	
Sala 5	467.60	200	
Sala 6	476.40	200	
Almacen de desechos	464.00	300	
Aislamiento	296.00	500	No Cumple
Sala 7	462.00	200	
Sala 8		200	
Tratamiento	265.67	200	No Cumple
Baño 1	94.00	200	No Cumple
Baño 2	99.00	200	No Cumple
Baño 3	81.00	200	No Cumple
Baño 4	91.00	200	No Cumple
Baño 5	118.00	200	No Cumple
Baño 6	68.00	200	No Cumple
Baño 7	44.00	200	No Cumple
Baño 8	69.00	200	No Cumple
Baño 9	135.00	200	No Cumple
Baño 10	210.00	200	

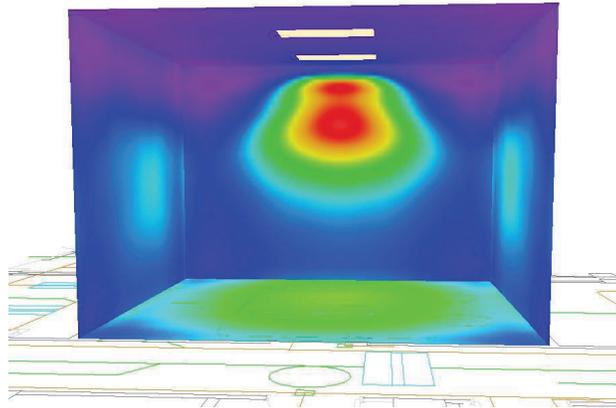
**Mediciones de iluminación PISO 6**

<b>Lugar</b>	<b>Luminosidad [lux]</b>	<b>Norma UNE 12464-1 [lux]</b>	<b>Observación</b>
Sala 1	617.33	200	
Sala 2	599.33	200	
Sala 3	372.33	200	No Cumple
Baño 1	189.00	200	No Cumple
Baño 2	198.00	200	No Cumple
Pasillo 1	507.00	200	
Pasillo 2	470.08	200	
Bodega	368.00	200	
Bodega Insumos	297.00	200	
Record Médico	426.33	500	No Cumple
Tratamiento 1	509.33	1000	No Cumple
Tratamiento 2	455.60	1000	No Cumple
Aislamiento Estricto	358.50	1000	No Cumple
Residencia	642.40	300	
Comedor Niños	387.67	200	
Sala 4	492.67	200	
Sala 5	493.00	200	
Sala 6	466.67	200	
Sala 7	462.33	200	
Sala 8	469.00	200	
Estación de enfermeras	245.00	500	No Cumple
Utileria Limpia	548.00	300	
Utileria Sucia	487.00	300	
Baño 3	485.00	200	
Baño 4	545.30	200	
Baño 5	467.90	200	
Ducha 1	484.00	200	
Ducha 2	513.40	200	
Ducha 3	460.00	200	
Ducha 4	467.00	200	
Pasillo Gradas	298.00	200	
Pasillo 1	545.60	200	
Pasillo 2	615.00	200	
Pasillo 3	698.00	200	

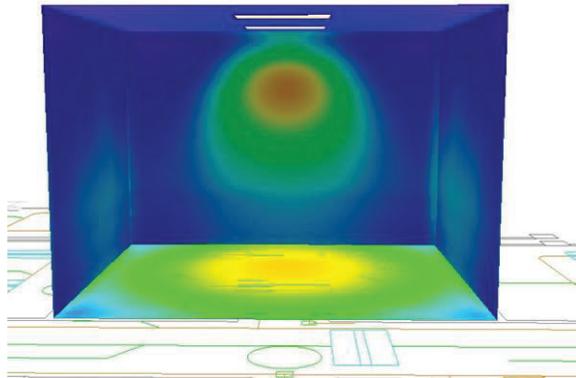
**CALCULO LUMINICO DE ILUMNACION PARA EL  
REEMPLAZO DE LUMINARIAS FLUORESCENTE DE  
TECNOLOGIA TL Y T8 POR LUMINARIAS LED**

