



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN EL HOTEL SPA  
TERMAL MONTE SELVA DEL CANTÓN BAÑOS  
PROVINCIA DE TUNGURAHUA BAJO LA NORMA ISO  
50001”**

**NACHIMBA SÁNCHEZ NELSON ISRAEL  
PEÑA PÉREZ HUGO JAVIER**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROPUESTAS TECNOLÓGICAS**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO MECÁNICO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2017**

---

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2016-09-30

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**NACHIMBA SÁNCHEZ NELSON ISRAEL**

Titulado:

**“DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN EL HOTEL SPA TERMAL MONTE  
SELVA DEL CANTÓN BAÑOS PROVINCIA DE TUNGURAHUA BAJO LA  
NORMA ISO 50001”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

---

Ing. Carlos Santillán Mariño  
**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Edwin Viteri Núñez  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

Ing. Nelson Chuquin Vasco  
**ASESOR DEL PROYECTO**

---

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2016-09-30

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**PEÑA PÉREZ HUGO JAVIER**

Titulado:

**“DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN EL HOTEL SPA TERMAL MONTE  
SELVA DEL CANTÓN BAÑOS PROVINCIA DE TUNGURAHUA BAJO LA  
NORMA ISO 50001”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

---

Ing. Carlos Santillán Mariño  
**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Edwin Viteri Núñez  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

---

Ing. Nelson Chuquin Vasco  
**ASESOR DEL PROYECTO**

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** NACHIMBA SÁNCHEZ NELSON ISRAEL

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN EL HOTEL SPA TERMAL MONTE SELVA DEL CANTÓN BAÑOS PROVINCIA DE TUNGURAHUA BAJO LA NORMA ISO 50001”

**Fecha de Examinación:**

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Geovanny Novillo Andrade <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez <b>DIRECTOR DEL PROYECTO</b>			
Ing. Nelson Santiago Chuquin Vasco <b>ASESOR DEL PROYECTO</b>			

\*Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Geovanny Novillo Andrade  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** PEÑA PÉREZ HUGO JAVIER

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN EL HOTEL SPA TERMAL MONTE SELVA DEL CANTÓN BAÑOS PROVINCIA DE TUNGURAHUA BAJO LA NORMA ISO 50001”

**Fecha de Examinación:**

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. Geovanny Novillo Andrade <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez <b>DIRECTOR DEL PROYECTO</b>			
Ing. Nelson Santiago Chuquin Vasco <b>ASESOR DEL PROYECTO</b>			

\*Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Geovanny Novillo Andrade  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos – científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Nachimba Sánchez Nelson Israel

---

Peña Pérez Hugo Javier

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme permitido llegar a estas instancias y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente para finalizar un camino que parecía imposible.

A mis padres Nelson e Hilda y mi Hermano Franklin por ser los pilares fundamentales en la construcción de mi vida profesional, quienes han sido el ejemplo de perseverancia y constancia quienes no han decaído hasta lograme llevar a este punto, mis infinitas gracias sin ustedes no hubiese sido posible esto.

A mis Hermanos, Sobrinos quienes me han brindado su amor y calidez y apoyo de una gran familia quienes me dibujan una sonrisa en los momentos difíciles, todo esto va por ustedes.

**Nelson Nachimba Sánchez**

La perseverancia y constancia son valores que determinan a la persona para no rendirse y pese a las circunstancias y tropiezos de la vida le permiten llenarse de coraje para materializar y plasmar sus objetivos; por ello y por muchas cosas más que éste presente trabajo lo dedico a mis padres Hugo y Lida Beatriz que gracias a su esfuerzo y sacrificio han hecho de mí, un excelente ser humano; permitiéndome culminar con éxito este proceso.

**Hugo Peña Pérez**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a Dios por darme la salud la cual fue fundamental para lograr escalar un peldaño más de mi cumbre al éxito no fue fácil pero tampoco fue imposible, a mis queridos padres Nelson e Hilda por darme la vida y haber confiado en mí incondicionalmente, no importo las adversidades que se presentaron en la vida siempre estuvieron respaldándome

A mis hermanos Sandra Mery Franklin y Cristian por estar siempre presentes acompañándome y alentándome en cada instante de mi vida para poderme realizar.

También gracias a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme las puertas y formarme como un profesional más, así como a todos mis maestros y compañeros con quienes compartimos la hermosa experiencia universitaria.

**Nelson Nachimba Sánchez**

Agradezco en primer lugar a DIOS y luego a mis padres que con su ejemplo, entrega y apoyo incondicional me supieron guiar por el camino correcto para alcanzar este objetivo. A mis hermanos Cristina y Daniel, mi tía Myriam que son y serán un pilar fundamental y me alentaron en cada una de las etapas para llegar a la meta.

También y de una manera especial a mis profesores, que me supieron transmitir sus conocimientos, haciéndolo de manera imparcial.

**Hugo Peña Pérez**



## CONTENIDO

Pág.

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Justificación.....	2
1.2.1	Justificación práctica.....	2
1.2.2	Justificación metodológica.....	3
1.3	Objetivos.....	3
1.3.1	Objetivo general.....	3
1.3.2	Objetivos específicos.....	3
<b>2.</b>	<b>ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE DEL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO</b>	
2.1	Marco teórico conceptual.....	4
2.1.1	Auditoría Energética.....	4
2.1.2	Eficiencia Energética.....	5
2.1.3	Índice de Eficiencia Energética.....	8
2.1.3.1	Cultura Energética.....	9
2.1.3.2	Mantenimiento.....	9
2.1.3.3	Control Energético.....	9
2.1.3.4	Innovación Tecnológica.....	9
2.1.4	Indicadores Energéticos que miden la Eficiencia Energética (EE).....	10
2.1.5	Sistema de Gestión Energética (SGEn).....	10
2.1.6	Diagnóstico Energético.....	12
2.1.6.1	Objetivos del Diagnóstico Energético.....	13
2.1.7	Administración de la energía.....	14
2.1.7.1	Dirección o Gestor Energético.....	14
2.1.7.2	Diagnóstico.....	14
2.1.7.3	Planeación.....	15
2.1.7.4	Organización.....	15
2.1.7.5	Integración.....	15
2.1.7.6	Control.....	15
2.1.8	Eficiencia Energética en el Sector Hotelero y Turístico.....	15
2.2	Marco normativo.....	16
2.2.1	Normativas Obligatorias según el MEER.....	19
2.2.2	Normas técnicas ecuatorianas voluntarias de Eficiencia Energética.....	20
2.2.3	Resoluciones del MEER junto con el COMEX. “.....	20
2.3	Situación actual del Diagnostico Energético en Ecuador.....	21
2.3.1	Sistema de Gestión Energética en el Ecuador.....	21
2.4	Situación actual de energía en el Ecuador.....	23
2.4.1	Situación actual del Medio Ambiente y Emisiones.....	27
2.5	Generadores de Vapor (Calderas).....	28
2.5.1	Definición.....	28
2.5.2	Clasificación.....	29
2.5.3	Eficiencia en los generadores de vapor.....	30
2.5.4	Norma ASME código PTC 4.0 2008.....	30
2.6	Marco Metodológico.....	31

2.6.1	Diagnóstico de primer grado, nivel uno o básico. ....	32
2.6.2	Diagnóstico de segundo grado, nivel dos o fundamental. ....	33
2.6.3	Diagnóstico de tercer grado, nivel tres. ....	33
2.6.4	Metodología. ....	34
2.7	Grado de inversión de una auditoría energética ....	36
<b>3.</b>	<b>ANÁLISIS ENERGÉTICO ACTUAL Y GLOBAL DEL HOTEL SPA TERMAL MONTE SELVA</b>	
3.1	Diagnóstico preliminar en base a la norma ISO 50001:2012 ....	37
3.1.1	Responsabilidad de la dirección. ....	37
3.1.2	Política energética. ....	39
3.1.3	Planificación energética. ....	40
3.1.4	Implementación y operación. ....	43
3.2	Aplicación del diagnóstico energético. ....	43
3.2.1	Situación actual del consumo energético. ....	43
3.2.1.1	Carta de Individuales ....	44
3.2.1.2	Cartas de Rangos Móviles ....	44
3.2.1.3	Consumo de energía eléctrica. ....	45
3.2.1.4	Consumo de combustibles ....	49
3.2.1.5	Consumo de agua potable. ....	60
3.3	Máquinas y equipos del Hotel Spa Termal “Monte Selva” ....	66
3.4	Generación de vapor ....	90
3.4.1	Cálculo de la Eficiencia de la caldera (generador de vapor). ....	90
3.4.2	Método directo. ....	90
3.4.4	Método Indirecto ....	93
3.4.4.1	Pérdida por gases secos (QpLDFg), porcentaje. ....	93
3.4.4.2	Cálculo por el método del balance de energía. ....	102
3.5	Distribución de vapor (Pérdidas de calor en las tuberías de distribución de vapor). ....	102
3.6	Transferencia de calor en tuberías (Pérdida de calor en tuberías). ....	103
3.6.1	Condiciones atmosféricas locales. ....	103
3.6.2	Condiciones térmicas en la tubería. ....	103
3.6.3	Propiedades termofísicas del aire a temperatura fílmica y presión local. ....	103
3.6.4	Propiedades termofísicas del líquido saturado a temperatura de saturación (a presión absoluta). ....	104
3.6.5	Pérdidas de calor en tuberías que conducen a la zona del sauna (Zona 1). ....	106
3.6.5.1	Convección. ....	107
3.6.5.2	Conducción. ....	109
3.6.5.3	Radiación. ....	109
3.6.6	Pérdida de calor en tuberías que conducen a la zona del turco (Zona 2). ....	110
3.6.6.1	Convección. ....	110
3.6.6.2	Conducción. ....	111
3.6.6.3	Radiación. ....	111
3.6.7	Pérdidas de calor en las tuberías que conducen a la zona del hidromasaje (Zona 3). ....	112
3.6.7.1	Convección. ....	112
3.6.7.2	Conducción. ....	113
3.6.7.3	Radiación. ....	113

3.6.8	Pérdidas de calor en tuberías que se conducen a la zona de la piscina para niños (Zona 4).....	113
3.6.8.1	Convección.....	114
3.6.8.2	Conducción.....	116
3.6.8.3	Radiación.....	116
3.6.9	Pérdidas de calor en tuberías que conducen a la zona de agua termal (Zona 5).....	116
3.6.9.1	Tramo 1.....	116
3.6.9.2	Tramo 2.....	118
3.7	Calor total.....	123
3.8	Pérdidas de calor en la caldera (generador de vapor) por radiación y convección en la superficie.....	124
3.8.1	Pérdida por radiación.....	124
3.9	Análisis de las pérdidas de calor.....	126
3.9.1	Pérdidas de calor en la caldera.....	126
3.9.2	Pérdidas de calor en las tuberías.....	126
3.10	Usos finales.....	126
3.11	Evaluación hidráulica.....	130
3.11.1	Evaluación de la bomba tipo Emaux (bomba de circulación serie SB30).....	131
3.11.1.1	Succión-Pérdidas.....	131
3.11.1.2	Descarga-Pérdidas.....	134
3.11.1.3	Determinación de la curva resistente del sistema instalado.....	137
3.11.2	Análisis en el hidromasaje I1.....	139
3.11.2.1	Succión-Pérdidas.....	139
3.11.2.2	Descarga-Pérdidas.....	141
3.11.2.3	Determinación de la curva resistente del sistema instalado.....	143
3.11.3	Análisis en el hidromasaje I2.....	145
3.11.3.1	Succión-Pérdidas.....	145
3.11.3.2	Descarga-Pérdidas.....	147
3.11.3.3	Determinación de la curva resistente del sistema instalado.....	149
3.11.4	Evaluación de la bomba tipo PEDROLLO 0,5HP.....	151
3.11.4.1	Succión-Pérdidas.....	151
3.11.4.2	Descarga-Pérdidas.....	153
3.11.4.3	Determinación de la curva resistente del sistema instalado.....	155
3.11.5	Evaluación de la bomba tipo PENTAIR DINAMO 2HP.....	157
3.11.5.1	Succión-Pérdidas.....	157
3.11.5.2	Descarga-Pérdidas.....	159
3.11.5.3	Determinación de la curva resistente del sistema instalado.....	161
3.12	Análisis del punto de funcionamiento de las bombas.....	162
3.13	Evaluación en iluminación.....	164
3.13.1	Cálculo del índice de la eficiencia energética.....	164
3.13.2	Cálculo del IEE en la zona de administración.....	165
3.13.3	Cálculo del IEE en la zona de lavandería.....	165
3.13.4	Cálculo del IEE en la zona de vestidores e hidromasajes.....	166
3.13.5	Cálculo del IEE en la zona del bar.....	166
3.13.6	Cálculo del IEE en la zona del comedor.....	166
3.13.7	Cálculo del IEE en la zona de eventos.....	166
3.13.8	Cálculo del IEE en la zona de cocina.....	166
3.13.9	Cálculo del IEE en la zona de cabañas.....	167

3.13.10	Cálculo del IEE en la zona del hotel.....	167
3.13.11	Cálculo del IEE en la zona del Spa.....	168

#### **4. EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA DE AHORRO Y MEDIDAS APLICABLES**

4.1	Consumo específico.....	169
4.2	Costo de generación de vapor.....	170
4.3	Costos ocasionados por las pérdidas de calor.....	171
4.3.1	Pérdidas económicas en las tuberías de distribución.....	171
4.3.2	Pérdidas económicas ocasionadas en la caldera.....	171
4.4	Medidas aplicables de ahorro.....	172
4.4.1	Área húmeda.....	172
4.4.1.1	Generación.....	172
4.4.1.2	Distribución.....	174
4.4.1.3	Usos finales.....	177
4.5	Análisis económico y financiero del sistema de generación y distribución de vapor.....	177
4.5.1	Costos de materiales y accesorios.....	177
4.5.1.1	Manta de lana mineral de roca.....	177
4.5.1.2	Tuberías.....	178
4.5.1.3	Trampas de vapor.....	178
4.5.1.4	Válvulas.....	179
4.5.2	Costos de la inversión.....	180
4.6	Análisis económico y financiero del sistema de bombeo.....	180
4.7	Análisis económico y financiero del sistema de iluminación.....	192
4.7.1	Zona de administración.....	192
4.7.2	Zona de lavandería.....	193
4.7.3	Zona de vestidores e hidromasajes.....	194
4.7.4	Zona de bar.....	195
4.7.5	Zona de comedor restaurante.....	196
4.7.6	Zona del salón de eventos.....	198
4.7.7	Zona de cocina.....	199
4.7.8	Zona de cabañas.....	200
4.7.9	Zona del hotel.....	202
4.7.10	Zona del spa.....	204
4.8	Inversion.....	206
4.9	Línea de base energética.....	208
4.10	Línea meta energética.....	210

#### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1	Conclusiones.....	215
5.2	Recomendaciones.....	216

#### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

	pág.
1. Capacitación hasta mayo del 2014.....	23
2. Resultados en 17 empresas, 2013 .....	23
3. Energía primaria en el Ecuador, Año base 2014.....	24
4. Energía secundaria en el Ecuador, Año base 2014.....	24
5. Consumo de energía en el Ecuador, Año base 2014.....	25
6. Potencial energético en el Ecuador, Año base 2014 .....	25
7. Características y aspectos generales de las calderas pirotubulares y acuotubulares, Informe Técnico.....	30
8. Análisis inicial del diagnóstico (Responsabilidad de la Dirección).....	38
9. Resultados del diagnóstico (Responsabilidad de la Dirección) .....	39
10. Análisis inicial del diagnóstico (Política energética) .....	40
11. Resultados del diagnóstico (Política Energética).....	40
12. Análisis inicial del diagnóstico (Planificación energética) .....	41
13. Resultados del diagnóstico (Planificación energética).....	42
14. Consumo eléctrico en el año 2013 .....	45
15. Consumo eléctrico en el año 2014 .....	46
16. Consumo eléctrico en el año 2015 .....	48
17. Consumo de diésel, año 2013 .....	50
18. Consumo de diésel, año 2014 .....	51
19. Consumo de diésel, año 2015 .....	53
20. Consumo de GLP, año 2013 .....	55
21. Consumo de GLP, año 2014 .....	56
22. Consumo de GLP, año 2015 .....	58
23. Consumo de agua [m <sup>3</sup> ], año 2013 .....	60
25. Consumo de agua potable [m <sup>3</sup> ], año 2014 .....	62
26. Consumo de agua potable [m <sup>3</sup> ], año 2015 .....	63
27. Consumo de energéticos, 2013-2015 .....	65
28. Costo del consumo de energéticos, 2013-2015.....	66
29. Lista de equipos del área de administración .....	67
30. Lista de equipos del área de lavandería .....	67
31. Lista de equipos del cuarto de máquinas 1 .....	68
32. Lista de equipos del área de cisternas .....	68
33. Lista de equipos del cuarto de máquinas 2 .....	68
34. Lista de equipos del cuarto de máquinas 3 .....	68
35. Lista de equipos Agua Termal .....	69
36. Lista de equipos zona de vestidores.....	69
37. Lista de equipos del alumbrado exterior y senderos .....	69
38. Lista de equipos del bar del Hotel.....	70
39. Lista de equipos del comedor restaurante .....	70
40. Lista de equipos del área de cocina.....	71
41. Lista de equipos del área del salón de eventos.....	71
42. Lista de equipos del área de cabañas .....	72
43. Lista de equipos del área del Hotel .....	72
44. Lista de equipos del alumbrado del pasillo del Hotel .....	72
45. Lista de equipos del SPA .....	72

46.	Lista de equipos del primer piso (planta alta).....	73
47.	Lista de equipos del segundo piso (planta alta) .....	74
48.	Comparación de la determinación de la eficiencia. ....	91
49.	Clasificación de gases combustibles .....	127
50.	Pérdidas por accesorios, Tubería PVC.....	133
51.	Pérdidas por accesorios, Tubería de Acero Comercial .....	133
52.	Pérdidas por accesorios, Tubería PVC LASCO.....	136
53.	Determinación del punto de funcionamiento de la bomba tipo EMAUX 3HP	137
54.	Pérdidas por accesorios, Tubería PVC LASCO.....	140
55.	Pérdidas por accesorios, Tubería PVC LASCO.....	140
56.	Pérdidas por accesorios, Tubería PVC LASCO.....	142
57.	Determinación del punto de funcionamiento de las bombas Hidro SWIM .....	144
58.	Pérdidas por accesorios, Tubería PVC LASCO.....	146
59.	Pérdidas por accesorios, Tubería PVC LASCO.....	146
60.	Pérdidas por accesorios, Tubería PVC LASCO.....	148
61.	Determinación del punto de funcionamiento de la bomba .....	150
62.	Pérdidas por accesorios, Tubería: Acero Comercial .....	152
63.	Pérdidas por accesorios, Tubería: Acero Comercial .....	154
64.	Determinación del punto de funcionamiento de la bomba tipo PEDROLLO 0.5HP.....	156
65.	Pérdidas por accesorios, Tubería PVC.....	158
66.	Pérdidas por accesorios, Tubería PVC.....	160
67.	Determinación del punto de funcionamiento de la bomba tipo PENTAIR 2HP.....	161
68.	Velocidad media en tuberías que origina diseños más económicos según Richter.....	163
69.	Resumen de velocidades de flujo utilizadas habitualmente.....	164
70.	Análisis del punto de funcionamiento de los sistemas.....	164
71.	Índice de eficiencia energética. ....	165
72.	Análisis del EEI en la estratificación del hotel .....	168
73.	Ahorro anual económico en la generación de vapor .....	173
74.	Propiedades del producto ROCKWOOL 159.....	175
75.	Porcentaje de ahorro en función de pérdidas de calor, SAUNA. ....	175
76.	Porcentaje de ahorro en función de pérdidas de calor, TURCO. ....	176
77.	Porcentaje de ahorro en función de pérdidas de calor, HIDROMASAJES. ....	176
78.	Porcentaje de ahorro en función de pérdidas de calor, PISCINA NIÑOS.....	176
79.	Porcentaje de ahorro en función de pérdidas de calor, AGUA TERMAL.....	176
80.	Precio manta de lana mineral de roca. ....	178
81.	Precio de tuberías. ....	178
82.	Precio de las trampas de vapor.....	179
83.	Precio de válvulas. ....	179
84.	Costos de accesorios .....	179
85.	Ahorros anual en la generación y distribución de vapor.....	180
86.	Costos de la inversión en la generación y distribución de vapor .....	180
87.	Consumo energético según catálogos. ....	181
88.	Datos comparativos bombas SB30 vs. EMAUX SB 20 .....	183
89.	Comparación bomba Hidro SWIM150 vs. KSB 40-125 .....	186
90.	Comparación bomba Pedrollo PK60-MD vs. KSB Etabloc 050-032-200.1.....	189
91.	Comparación bomba Pentair Dynamic vs. EMAUX SB10 .....	190
92.	Porcentaje global de ahorro sistema de bombeo.....	191

93.	Ahorro económico anual en los sistemas de bombeo .....	191
94.	Costos derivados por la propuesta de mejora en los sistemas de bombeo .....	192
95.	Valores de iluminación en lavanderías y limpieza en seco .....	193
96.	Porcentaje de ahorro, lavandería .....	194
97.	Valores recomendados de iluminación en áreas generales (vestuarios) .....	194
98.	Porcentajes de ahorro, vestidores e hidromasajes .....	195
99.	Valores de iluminación en áreas generales (bares) .....	196
100.	Porcentajes de ahorro, bar .....	196
101.	Valores de iluminación en áreas generales (comedores) .....	197
102.	Porcentajes de ahorro, comedor restaurant .....	197
103.	Porcentajes de ahorro, salón de eventos.....	198
104.	Parámetros de iluminación recomendados.....	199
105.	Porcentajes de ahorro, cocina.....	200
106.	Porcentajes de ahorro, cabañas caso 1 .....	201
107.	Porcentajes de ahorro, cabañas caso 2 .....	202
108.	Porcentajes de ahorro, hotel espacio 1 .....	203
109.	Porcentajes de ahorro, hotel espacio 2 .....	203
110.	Porcentajes de ahorro, Spa .....	204
111.	Porcentaje global de ahorro sistema de iluminación.....	205
112.	Ahorro económico anual en el sistema de iluminación .....	205
113.	Costos de la inversión en la organización .....	207
114.	Ahorro económico anual por áreas. ....	208
115.	Consumo energético vs. número de usuarios, 2015 .....	208
116.	IDEn del hotel .....	211
117.	Cálculo del índice de consumo energético.....	212
118.	Inversión vs. Tiempo de recuperación (n) .....	213
119.	Recuperación de la inversión .....	214

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
1. Estructura Operacional del MEER .....	8
2. Índice de Eficiencia Energética .....	9
3. Estándares SGEN.....	12
4. Etiquetado de Eficiencia Energética .....	21
5. Evolución de la oferta de energía primaria por fuentes en Ecuador, Balance Energético Nacional 2015.....	26
6. Producción de energía primaria, Balance Energético Nacional 2015 .....	26
7. Estructura del consumo por sectores de energía, Balance Energético Nacional 2015.....	27
8. Emisiones de GEI por fuente, Balance Energético Nacional 2015 .....	28
9. Emisiones de GEI por actividad, Balance Energético Nacional 2015.....	28
10. Modelo de sistema de gestión de la energía ISO 50001 .....	36
11. Etapa 4.2 Responsabilidad de la dirección .....	39
12. Etapa 4.3 Política energética.....	40
13. Etapa 4.4 Planificación energética.....	42
14. Diagrama del consumo eléctrico total [kWh], año 2013 .....	45
15. Diagrama de control año 2013.....	46
16. Diagrama del consumo eléctrico [kWh], año 2014 .....	47
17. Diagrama de Control, año 2014.....	47
18. Diagrama del consumo eléctrico [kWh], año 2015 .....	48
19. Diagrama de control de electricidad, año 2015 .....	49
20. Consumo de Diésel [gal], año 2013.....	50
21. Diagrama de control de diésel, año 2013.....	51
22. Consumo de diésel [gal], año 2014.....	52
23. Diagrama de control de diésel, año 2014.....	52
24. Consumo de diésel [gal], año 2015.....	53
25. Diagrama de control de diésel, año 2015.....	54
26. Consumo de GLP [kg], año 2013 .....	55
27. Diagrama de control de GLP, año 2013 .....	56
28. Consumo de GLP [kg], año 2014 .....	57
29. Diagrama de control de GLP, año 2014 .....	57
30. Consumo de GLP [kg], año 2015 .....	58
31. Diagrama de control de GLP, año 2015 .....	59
32. Diagrama de consumo total de agua potable [m <sup>3</sup> ], año 2013.....	61
33. Diagrama de control de agua potable, año 2013.....	61
34. Diagrama de consumo total de agua potable [m <sup>3</sup> ], año 2014.....	62
35. Diagrama de control de agua potable, año 2014.....	63
36. Diagrama de consumo total de agua potable [m <sup>3</sup> ], año 2015.....	64
37. Diagrama de control de agua potable, año 2015.....	64
38. Consumo de energéticos, 2013-2015.....	65
39. Costo del consumo de energéticos, 2013-2015 .....	66
40. Diagrama de Pareto de los consumos mensuales, sectorización.....	75
41. Diagrama de Pareto de los consumos mensuales, iluminación .....	76
42. Diagrama de Pareto del consumo eléctrico de equipos industriales y de bombeo.....	77