**SALA 1 PISO QUINTO**

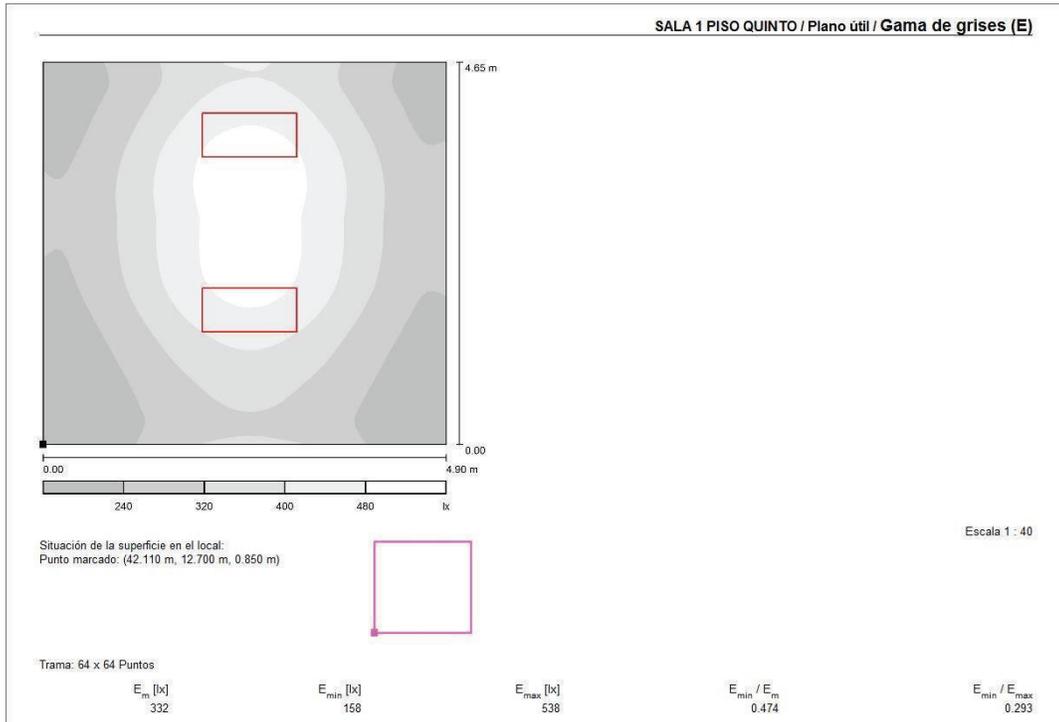
**SIMULACION CON LAMPARAS T8 DE 96 W**



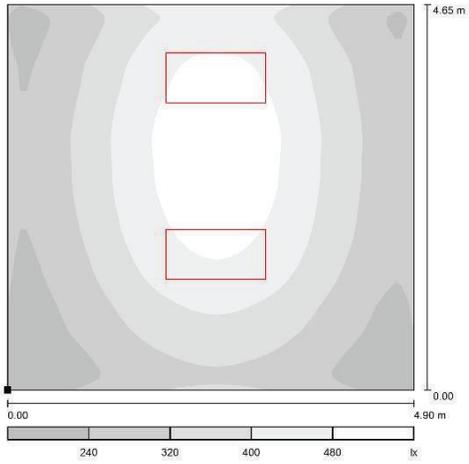
**SIMULACION CON LÁMPARAS LED DE 47**



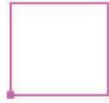
## SIMULACION CON LAMPARAS T8 DE 96 W



## SIMULACION CON LÁMPARAS LED DE 47



Situación de la superficie en el local:  
 Punto marcado: (42.110 m, 12.700 m, 0.850 m)



Escala 1: 40

Trama: 64 x 64 Puntos

$E_m$  [lx]  
355

$E_{min}$  [lx]  
174

$E_{max}$  [lx]  
542

$E_{min} / E_m$   
0.490

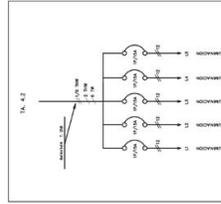
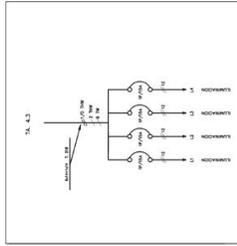
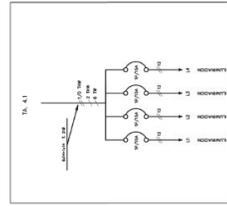
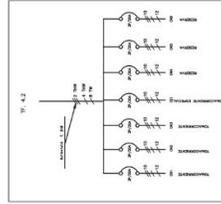
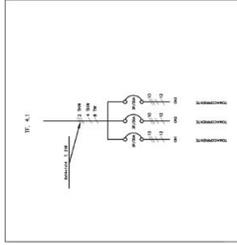
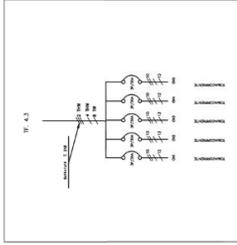
$E_{min} / E_{max}$   
0.321

**ANEXO I**  
**PLANOS ELÉCTRICOS DEL HBO**  
**EJEMPLO CUARTO PISO**  
**(Todos los demás en CD)**





SIMBOLOGIA	
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)
	Interruptor (abre y cierra el contacto de la línea)



MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA  
 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS  
 CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES EN ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO  
 SISTEMA ELÉCTRICO

PROYECTO: \_\_\_\_\_  
 FECHA: \_\_\_\_\_  
 AUTOR: \_\_\_\_\_  
 REVISOR: \_\_\_\_\_  
 APROBADO: \_\_\_\_\_