43.	Diagrama de Pareto del consumo eléctrico de electrodomésticos.....	78
44.	Diagrama de Pareto de los consumos mensuales de cocción y refrigeración.....	79
45.	Diagrama de Pareto de los consumos mensuales de equipos de oficina.....	80
46.	Diagrama de Pareto de los consumos mensuales en el área de administración.....	81
47.	Diagrama de Pareto de los consumos mensuales en el área de lavandería.....	81
48.	Diagrama de Pareto del consumo mensual, área de cuarto de máquinas 1. ....	82
49.	Diagrama de Pareto del consumo mensual, área de bombeo de cisternas.....	82
50.	Diagrama de Pareto de consumo mensual, área de cuarto de máquinas 2.....	83
51.	Diagrama de Pareto del consumo mensual, área de cuarto de máquinas 3. ....	83
52.	Diagrama de Pareto del consumo mensual, área de hidromasaje y agua termal. ...	84
53.	Diagrama de Pareto del consumo mensual, área de vestidores. ....	84
54.	Diagrama de Pareto del consumo mensual, alumbrado Hotel, área húmeda y senderos. ....	85
55.	Diagrama de Pareto del consumo mensual, área del bar. ....	85
56.	Diagrama de Pareto del consumo mensual, área del comedor. ....	86
57.	Diagrama de Pareto del consumo mensual, área del salón de eventos. ....	86
58.	Diagrama de Pareto del consumo mensual, área de la cocina. ....	87
59.	Diagrama de Pareto del consumo mensual, área de cabañas.....	88
60.	Diagrama de Pareto del consumo mensual, área del hotel planta baja. ....	88
61.	Diagrama del consumo mensual, área del hotel primer piso. ....	89
62.	Diagrama de Pareto del consumo mensual, área del hotel segundo piso alto. ....	89
63.	Diagrama de Pareto del consumo mensual, área del SPA. ....	90
64.	Análisis termográfico, sauna.....	128
65.	Análisis termográfico, turco .....	128
66.	Análisis termográfico, agua termal .....	129
67.	Análisis termográfico, red de tuberías .....	129
68.	Análisis termográfico, caldero .....	129
69.	Análisis termográfico, calefones.....	130
70.	Diagrama de la piscina grande.....	131
71.	Pérdida de fricción en accesorios de PVC LASCO .....	135
72.	Curvas de rendimiento de las bombas EMAUX.....	138
73.	Diagrama del hidromasaje I1 .....	139
74.	Curvas de rendimiento de las bombas Hidro SWIM .....	144
75.	Diagrama del hidromasaje I2 .....	145
76.	Curvas de rendimiento de las bombas Hidro SWIM .....	150
77.	Diagrama del sistema de alimentación a la caldera .....	151
78.	Curvas de rendimiento de las bombas Pedrollo TIPO PK.....	156
79.	Diagrama del hidromasaje exterior.....	157
80.	Curvas de rendimiento de las bombas Pentair Dynamo .....	162
81.	Porcentajes de costos en la generación de vapor. ....	170
82.	Curvas de rendimeintos de las bombas EMAUX SB .....	182
83.	Curvas de rendimeinto de las bombas Hidro SWIM .....	183
84.	Curvas de rendimiento de las bombas Etanorm.....	185
85.	Curvas de rendimiento de las bombas Pedrollo TIPO PK.....	187
86.	Curvas de rendimiento de las bombas KSB modelo Etabloc .....	188
87.	Curvas de rendimiento de la bomba Pentair Dynamo .....	189
88.	Curvas de rendimiento de las bombas EMAUX SB.....	190
89.	Línea base de consumo energético, enero-diciembre 2015 .....	209
90.	Línea base vs. línea meta (consumoenergético), enero diciembre 2015.....	210
91.	Índice de consumo vs. usuarios .....	212

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>ARCONEL</b>	Agencia de regulación y control de electricidad
<b>COMEX</b>	Comité de comercio exterior
<b>CONELEC</b>	Consejo nacional de electricidad
<b>EE</b>	Eficiencia energética
<b>FMAM</b>	Fondo para el medio ambiente mundial
<b>GEI</b>	Gases de efecto invernadero
<b>HSTMS</b>	Hotel Spa Termal Monte Selva
<b>IDEn</b>	Indicadores de desempeño energético
<b>EEl</b>	Índice de eficiencia energética
<b>INEN</b>	Instituto ecuatoriano de normalización
<b>INER</b>	Instituto nacional de eficiencia energética y energías renovables
<b>LRSE</b>	Ley de régimen del sector energético
<b>KBEP</b>	Miles de barriles equivalentes de petróleo
<b>MICSE</b>	Ministerio coordinador de sectores estratégicos
<b>MEER</b>	Ministerio de electricidad y energía renovable
<b>MAE</b>	Ministerio del ambiente
<b>ONUDI</b>	Organización de las naciones unidas para el desarrollo industrial
<b>ISO</b>	Organización internacional de normalización
<b>OLADE</b>	Organización latinoamericana de energía
<b>OCDE</b>	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
<b>PYMES</b>	Pequeñas y medianas empresas
<b>PNBV</b>	Plan nacional del buen vivir
<b>SENPLADES</b>	Secretaría nacional de planificación y desarrollo
<b>SGE<sub>n</sub></b>	Sistema de gestión energético
<b>USE</b>	Uso significativo de energía
<b>UCE</b>	Uso y consumo de energía
<b>COPCI</b>	Código orgánico de la producción, comercio e inversiones
<b>OECC</b>	Oficina Española de Cambio Climático
<b>MAAMA</b>	Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
<b>APH</b>	Alumbrado de los pasillos del hotel
<b>MM</b>	Millones de barriles
<b>KBBL</b>	Miles de barriles
<b>HSTMS</b>	Hotel Spa Termal Monte Selva

## LISTA DE ANEXOS

pág.

- A. Distribución de áreas en el hotel ..... ;**Error! Marcador no definido.**
- B. Áreas del hotel..... ;**Error! Marcador no definido.**
- C. Reporte del análisis de los gases de combustión ... ;**Error! Marcador no definido.**
- D. Reporte del equipo bacharach INC PCA 3 SN: 15080501. ;**Error! Marcador no definido.**
- E. Toma de la muestra de opacidad en la chimenea del caldero. ;**Error! Marcador no definido.**
- F. Toma de datos de temperatura en el aislamiento termico de la caldera. ;**Error! Marcador no definido.**
- G. Temperatura del agua de alimentación..... ;**Error! Marcador no definido.**
- H. Temperatura del vapor en la salida..... ;**Error! Marcador no definido.**
- I. Temperatura en las líneas de distribución de vapor. ;**Error! Marcador no definido.**
- J. Datos históricos del consumo de agua, GAD municipal del cantón Baños de Agua Santa. .... ;**Error! Marcador no definido.**
- K. Consumos históricos de electricidad EEASA, periodo 2013-2015 ;**Error! Marcador no definido.**
- L. Cotización de equipos de bombeo para hidromasajes. ;**Error! Marcador no definido.**
- M. Longitud equivalente en diámetros de tubería ..... ;**Error! Marcador no definido.**
- N. Factor de fricción en la zona de turbulencia para tubería de acero ;**Error! Marcador no definido.**
- O. Valores comunes de  $K_s$  ..... ;**Error! Marcador no definido.**
- P. Poder Calorífico del combustible diésel..... ;**Error! Marcador no definido.**
- Q. Tabla de conductividad térmica en las superficies ;**Error! Marcador no definido.**
- R. Tabla de emisividades en las superficies ..... ;**Error! Marcador no definido.**
- S. Relación de longitud equivalente en función del diámetro interior de la tubería..... ;**Error! Marcador no definido.**
- T. Valores de constantes y factores de conversión .... ;**Error! Marcador no definido.**
- U. Densidad del agua líquida ..... ;**Error! Marcador no definido.**
- V. Índice de estaciones meteorológicas, metros ..... ;**Error! Marcador no definido.**
- W. Potencia equivalente de kW en kg/h de vapor ..... ;**Error! Marcador no definido.**
- X. Tabla de diámetros exterior e interior a diferentes diámetros nominales ;**Error! Marcador no definido.**
- Y. Tabla de constantes C, n y Ra (Número de Rayleigh) ;**Error! Marcador no definido.**
- Z. Programación en EES..... ;**Error! Marcador no definido.**

## RESUMEN

El consumo excesivo de recursos energéticos y la problemática medio ambiental motivaron realizar un diagnóstico energético en los sistemas de área húmeda y de iluminación en el Hotel Spa Termal Monte Selva aplicando la norma NTE INEN ISO 50001:2012 (Sistema de Gestión de la Energía). El desarrollo del proyecto tiene como alcance identificar y proponer las alternativas técnicas, económicas más viables para el mejoramiento operacional y aprovechamiento de recursos energéticos; esto implicó la recopilación de datos históricos del consumo energético de los equipos del Hotel en un periodo de tres años previos al diagnóstico. Posteriormente se realizó el análisis global del consumo energético y se clasificó a la organización por áreas; con los diagramas de Pareto se identificaron los equipos críticos por orden de importancia a los problemas presentes en los procesos. Así también se utilizó la norma ASME PTC 4.0:2008 (Código de Pruebas para el Rendimientos de Generadores de Vapor); como el procedimiento para determinar la eficiencia de la caldera en base a los dos métodos planteados; método directo (Input output method) y el método indirecto (Energy balance method). Para el método indirecto y para determinar las pérdidas de calor en la distribución de vapor a los usos finales, se aplicó el software ENGINEERING EQUATION SOLVER (EES), éste facilitó las propiedades termodinámicas del agua y del aire. Posteriormente se determinó los rendimientos de las bombas; conociendo las características de las tuberías y accesorios de los sistemas en operación. Por último se determinó el índice de eficiencia energética (EEI) del sistema de luminarias obteniendo resultados que cumplen con la norma NTE INEN 1152:84 (Iluminación natural en edificios). En conclusión se evidenció que los equipos no están trabajando en óptimas condiciones, el mayor problema se da por no cumplir estándares mínimos de calidad (construcción de equipos bajo normas) y asesoría técnica calificada. La participación activa del personal calificado y la posible incorporación de las mejoras adoptadas, que tiene una recuperación de hasta un mínimo de 30% en el presente estudio, garantizarán la mejora en el desempeño energético.

**PALABRAS CLAVE:** <DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO>, <EFICIENCIA ENERGÉTICA>, <TUNGURAHUA (PROVINCIA)>, <BAÑOS (CANTÓN)>, <SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA (NTE INEN ISO 50001:2012)>, <PERFORMANCE TEST CODE (ASME PTC4.0:2008)>, <CULTURA ENERGÉTICA>

## ABSTRACT

The excessive consumption of energetic resources and the environmental problem motivated carrying out an energetic diagnosis on the humid area and illumination systems in the Hotel Spa Termal Monte Selva applying the NTE INEN ISO 50001:2012 norm (Energy Management System). The project development deals with identifying and proposing the more viable and economic technical and economic alternatives for the operational improvement and use of energetic resources; this implied the historical data collection of energetic consumption of the hotel equipment in a three-year period previous to the diagnosis. Later, the global analysis of the energetic consumption was carried out and the organization was classified by areas; with the Pareto diagrams the critical equipment as well as the problems present in the processes by importance order were identified. Also the ASME PTC 4.0:2008 norm (Testing Code for the Performance of Steam Generators) was used as the procedure to determine the boiler efficiency on the basis of the two stated methods: direct method (input-output method) and the indirect method (energy balance method). For the indirect method and to determine the heat losses in the steam distribution to the final uses, the software ENGINEERING EQUATION SOLVER (EES) was applied; this facilitated the water and air thermodynamic properties. Later, the pump yield was determined, knowing the piping and the accessory features of the systems in operation. Finally, the energetic efficiency index (EEI) of the luminary systems was determined obtaining results which accomplish the NTE INEN 1152:84 norm (Natural illumination in Buildings). As a conclusion, it was evident that the equipment is not working in optimum conditions, the mayor problem is given for not accomplishing minimum quality standards (equipment construction under norms) and qualified technical advice. The active participation of the qualified personnel and the possible incorporation of the adopted improvements which have a recuperation of up to a minimum of 30% in the present study will guarantee the improvement in the energy performance.

KEY WORDS: <ENERGETIC DIAGNOSIS>, <ENERGETIC EFFICIENCY>, <ENERGETIC ELEMENTS>, <TUNGURAHUA (PROVINCE)>, <BAÑOS (CANTON)>, <ENERGY MANAGEMENT SYSTEM(NTE INEN 50001:2012)>, <PERFORMANCE TEST CODE (ASME PTC 4.0:2008)>, <ENERGETIC CULTURE>

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 *Antecedentes*

El consumo y gasto excesivo de recursos energéticos dentro de las organizaciones y/o empresas a nivel industrial, así como el desconocimiento de normas de estándar internacional en materia de política energética; las cuales manejan una línea base que se deberán implementar para un consumo racional en el tiempo, y la falta de aplicación de éstas han hecho que muchas empresas acumulen bajas eficiencias energéticas.

Dentro del sector industrial; el sector hotelero, consumidor de gran potencial energético, no está exento de este tema tan controversial y al igual que otras organizaciones son susceptibles de ahorro energético y con ello la posibilidad de generar un importante sistema de reutilización de la energía consumida, aumentando la eficiencia energética (cogeneración), en base a los lineamientos nacionales, así como estándares internacionales gracias a la utilización y seguimiento de los reglamentos internos y políticas energéticas de la norma ISO 50001:2011 respectivamente (Sistema de Gestión de la Energía).

El diagnóstico energético permite conocer a detalle el funcionamiento de los sistemas y equipos consumidores de energía y su respectiva distribución y utilización. Como metodología se establece: la recopilación de datos, análisis, clasificación, propuesta de alternativas y recursos eficientes (Energías renovables, si es procedente), valoración técnica-económica y toma de decisiones; ofreciendo iguales resultados de consumo con la reducción notable del uso de recursos obteniendo mayor eficiencia.

La norma ISO 50001 establece los requisitos necesarios para una política energética dentro de las organizaciones sin importar el tamaño y tipo de las mismas e independientemente de sus condiciones geográficas, sociales y culturales. El enfoque es mejorar el desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y consumo de energía. (NTE INEN-ISO 50001:2012, 2012)

El código PTC 4.0 de la norma ASME establece el método de cálculo para obtener la eficiencia de los generadores de vapor, mismo que es tomado como referencia por la estandarización e incidencia a escala mundial.

El Hotel Spa Termal Monte Selva se encuentra ubicado en el cantón Baños de Agua Santa provincia de Tungurahua, sus inicios para uso público fueron en el año de 1991 como Hostería Monte Selva. En el año de 2006 se efectúa la construcción de las oficinas administrativas, se renuevan los sistemas de calentamiento y se remodelan las áreas centrales de piscina, sala de recepciones, así como lavanderías y bodegas, además de realizar un sistema de control computarizado. (BARRERA Ubilluz, 2016)

Para el año 2015 el Hotel recibe el más alto reconocimiento a la excelencia con la calificación “Q” de calidad, otorgada por el Ministerio de Turismo del Ecuador. Este reconocimiento a su vez tiene como objetivo garantizar una calidad indiscutible en sus distintos departamentos, los mismos que cumplen una determinada función, para un completo bienestar y relajación. Así mismo Hotel Spa Termal Monte Selva se convierte en uno de los dos establecimientos en el país, que en ese periodo obtuvieron la más alta calificación es decir del 100%.

## **1.2 Justificación**

**1.2.1 Justificación práctica.** El aumento de egreso económico por concepto de consumo de recursos energéticos en los últimos años, incide en la necesidad de realizar un diagnóstico energético que a la vez se promueva establecer dentro de la organización. La falta de criterio técnico para la adecuada selección e instalación de los equipos, así como para el manejo y mantenimiento de los mismos repercuten en lo mencionado anteriormente, con esto se prevee mantener el control y mejoramiento continuo de los sistemas y equipos que están generando pérdidas energéticas que se derivan en pérdidas económicas, conociendo la cantidad de flujo energético que se está utilizando para producir o brindar servicios de calidad, así se puede garantizar el uso y consumo eficiente de la energía, así mismo cuales pueden ser las alternativas capaces de garantizar el ahorro económico sin dejar de lado el confort y correcto funcionamiento de su infraestructura hotelera, además de satisfacer el cumplimiento de las normas establecidas. La implementación de un plan de mejoras quedará sujeta a criterio de la administración del Hotel Spa Termal Monte Selva.

Dentro del plan nacional del buen vivir en su objetivo 7 hace mención a “garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, territorial y global”. (SENPLADES, 2013). Dentro del Plan Nacional del Aire, alcanzar una adecuada gestión ambiental es su principal objetivo, así se garantizará la calidad del aire para el equilibrio de los seres vivos con el medio ambiente. (SENPLADES, 2013)

**1.2.2 Justificación metodológica.** El resultado del proceso de investigación prevee en lo posterior una metodología para el diagnóstico energético, alternativas para disminuir el consumo energético como también obtener un eficiente desempeño de los equipos e instalaciones bajo parámetros establecidos en la norma ISO 50001, garantizando el correcto funcionamiento de su infraestructura hotelera, realizando un aporte significativo para posteriores trabajos en el campo energético y su posterior implementación. Así mismo servirá de guía y contribuirá con la información necesaria para su posterior desarrollo.

### **1.3 Objetivos**

**1.3.1 Objetivo general.** Realizar el diagnóstico energético en el Hotel Spa Termal Monte Selva del cantón Baños provincia de Tungurahua bajo la norma ISO 50001 para el consumo eficiente de energía.

#### **1.3.2 Objetivos específicos.**

Analizar el estado del arte correspondiente a los desarrollos tecnológicos en el área de diagnóstico energético.

Conocer la situación energética actual del Hotel Spa Termal Monte Selva del Cantón Baños Provincia de Tungurahua y obtener un balance energético global.

Aplicar el diagnóstico energético con la utilización de la norma ISO 50001.

Evaluar técnica y económicamente el porcentaje de ahorro alcanzable y las medidas aplicables para lograrlo.

Proponer y promover soluciones de mejora e importancia del uso eficiente de la energía.



## CAPÍTULO II

### 2. ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE DEL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

#### 2.1 *Marco teórico conceptual*

**2.1.1 Auditoría energética.** La auditoría energética es la parte medular dentro de un sistema de administración energético de cualquier organización. Sin importar su tamaño y enfoque, una auditoría tiene como aspectos importantes optimizar los recursos en base a dos partes esenciales: análisis de usos de la energía con sus costes de derivación y un plan de mejoras con la valoración de las mismas.

Ésta conlleva a realizar en forma detallada un inventario de cada una de las áreas donde se detecte el bajo rendimiento operacional de los sistemas, equipos y demás componentes dentro de las instalaciones. Esto se realiza con equipos de medición de diferentes parámetros, además de la utilización del analizador de gases, que cumplen con la respectiva certificación y requerimientos del usuario, además de la utilización de software para el análisis de los parámetros termodinámicos.

Hay que tratarle como un tema específico muy aparte de cualquier otra auditoría, esto por el rubro económico importante que representa en una organización como también las pérdidas que pueden generar al país. Estos costes significan mejorar los beneficios: precios competitivos por una mejor producción, una mejor calidad de servicios por la mayor disponibilidad de recursos, etc.

Una auditoría energética permite determinar las pérdidas en el consumo de energía, sistemas y equipos deficientes, instalaciones inadecuadas, recursos mal utilizados y conocer las áreas donde se pueden realizar e implementar las mejoras obteniendo beneficios energéticos y económicos.

El desarrollo sostenible “habla de tres pilares, éste trata de alcanzar de manera equilibrada, el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente”, (ONU), esto ha generado varias expectativas que engloban diferentes definiciones en su contexto, pero con la misma ideología. Es así que el enfoque de

Auditoría Energética no solo se trata de una política energética, sino también de un proceso que presenta su definición, alcance y procedimientos para alcanzar resultados. Este tema abarca una infinidad de productos y servicios, esto como una actividad técnica de consecuencias económicas y sociales, en la cual se pueden introducir nuevos profesionales, con la obligación de aplicar metodologías que fortalezcan al desarrollo sostenible.

Este tema ha tenido tal impacto y desarrollo a nivel global, que en la actualidad el eje medular o central de cualquier organización se basa en la auditoría, misma que se analiza como un paradigma que tiene como base la reutilización, mejora y rescate de recursos. “El ahorro y la eficiencia energética son un instrumento del crecimiento económico y del bienestar social, además de ser un componente vital de todas las estrategias nacionales y supranacionales actuales”. (SAAVEDRA, y otros, Barcelona 2010)

**2.1.2 Eficiencia energética.** La palabra eficiencia proviene del latín “efficientia” que en español quiere decir acción, fuerza, producción. Hay varios contextos de diferentes autores que tienen su similitud ya que como definición física describe la relación de un proceso entre la energía útil y la energía empleada. Así mismo estas definiciones hacen énfasis en el consumo energético que tiene un dispositivo y/o equipos tanto de uso residencial como de uso industrial.

La Eficiencia Energética está definida como “el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los conjuntos de servicios finales obtenidos”. (GUEVARA, 2010)

“El objetivo de una política de eficiencia energética, es fomentar el comportamiento, métodos de trabajo y técnicas de producción que consuman menos energía”. (Guía de Gestión Energética en el Sector Hotelero, Madrid 2007)

Según MEER, la Eficiencia Energética “es el conjunto de acciones, en ejecución y planificadas, tendientes a optimizar los recursos energéticos renovables y consumir la menor cantidad posible de energía para realizar un proceso determinado, sin disminuir las prestaciones o la calidad final del producto, y con el menor impacto sobre el medio ambiente”. (GARCÍA Silva, 2015)

En la actualidad, la era globalizada o mundo globalizado, hace que este concepto tome un significado más extenso y no solo se refiera al consumo energético y la optimización del mismo en cada uno de los procesos o aparatos que se relacionan directamente con el individuo, sino lo que ésta acarrea para el medio y la vida.

“La eficiencia energética es un instrumento fundamental para dar respuesta a los cuatro grandes retos del sector energético mundial; el cambio climático, la calidad y seguridad del suministro, la evolución de los mercados y la disponibilidad de fuentes de energía”. (Guía de Gestión Energética en el Sector Hotelero, Madrid 2007)

“Cada vez son más los países que están generando medidas para optimizar la demanda energética. A pesar de las permanentes acciones realizadas por autoridades y privados, como acuerdos voluntarios y campañas de educación para promover el buen uso de la energía, la imposición de regulaciones son cada vez más utilizadas. Los objetivos del Protocolo de Kyoto; adoptado el 11 de diciembre de 1997 en Kioto, pero que no entró en vigor hasta el 16 de febrero de 2005. Para los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), además, han aumentado la importancia dada a las políticas de Eficiencia Energética. Por ello, aproximadamente el 70% de los países del mundo han creado programas de Eficiencia Energética”. (ANESCO, Chile)

Un estudio realizado por El American Council for an Energy Efficient Economy (ACEEE), midió la eficiencia del consumo energético de 16 países que representan el 81% del Producto Interno Bruto global (PIB). “El resultado de la investigación resalta a la Unión Europea, compuesta por 28 países, que se comprometió en reducir el consumo energético en un 20% para el año 2020, con metas a implementar para cada una de las naciones miembros”.

Los objetivos de la Eficiencia Energética no se pueden cuantificar pero se destacan los siguientes en la Ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica en Ecuador. (REGISTRO OFICIAL ÓRGANO DEL GOBIERNO DEL ECUADOR, 2015)

El objetivo general plantea garantizar la calidad del producto o servicio con el menor consumo energético. Así se tiene, lo siguiente:

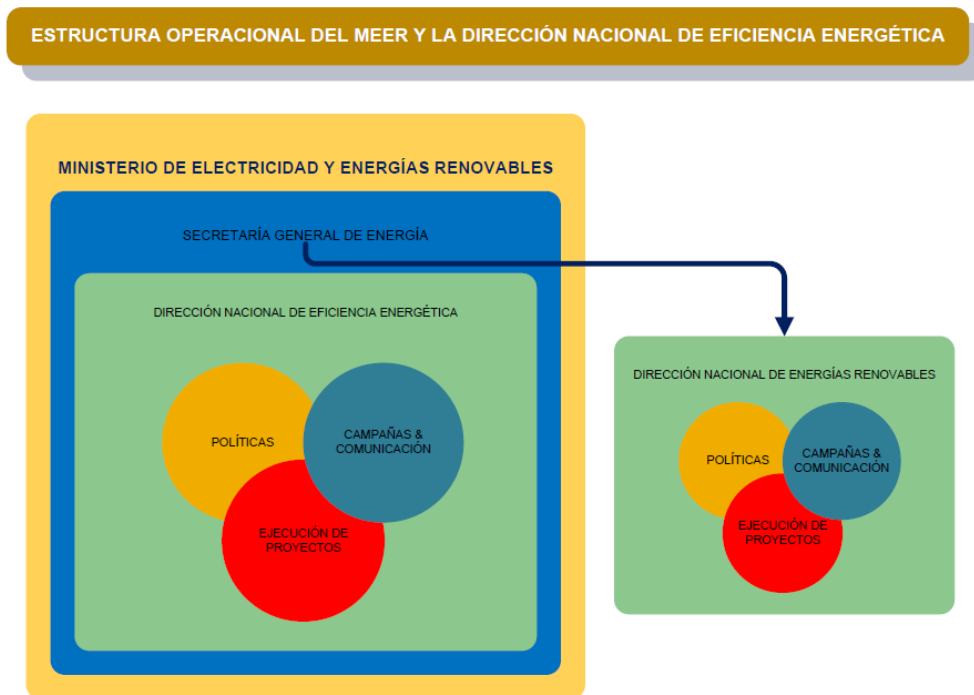
- “Fomentar la eficiencia en la economía y en la sociedad en general, y en particular en el sistema eléctrico.
- Promover valores y conductas orientados al empleo racional de los recursos energéticos, priorizando el uso de energías renovables.
- Propiciar la utilización racional de la energía eléctrica por parte de los consumidores o usuarios finales.
- Incentivar la reducción de costos de producción a través del uso eficiente de la energía, para promover la competitividad.
- Disminuir el consumo de combustibles fósiles.
- Orientar y defender los derechos del consumidor o usuario final.
- Disminuir los impactos ambientales con el manejo sustentable del sistema energético”. (GARCÍA Silva, 2015)

A través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), se plantean incentivos y/o castigos así como promocionar el uso y consumo eficiente de energía, según el reglamento general de la Ley Orgánica de Servicio Público de Energía y los reglamentos establecidos en la misma.

“Ministerios e instituciones relacionadas con eficiencia en el Ecuador

- Ministerio coordinador de sectores estratégicos.
  - Registro oficial órgano del gobierno del Ecuador.
  - Ministerio de electricidad y energía renovable; MEER.
  - Agencia de regulación y control de electricidad; ARCONEL.
  - Consejo nacional de electricidad; CONELEC.
  - Ministerio del ambiente; MAE.
  - Instituto nacional de eficiencia energética y energías renovables; INER.
  - Plan nacional del buen vivir; PNBV.
  - Secretaria nacional de planificación y desarrollo; SENPLADES.
  - Organización latinoamericana de energía; OLADE.
  - Organización de la naciones unidas para el desarrollo industrial; ONUDI”.
- (GARCÍA Silva, 2015)

Figura 1. Estructura Operacional del MEER



Fuente: (MEER, 2016)

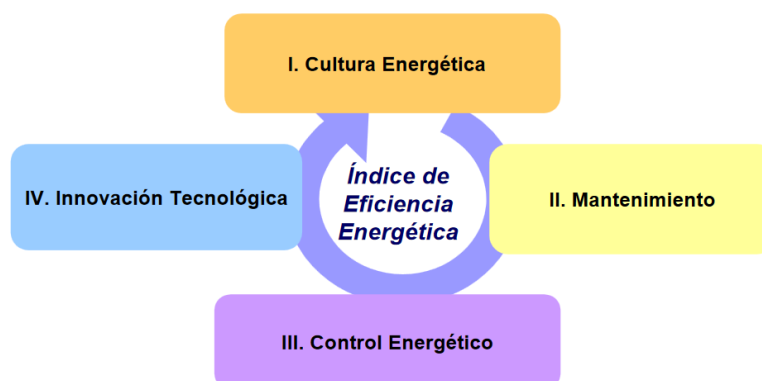
El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable ha gestionado, trabajado y participado con diversas instituciones como el INEN y COMEX para promover el uso de equipos eficientes. Para lo cual dentro del sistema de programas y servicios se cuenta con los parámetros y/o aspectos de Eficiencia Energética y Energías Renovables.

Así mismo se hace necesario tener en cuenta varias definiciones que son determinantes y profundizan significativamente el diagnóstico energético, éstas forman la línea base que priorizan e identifican las pérdidas o desperdicio energético. En este contexto se hará mención a lo siguiente:

**2.1.3 Índice de eficiencia energética.** Según UNION FENOSA, “la energía más limpia es la que no se consume”, para ello el principio fundamental es la construcción de una métrica: el índice de eficiencia energética. Esto permite conocer el perfil de eficiencia energética de la empresa u organización que, a través del análisis en detalle, se conocerá cuatro factores determinantes.

A continuación se presenta el índice de eficiencia energética la cual queda definida por una evaluación minuciosa de los cuatro factores que se definen:

Figura 2. Índice de Eficiencia Energética



Fuente: (Guía de Gestión Energética en el Sector Hotelero, Madrid 2007)

**2.1.3.1 Cultura energética.** Es el punto en el cual se analiza la información existente de la organización, así como la formación interna del personal en lo referente a eficiencia energética, así mismo, las políticas de la empresa sobre el tema abordado.

**2.1.3.2 Mantenimiento.** Es donde se llega a determinar el grado de sensibilidad con el cual se encuentran trabajando los diferentes sistemas y/o equipos de la organización, con el objetivo de mantener un óptimo rendimiento, mejorar la performance desde la óptica de eficiencia energética.

**2.1.3.3 Control energético.** Es el análisis de nivel de gastos energéticos (Gestión del gasto energético), así como el control que llevan de cada uno de ellos, a través de la aplicación de métodos de medición así como la aplicación de procesos de administración adecuados.

**2.1.3.4 Innovación tecnológica.** Según (GARCÍA Silva, 2015), se valora el grado de actualización de la organización en lo referente a los medios técnicos aplicados en las instalaciones, tanto de producción así como de servicios generales.

Estos cuatro factores claves, mencionados anteriormente, no son analizados a detalle por las empresas u organizaciones, muchas de las veces no se hace referencia ni al mantenimiento de los equipos y sistemas que son parte medular del desarrollo sostenible del sector. A esto se suma la poca importancia que se le da a las normas técnicas ecuatorianas y reglamentos, además de la falta de asesoramiento técnico de expertos en cada una de las etapas para adquirir o construir equipos bajo normas internacionales, mismos que son respaldados por el Consorcio EDER y Colegio Oficial

de Ingenieros Técnicos Industriales, esto en el estudio de Eficiencia Energética en la PYMES.

**2.1.4 Indicadores energéticos que miden la eficiencia energética (EE).** Existen tres tipos de indicadores fundamentales que evalúan los comportamientos en la eficiencia energética. (BORROTO, y otros, 2013)

Índices de consumo

- Energía consumida / producción realizada
- Energía consumida / servicios prestados
- Energía consumida / área construida

Índices de Eficiencia Energética

- Energía teórica / energía real
- Energía producida / energía consumida

Índices económico- energéticos

- Gastos energéticos / gases totales
- Gastos energéticos / ingresos
- Energía total consumida / valor de la producción total realizada

Como se puede notar los índices de eficiencia energética aparecen en dos contextos, el primero hace mención a una política energética, mientras que el segundo hace referencia a la energía producida y consumida.

**2.1.5 Sistema de Gestión Energética (SGEn).** El sistema de gestión energética llega a ser una parte del sistema de gestión de una organización, la cual se dedica a desarrollar e implementar su política energética, así como a gestionar aquellos elementos de sus actividades, productos o servicios que interactúan con el uso de la energía. Los estándares generales para la implementación de un SGEn se basan en "Planificar-Hacer-Verificar-Actuar" (PHVA), con metas y medidas objetivas para reducir y controlar el uso de la energía y promover mejoras continuas en su planificación.

La norma UNE-EN ISO 50001:2011 establece los requisitos que debe contener un Sistema de Gestión Energética, esto es con el fin de realizar mejoras continuas y

sistemáticas del rendimiento energético de las organizaciones, así como el consumo eficiente, disminución de gases de efecto invernadero, etc. Dentro de este contexto, La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) Ecuador, fomenta el uso adecuado de energías renovables y alternativas.

La certificación de un sistema de gestión energética asegura por tercera parte el control y seguimiento sistemático de los aspectos energéticos y la mejora continua del desempeño energético. Con esto se llega a contribuir en el uso más eficiente de la energía así como sostenible, otorgando una confianza en el sistema de gestión.

Según la norma ISO 50001 el Sistema de Gestión Energética (SGEn) se define como: “Conjunto de elementos interrelacionados mutuamente o que interactúan para establecer una política, objetivos energéticos, procesos y procedimientos necesarios para alcanzar dichos objetivos”. (GARCÍA Silva, 2015)

Esta norma, así como muchas otras es aplicable a todo tipo de organización sin importar su tamaño y política interna; así se puede establecer un marco metodológico adaptable a su entorno con sus SGEn propios. Junto con las normas ISO 9001 e ISO 14001 que guardan un marco similar se puede llegar a una integración en la normativa y una minimización en los costes de certificación, optimizando requisitos.

Dentro de las normas de un sistema de gestión de la energía se puede observar los siguientes elementos comunes:

- “La organización o empresa establece una política energética.
- El principio de mejora continua se expresa en la norma.
- Las empresas están obligadas a elaborar un plan o programa de un SGEn.
- Es necesario el compromiso de la gerencia y se debe designar un director de energía quien es responsable de coordinar con los empleados diferentes funciones.
- Control operacional.
- Control, análisis y seguimiento de la medición.
- Requisitos legales y otros requisitos (registro de la legislación).
- Control de los registros.
- Auditoría interna.



- Se debe llevar a cabo un proceso de gestión y revisión.
- La característica más importante es que las empresas deben tener una línea base de gestión de la energía, llevar a cabo una revisión energética, establecer indicadores de desempeño energético (IDEn), metas de ahorro de energía y documentar el desempeño energético”. (GARCÍA Silva, 2015)

Figura 3. Estándares SGEEn



Fuente: (ROMERO, 2013)

**2.1.6 Diagnóstico energético.** Puede definirse como “la aplicación de un conjunto de técnicas que permiten determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía”. (GARCÍA de Alba Magos, 2014)

El ahorro de la energía en todas sus manifestaciones, en los últimos años ha jugado un papel muy importante dentro del desarrollo de la humanidad. Sin embargo, en Suramérica los índices energéticos (producción entre unidad de energía), siguen siendo altos comparados con los valores de los países altamente industrializados, el mejorar estos índices dependen de aprovechar al máximo la energía que se requiere en los procesos de producción.

La parte de mayor relevancia para el ahorro de la energía en un diagnóstico energético, dado la certeza y atención en que sea desarrollado, dependerá en gran medida el éxito de las acciones que posteriormente sean emprendidas. Por el contrario, el pretender ahorrar energía sin haber pasado antes por un diagnóstico energético suele llevar a estruendosos fracasos; para llegar a evitar todo esto se debe conocer los elementos necesarios para desarrollar el mismo en diversas instalaciones.

“Se debe pensar en la realización de una auditoría energética especialmente si se cree que en un determinado lugar: se emplean aparatos poco eficientes, donde se llevan a

cabo un escaso mantenimiento en los equipos, se producen pérdidas de calor o de frío por un aislamiento deficiente, hay un desconocimiento de los hábitos adecuados de consumo”. (SAAVEDRA, y otros, Barcelona 2010)

**2.1.6.1** *Objetivos del diagnóstico energético.* Los análisis, mediciones y evaluaciones de los principales equipos, sistemas y procesos consumidores de energía en las empresas, han permitido determinar la eficiencia energética y las posibilidades de mejora, modernización y ahorro de las mismas. A estos análisis, evaluaciones y mediciones, cuando se realizan de manera sistemática, objetiva y metodológica; se atribuye el nombre de “diagnóstico energético”. Los diagnósticos energéticos permiten determinar los potenciales de ahorro de energía involucrados en los procesos de producción.

Este es un elemento positivo de la administración de una empresa, ya que contribuye a incrementar la rentabilidad de la misma, eliminando desperdicios de energía y en consecuencia llegando a disminuir los costos de producción. Éste tiende a ser un instrumento que permite modernizar los sistemas de producción, sustituyendo tecnologías obsoletas, ineficientes y costosas.

Permite además mejorar las condiciones de la producción y el ambiente en el que se envuelve la misma, logrando superar muchas veces de manera espectacular las condiciones actuales de la producción y rendimiento de las personas. Normalmente la realización de un diagnóstico energético, hecho por profesionales de la materia conduce a reducir los costos de la producción sin afectar de manera negativa la calidad y cantidad de la misma.

Los objetivos más importantes que se pueden mencionar se presentan a continuación:

- Evaluar el cumplimiento de normativas en materia de uso eficiente de energía.
- Evaluar las políticas energéticas en caso que existieran.
- Evaluación de indicadores energéticos, si los hubiese.
- Realizar el análisis pertinente (eficiencia de equipos, mediciones en las instalaciones y sistemas, etc.) para garantizar el ahorro tanto energético como económico.

- Diseñar e implementar una metodología en base a un lineamiento, el alcance que se desea obtener, con el objetivo de mantener estándares de calidad en conformidad con el uso y consumo eficiente de energía.
- Reducir el consumo energético garantizando el confort, calidad en productos y servicios.

**2.1.7 Administración de la energía.** La administración de la energía en cualquiera de sus expresiones, repercute directamente en los costos de producción, el proceso de administración de los recursos energéticos, además consiste en la aplicación de las diversas técnicas que permitan alcanzar la máxima eficiencia en el uso de estos, es decir, utilizar de manera óptima y adecuada cada energético en la planta industrial, edificio comercial o público, hospital, club, hotel, etc.

Para mejorar la eficiencia energética de las diferentes instalaciones en su totalidad se deben cubrir las siguientes etapas:

- Dirección o Gestor Energético.
- Diagnóstico.
  - Planeación.
  - Organización.
  - Integración.
  - Desarrollo.
- Control.

A continuación se definen las etapas descritas anteriormente para una mejor comprensión.

**2.1.7.1 Dirección o Gestor energético.** Consiste en la delegación de autoridades necesarias o responsables para promover e impulsar el uso racional y eficiente de la energía dentro de la empresa. El cual tendrá que diseñar y ejecutar un programa con metas concretas reales, así como alcanzables según un cronograma planteado y diseñar los mecanismos de supervisión de los mismos.

**2.1.7.2 Diagnóstico.** Es la etapa fundamental de la Gestión Energética, implica el análisis histórico del uso de energía relacionado con los niveles de producción y el

estudio detallado de las condiciones de diseño y operación de los equipos, sistemas y procesos involucrados en la actividad empresarial. El diagnóstico energético debe proponer las acciones y medidas correctivas que han de aplicarse para superar las condiciones actuales de operación energética, establece la factibilidad técnica así como económica para realizarlas, así como la evaluación económica de las mismas, determinando los parámetros que sean rentables en cada una de las acciones.

**2.1.7.3 Planeación.** Consiste en elegir la alternativa concreta de acción a seguir, las políticas en materia de energía, así como el tiempo de ejecución, el logro de objetivos planteados y por último llegado a determinar el modo de recurso financiero para la aplicación del programa planteado para la mejora.

**2.1.7.4 Organización.** Es donde se llega a determinar la estructura que permita realizar el programa antes planificado. Aquí es necesario especificar las funciones de todos los grupos e individuos que lleguen a participar en la planificación del programa de ahorro de energía.

**2.1.7.5 Integración.** En esta etapa se debe elegir a la persona o grupo de personas que van a ser los responsables de la ejecución del programa, así como la adquisición de la instrumentación y el equipo necesario para la realización del diagnóstico y monitoreo del programa planificado.

**2.1.7.6 Control.** Aquí se llegan a establecer las normas vigentes de consumo de energía, mantenimiento y de operación, a fin que permita dar seguimiento permanente a la planificación. Todo ello mediante un monitoreo a través de sistemas de información energética, así como de listas de verificación de ahorro.

**2.1.8 Eficiencia energética en el sector hotelero y turístico.** Una vez analizado y definido los parámetros más importantes a lo concerniente en la optimización de los recursos para el aprovechamiento y consumo eficiente de la energía, se hará una introducción al sector hotelero. Para esto se hace importante conocer cuáles son los aspectos más relevantes al momento de considerar la optimización energética, para un mejor discernimiento que permitirá el aprovechamiento de los recursos y un ahorro tanto en el consumo como en el dimensionamiento de las instalaciones. Las aplicaciones

que contemplan un mayor consumo energético están: iluminación, climatización y los diferentes sistemas (sistemas de bombeo y generación de vapor).

Dentro de una gestión, el consumo de energía es una variable más de la cual se puede sacar el mayor provecho, la misma se traducirá en ahorros reflejados en las cuentas, adquiriendo una importante relevancia.

En el marco regulatorio y su impacto sobre el consumo energético en el sector turístico del país, ésta no se encuentra delimitada a un sector específico como lo señala el CONELEC para la distribución y consumo de electricidad, esto porque el sector turístico abarca gran parte de los sectores, en su actividad, así que se dificultan asignar el grado de consumo eléctrico que precisa por lo cual no puede ser analizado como un sector aislado.

En Ecuador aún no existe un estudio de auditoría y/o diagnóstico energético en el sector hotelero, tampoco el potencial de cogeneración y trigeneración que se puede obtener del estudio. Sin embargo “El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable realizará un estudio que determinará el potencial de cogeneración en Ecuador, considerando los sectores industriales con altas demandas de energía, así como los sectores hoteleros y hospitalarios, incluyendo las opciones de trigeneración”. (MEER, 2016)

## **2.2 Marco normativo**

Existe un marco normativo regulatorio vigente en el país compuesto por leyes, mandatos, reglamentos, 12 regulaciones y resoluciones; en función de esta normativa, se pretende enumerar todo un conjunto de artículos de gran importancia, considerados dentro de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE). (GARCÍA Silva, 2015)

Además existe apartados especiales e incentivos para los sectores donde se fomente principios constitucionales sobre energía y eficiencia energética, “El estado en el Título VII sobre el régimen del buen vivir, capítulo segundo sobre biodiversidad y recursos naturales, sección séptima sobre biósfera, ecología urbana y energías alternativas Art. 413, se compromete a promover la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua”. (GARCÍA Silva, 2015)

Así mismo en el Registro oficial del 13 de mayo de 2011, de acuerdo al Estatuto Orgánico de gestión Organizacional por Procesos del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable; establece que la dirección de eficiencia energética tiene la atribución y responsabilidad de “Establecer estándares de Uso Eficiente de Energía para las distintas instalaciones y emitir certificados de Eficiencia Energética en entidades públicas y privadas que los cumplan”. (GARCÍA Silva, 2015)

En el reglamento general de la Ley del Régimen del Sector Eléctrico “incluye normas y procedimientos generales para la aplicación de la LRSE, en base al aprovechamiento óptimo de los recursos naturales dentro de las actividades de generación y prestación de servicios públicos de transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica”. (GARCÍA Silva, 2015). En éste se incluye el capítulo XII sobre Recursos Energéticos Renovables, No Convencionales Art. 76 sobre Definición, “en el que se define los recursos energéticos renovables no convencionales como aquellos provenientes del aprovechamiento de las energías: eólica, biomasa, biogás, fotovoltaica, geotérmica y otras de similares características, y la proveniente de pequeñas centrales hidroeléctricas. En el Art. 76 sobre fomento del mismo reglamento, señala que: El Estado fomentará el uso de los recursos energéticos renovables, no convencionales, a través de la asignación prioritaria de fondos del FERUM, por parte del CONELEC, quien introducirá estos elementos en el Plan Maestro de Electrificación como un programa definido”. (GARCÍA Silva, 2015)

Dentro de este contexto se hace referencia el Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental Punto Verde, el cual reconoce la aplicación de Buenas Prácticas Ambientales en edificios. Dicha evaluación establece “mediante una comparación de indicadores (por lo menos dos años de ejecución) de actividades en los ejes temáticos de gestión de desechos, gestión de papel, uso eficiente de agua, energía y combustibles; capacitación y compras responsables”. (GARCÍA Silva, 2015)

La certificación Ecuatoriana punto verde está dirigido a empresas de producción y servicios que cuente con la licencia ambiental correspondiente y demuestren uno o más casos de producción limpia. Si la empresa presenta cuatro casos simultáneamente o en un periodo de hasta 2 años, se le otorgará la máxima certificación como “Empresa Eco-Eficiente”. (Ministerio del Ambiente, Ecuador)

El Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversión, trata sobre La Sostenibilidad de la Producción y su relación con el Ecosistema, así mismo habla de la Eco-eficiencia y producción Sostenible, además a cerca de la tecnología más limpia que dentro de ésta última señala: que las organizaciones, en el transcurso de la sustitución de tecnologías, deberán adoptar, entre otras medidas, para alcanzar procesos de producción más limpia como por ejemplo:

- “Utilizar equipos eficientes en el manejo de recursos que contribuyan en la prevención de la contaminación, además de adoptar procesos sustentables.
- Aplicar de manera efectiva, responsable y oportuna los principios de gestión ambiental universalmente aceptados, consagrados en los convenios internacionales, así como en la legislación doméstica. En particular se van a citar los concernientes al tema: reducir, rehusar y reciclar.
- Adoptar la mejor tecnología disponible.
- Uso gradual de energías alternativas.
- El que contamina paga”. (GARCÍA Silva, 2015)

“Así también en el Art. 235 sobre el incentivo a producción más limpia del mismo libro señala que, para promover la producción limpia y la eficiencia energética, el Estado establecerá los siguientes incentivos:

a) Los beneficios tributarios que se crean en este código; y,

b) Beneficios de índole económica que se obtengan de las transferencias como "Permisos Negociables de Descarga". En el reglamento a este código se fijarán los parámetros que deberán cumplir las empresas que apliquen a estos beneficios, y la forma como se regulará el mercado de permisos de descarga o derechos de contaminación de acuerdo a la normativa nacional y de los gobiernos autónomos descentralizados, con sus respectivos plazos de vigencia, el mecanismo de transferencia de estos derechos y el objetivo de calidad ambiental que se desee obtener a largo plazo”. (GARCÍA Silva, 2015)

En el Art. 236 sobre adaptación al cambio climático, “Con el fin de facilitar la adaptación del Ecuador a los efectos del cambio climático y minimizarlos, las personas naturales y jurídicas así como las demás formas asociativas regidas por el presente

Código, deberán adquirir y adoptar tecnologías ambientalmente adecuadas que aseguren la prevención y el control de la contaminación, la producción limpia y el uso de fuentes alternativas”. (COPCI, 2010)

**2.2.1 Normativas obligatorias según el MEER.** Se ha obtenido las siguientes normativas obligatorias:

- “Reglamento RTE INEN 036: Eficiencia energética. Lámparas fluorescentes compactas. Rangos de desempeño energético y etiquetado que además regula las importaciones de tal forma que solo se permite la comercialización de lámparas fluorescentes compactas (focos ahorradores) etiquetados con los rangos de desempeño energético A y B. (ver figura 4)
- RTE INEN 035: Eficiencia energética en artefactos de refrigeración de uso doméstico. Reporte de consumo de energía, métodos de prueba y etiquetado” y sus modificatorias en la que se estableció que a partir de marzo de 2011 se permite únicamente la comercialización de aparatos de refrigeración de rango energético A. (ver figura 4)
- RTE INEN 072: Eficiencia Energética para acondicionadores de aire sin ducto, mismo que entró en vigencia desde el 29 de mayo de 2013.
- RTE INEN 094: Eficiencia energética de bombas y conjunto motor-bomba, para bombeo de agua limpia, en potencias de 0,187 kW a 0,746 kW y etiquetado.
- RTE INEN 101: Aparatos electrodomésticos para cocción para inducción.
- RTE INEN 109: Eficiencia térmica de calentadores de agua a gas.
- RTE INEN 110: Calentadores de agua eléctricos de acumulación
- RTE INEN 111: Eficiencia Energética. Máquinas secadoras de ropa y etiquetado.
- RTE INEN 112: Eficiencia energética para ventiladores, con motor eléctrico incorporado de potencia inferior o igual a 125 W.
- RTE INEN 117: Eficiencia Energética en Televisiones. Reporte de Consumo de Energía, Método de Ensayo y Etiquetado.
- RTE INEN 122: Eficiencia energética en hornos eléctricos. Reporte de consumo de energía y etiquetado.
- RTE INEN 123: Eficiencia energética para hornos microondas.



- RTE INEN 124: Eficiencia energética y etiquetado de máquinas lavadora-secadora de ropa.
- RTE INEN 133: Lavavajillas. Eficiencia energética y Etiquetado.
- PRTE INEN 138: Eficiencia energética para ventiladores de motor de potencia eléctrica de entrada.
- PRTE INEN 141: Requisitos de seguridad y eficiencia energética para transformadores de distribución”. (MEER, INEN Y COMEX)

**2.2.2 Normas técnicas ecuatorianas voluntarias de eficiencia energética.** También existen normas técnicas ecuatorianas voluntarias de eficiencia energética tales como:

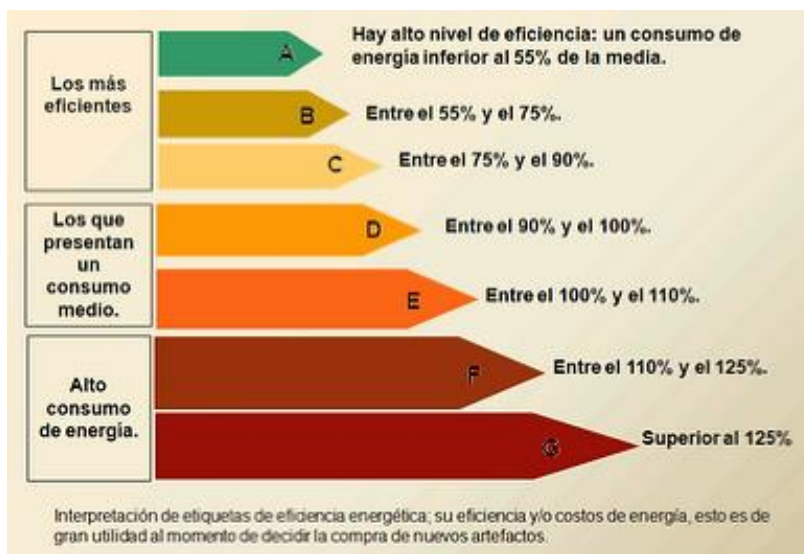
- NTE INEN 2498 “Eficiencia Energética en motores eléctrico estacionarios”
- NTE INEN 2506 “Eficiencia Energética en Edificaciones”
- NTE INEN 2507 “Rendimiento térmico de colectores solares en sistemas de calentamiento de agua para uso sanitario. Requisitos”
- NTE INEN 2511 “Eficiencia energética en cámaras de refrigeración instaladas en vehículos automotores. Requisitos”
- NTE INEN 2567 “Eficiencia Energética en cocinas de inducción de uso doméstico. Requisitos”
- NTE INEN 2555 “Seguridad en cocinas de inducción”

**2.2.3 Resoluciones del MEER junto con el COMEX.** “Se ha gestionado las siguientes resoluciones:

- A. Resolución COMEXI 529: Se prohíbe las importaciones de focos incandescentes entre 25 y 100W de uso residencial a partir de enero de 2010.
- B. Resolución COMEXI 595: Incluye a los artefactos de refrigeración en la Resolución 450 del COMEXI que contiene al nómina de productos sujetos a controles previo la importación.
- C. Resolución COMEX 076: Restringe la importación de equipos acondicionadores de aire de rango B, C, D E, F y G.
- D. En el marco del proyecto Eficiencia Energética en la Industria ejecutado por el MEER con el apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) a través de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI), se adoptó la norma ISO 50001, como NTE INEN ISO 50001

(Sistemas de Gestión de Energía. Requisitos con orientación para su uso)”.  
(MEER, INEN Y COMEX)

Figura 4. Etiquetado de Eficiencia Energética



Fuente: (MEER, INEN Y COMEX)

### 2.3 Situación actual del diagnóstico energético en Ecuador

**2.3.1 Sistema de gestión energética en el Ecuador.** El gobierno ecuatoriano está comprometido con el cambio de la matriz productiva a través de varios mecanismos y las secretarías de Estado, como la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) y El Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER).

Específicamente a través de esta última se planifica y se tiene como principal objetivo el fortalecimiento del desempeño energético en el sector industrial, para el mismo se ha desarrollado e implementado el proyecto “Eficiencia Energética para la Industria (EEI)”, esto con el apoyo de organismos internacionales como el Fondo Monetario para el Medio Ambiente (FMAM) a través de la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), mismo que se encargara de la capacitación y asesoría técnica con profesionales seleccionados de amplia experiencia a nivel internacional. (MEER, 2016)

Para ello la inversión total es de 4'750.000 dólares que se financiaran de la siguiente forma: el MEER financiara 2'140.000 dólares del presupuesto institucional, la

corporación no reembolsable del FMAM y la ONUDI con 975.000 dólares y por ultimo 1'635.000 dólares restantes será un aporte del sector privado. (MEER, 2016)

Las medidas más importantes que se han de tratar e impulsar en el sector industrial y otros sectores son:

- “Acuerdos voluntarios (Compromiso de las asociaciones empresariales para alcanzar el ahorro de energía detectado. / Fomentar la adopción de medidas de ahorro para la industria).
- Auditorías energéticas (Detectar el potencial y facilitar la toma de decisión de inversión en ahorro de energía. / Determinar el benchmarking de procesos).
- Programa de ayudas públicas (Facilitar la viabilidad económica de las inversiones en ahorro energético para alcanzar el potencial detectado)”. (GARCÍA Silva, 2015)

Dentro de los objetivos específicos se enfatizará en la promoción de incentivos que permitan la inserción de la cogeneración en las industrias locales, además se llevará a cabo la implementación de proyectos demostrativos.

Lo que se busca con la cogeneración y trigeneración es aumentar la eficiencia general dentro del sistema, aprovechando al máximo el consumo energético.

En el Hotel Spa Termal Monte Selva ubicado en la ciudad de Baños de la provincia de Tungurahua a 1820 msnm se implementará un diagnóstico energético bajo la norma UNE-EN ISO 50001:2011, el cual se basa en Planificar – Hacer – Verificar – Actuar. Esto es adherible a los sistemas y equipos tangibles, así se prevee una cultura de variación y/o cambio en las directrices que mantiene el personal administrativo, trabajadores y operarios, estimulando al rendimiento y consumo eficiente de la energía.

Los aspectos antes citados permitirán un desarrollo y equilibrio en el cambio de la matriz productiva del país y garantizará una mejora continua en el desempeño energético del mismo.

En Ecuador el sistema de Gestión Energética SGEN ha tomado un papel importante dentro de las administraciones del sector empresarial, haciendo que dentro de las auditorías que se realizan en las mismas, sea considerado una auditoría energética que

satisfaga eficientemente la demanda energética. Esto para proporcionar mayor producción o servicios con el mínimo de contaminación ambiental manteniendo estándares de calidad y confort. (INEN, 2012)

Según el MEER hasta mayo de 2014 se ha capacitado al personal técnico en SGEN a nivel nacional obteniéndose excelentes resultados en aceptación (tabla 1). El personal capacitado conoció las fortalezas de la implementación de un SGEN y las ventajas en el desarrollo del sector industrial, también se presentan las primeras implementaciones y sus respectivos resultados obtenidos (tabla 2).

Tabla 1. Capacitación hasta mayo del 2014

Actividades	Meta	Resultados	%
Técnicos nacionales formados como expertos en sistemas de gestión de la energía	25	16	64
Técnicos nacionales formados como expertos en optimización de sistemas motrices y de vapor	50	25	50
Taller de usuarios en sistemas de gestión y optimización de sistemas	400	334	83
Representantes de industrias obtienen formación en SGEN en talleres de 2 días	200	267	134

Fuente: (GARCÍA Silva, 2015)

Tabla 2. Resultados en 17 empresas, 2013

	Electricidad	Diésel	Reducciones de emisiones [T CO <sub>2</sub> ]
Potenciales de ahorro	5 964	378 360	6 501
Ahorros potenciales en dólares USD	536 839	378 360	50 970
Nivel alcanzado respecto a la meta del proyecto	31%	67%	37%

Fuente: (GARCÍA Silva, 2015)

#### 2.4 *Situación actual de energía en el Ecuador.*

La presente información hace referencia a la matriz energética en el Ecuador hasta diciembre de 2014, que es la más reciente y además está validada por fuentes oficiales del sector energético ecuatoriano. “El Balance Energético Nacional 2015 contabiliza los flujos de energía en cada etapa de las cadenas que componen la matriz energética del

país, considerando la producción, transformación, transporte o transmisión, distribución y consumo de energía”. (MICSE, Ecuador, 2014)

Los datos históricos que se presentan comprende la evolución del sector energético del país desde el año 2000 hasta el año 2014, y esta a su vez, es la base de la planificación y la implementación de políticas orientadas a la “optimización de recursos para satisfacer las necesidades de la sociedad bajo un enfoque de sostenibilidad”. (MICSE, Ecuador, 2014)

Tabla 3. Energía primaria en el Ecuador, Año base 2014

Energía Primaria	Unidades	2004	2013	2014
Producción total de energía	KBEP	207.509	215.025	227.210
Producción total de petróleo	KBEP	187.578	191.335	201.054
	KBBL/año	182.114	185.762	195.198
	KBBL/día	499	509	535
Exportación total de petróleo	KBEP	127.000	138.272	153.166
	*KBBL/año	123.301	134.245	148.705
	*KBBL/día	338	368	407
Producción total de Gas Natural (1)	KBEP	8.518	9.746	11.480
	**MM pies cúbicos	50.304	57.554	67.795
Producción de hidroenergía	KBEP	5.744	8.555	8.880
	GWh	9.265	13.799	14.322
Producción de leña	KBEP	2.707	2.011	2.015
	kt	1.045	777	778
Producción de caña	KBEP	2.962	3.340	3.721
	kt	2.259	2.582	2.905
Carga total a centros de Transformación	KBEP	79.489	89.188	85.126
Carga a Refinería	KBEP	63.688	57.559	51.757
	*KBBL	61.833	55.882	50.249

Fuente: (MICSE, Ecuador, 2014)

Tabla 4. Energía secundaria en el Ecuador, Año base 2014

Energía Secundaria	Unidades	2004	2013	2014
Producción total de energía	KBEP	68.029	70.130	69.327
Producción de electricidad	KBEP	7.803	14.421	15.070
	GWh	12.585	23.260	24.307
Potencia efectiva nacional	MW	3.380	5.103	5.299
Producción de Diésel	KBEP	14.087	11.813	10.964
	Miles galones	591.651	496.164	460.502
Importación de Diésel	KBEP	5.540	20.841	24.970
	Miles galones	232.677	875.323	1.048.743
Producción de Gasolinas y Naftas	KBEP	10.844	9.740	11.948
	Miles galones	511.727	459.644	563.837
Importación de Gasolina y Naftas	KBEP	4.138	14.275	17.737
	Miles galones	195.267	637.637	837.009

Tabla 4. Continuación

Producción de GLP	KBEP Miles kg	1.749 329.214	1.912 250.596	1.507 197.557
Importación de GLP	KBEP Miles kg	4.796 628.613	6.409 839.938	7.191 942.413

Fuente: (MICSE, Ecuador, 2014)

Tabla 5. Consumo de energía en el Ecuador, Año base 2014

Consumo de Energía (2)	Unidades	2004	2013	2014
Consumo total de energía	KBEP	60.414	86.606	96.150
Consumo energético sector transporte	KBEP	27.959	39.754	42.513
Consumo energético sector industrial	KBEP	12.832	17.696	18.629
Consumo energético sector residencial	KBEP	8.939	11.440	11.921
Consumo de electricidad	KBEP GWh	6.870 11.081	12.660 20.420	13.318 21.481
Consumo de Diésel	KBEP miles galones	18.447 774.754	27.470 1.153.756	29.947 1.257.787
Consumo de Gasolinas y Naftas	KBEP miles galones	12.224 576.853	22.770 1.074.530	28.198 1.330.674
Consumo de GLP	KBEP miles galones	6.260 820.400	8.052 1.055.249	8.347 1.093.938
Consumo de kerosene	KBEP miles galones	2.121 92.786	2.908 127.215	2.871 125.622
Consumo de Fuel Oil	KBEP miles galones	7.530 307.030	5.846 238.378	6.663 271.687
(2) Incluye consumo propio (1) Al 2014, la producción de gas natural asociado representa el 69% de la producción total				

Fuente: (MICSE, Ecuador, 2014)

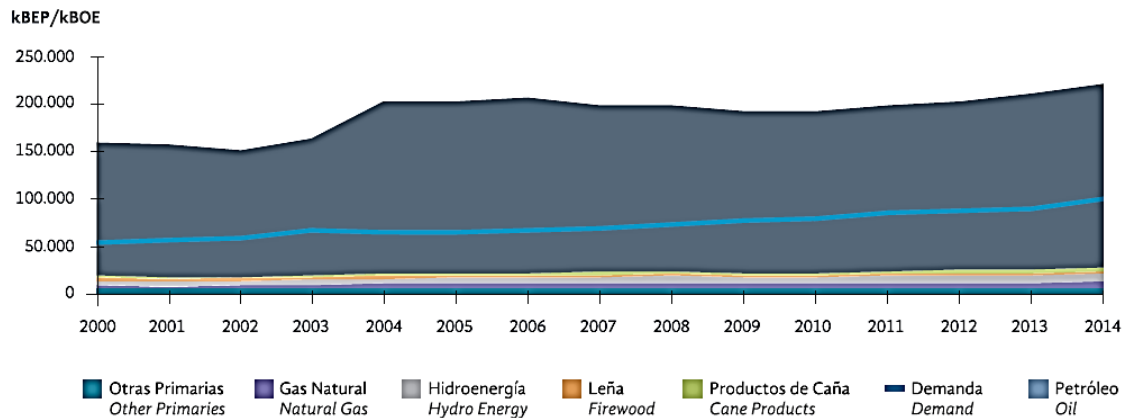
Tabla 6. Potencial energético en el Ecuador, Año base 2014

Potencial energético	Unidades	Reservas	Teórico	Viable
Hidroelectricidad	MW		73.390	21.900
Eólico	MW			891
Geotermia	MW		6.500	1.082
Biomasa	Ton/año Tj/año		19.665 226.796	
Solar	Wh/m <sup>2</sup> /día		4.575	
Petróleo	MM bls	7.308		
Gas Natural	MMcf	403.805		

Fuente: (MICSE, Ecuador, 2014)

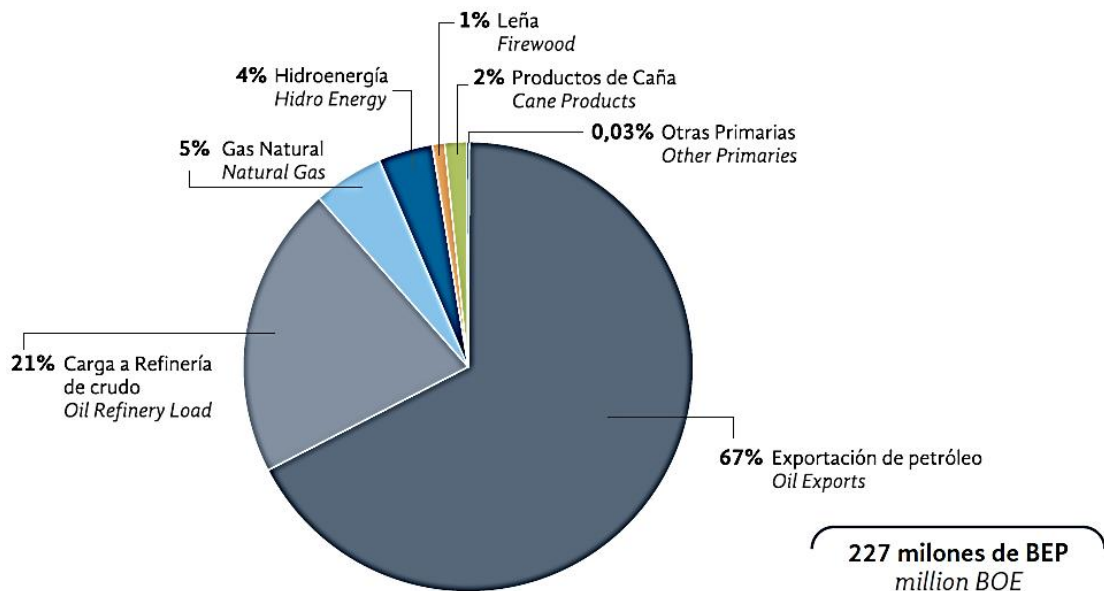
*Evolución de la energía en el Ecuador.* En la siguiente gráfica se puede observar la producción de energía ya sea por energías primarias donde se ve la importancia del petróleo en nuestro país.

Figura 5. Evolución de la oferta de energía primaria por fuentes en Ecuador, Balance Energético Nacional 2015



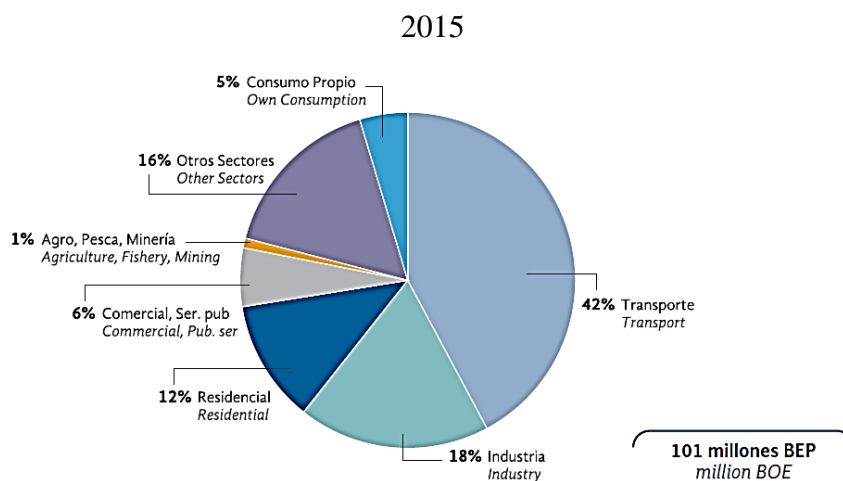
Fuente: (MICSE, Ecuador, 2014)

Figura 6. Producción de energía primaria, Balance Energético Nacional 2015



Fuente: (MICSE, Ecuador, 2014)

Figura 7. Estructura del consumo por sectores de energía, Balance Energético Nacional



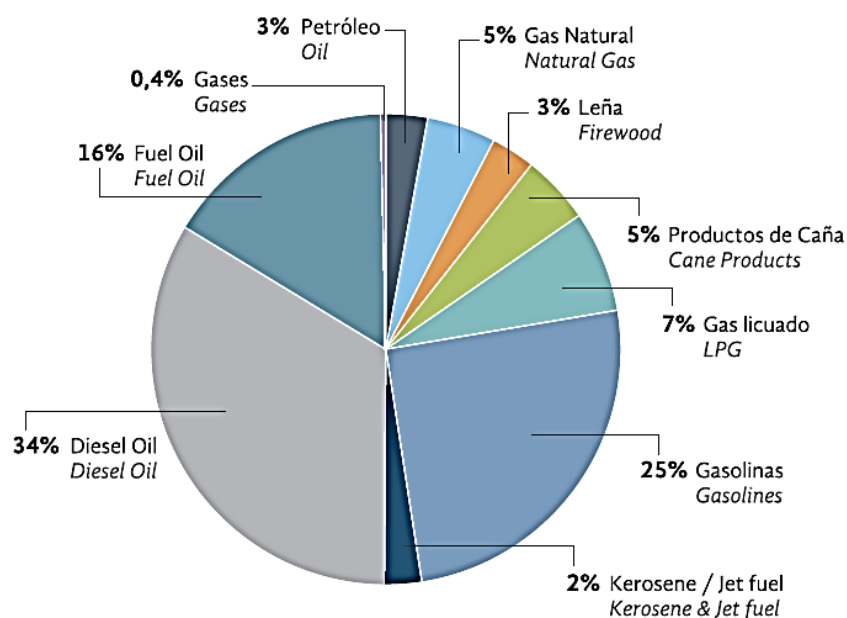
Fuente: (MICSE, Ecuador, 2014)

**2.4.1 Situación actual del medio ambiente y emisiones.** Bajo el panorama actual se hace imprescindible coordinar el sector energético con el ambiental, con el objetivo de diseñar políticas energéticas que fomenten un desarrollo sostenible. Por fuente de energía (ver figura 8), el diésel es el principal energético contaminante 34%, seguido por las gasolinas 25% y el fuel oíl 16%. (MICSE, Ecuador, 2014)

Se puede apreciar de mejor manera los principales sectores contaminantes (ver figura 9). Con una contaminación del 39%, el transporte se convierte en el principal sector contaminante, esto se relaciona directamente con el nivel de consumo energético, además el sector eléctrico (centrales eléctricas y auto productores) ocupa el segundo lugar de contaminantes con el 14%, seguido por el sector industrial con el 13%, el consumo propio del sector energético es del 8% y del sector residencial es del 7%. (MICSE, Ecuador, 2014)

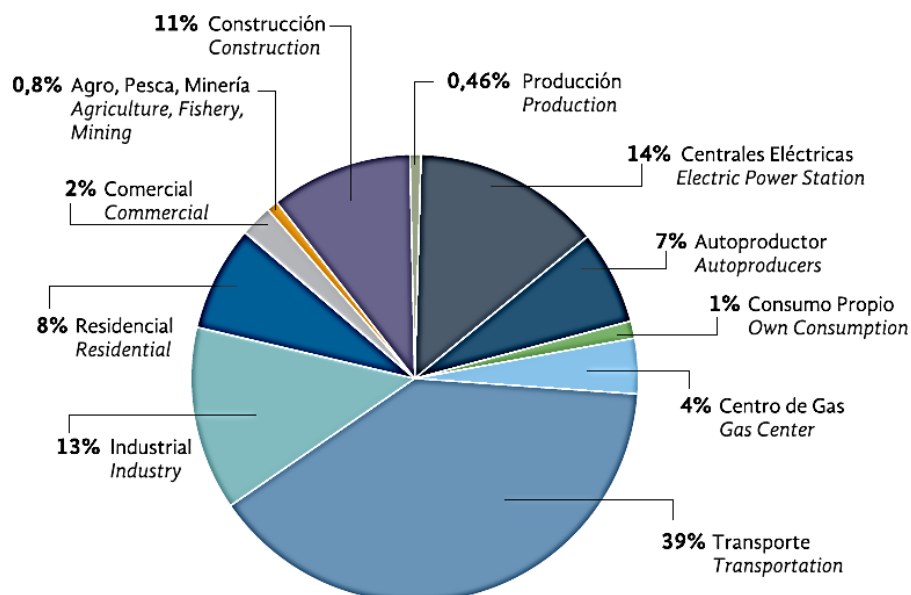


Figura 8. Emisiones de GEI por fuente, Balance Energético Nacional 2015



Fuente: (MICSE, Ecuador, 2014)

Figura 9. Emisiones de GEI por actividad, Balance Energético Nacional 2015



Fuente: (MICSE, Ecuador, 2014)

## 2.5 Generadores de vapor (Calderas)

**2.5.1 Definición.** Los generadores de vapor, término que se ha estado utilizando en los últimos años para describir y definir una caldera, tiene como concepto: dispositivo o conjunto de elementos capaces de generar vapor a partir de la transformación de energía

química (combustibles fósiles), por medio de la combustión, en energía útil capaz de realizar un trabajo. Sin embargo existe confusión cuando se habla de caldera y generador de vapor; el primero produce un vapor saturado (vapor húmedo) y el segundo produce un vapor sobrecalentado (vapor seco).

En términos más sencillos, una caldera es un intercambiador de calor, donde los gases procedentes de la combustión transfieren su energía para calentar la fase líquida del fluido (agua) hasta su punto de evaporación o saturación.

Las capacidades de las calderas (kg/h) están relacionadas directamente con las potencias de las mismas (BHP) o también dadas en kW. Ver ANEXO W

**2.5.2 Clasificación.** Ésta puede catalogarse de diferentes maneras: por la naturaleza del servicio, por el tipo de combustible, por el tiro (tiro natural o tiro forzado), por los sistemas de apoyo (calderas apoyadas y calderas suspendidas), por la transmisión de calor (calderas de convección, calderas de radiación, o la combinación de las dos: radiación-convección) y por la disposición de los fluidos que pueden ser: calderas de tubos de agua denominadas acuotubulares o generadores de vapor y calderas de tubos de humo llamadas pirotubulares.

A continuación se detalla las principales características de las calderas acuotubulares y pirotubulares, que tienen mayor desarrollo y han sido objeto de investigación en los últimos años.

Para ello se ha analizado varios aspectos como: seguridad, aspectos de funcionamiento, características físicas, costes y tiempo de fabricación, parámetros indispensables a la hora de seleccionar la caldera más adecuada.

Además de estos aspectos importantes, hay que analizar la fiabilidad técnica para la implementación de equipo de generación de vapor, puesto que este punto conlleva varios aspectos como: área de disponibilidad, condiciones atmosféricas, facilidad de acceso para los operarios así también para el respectivo mantenimiento, ventilación.

Tabla 7. Características y aspectos generales de las calderas pirotubulares y acuotubulares, Informe Técnico

<b>Criterios</b>	<b>Calderas Pirotubulares</b>	<b>Calderas Acuotubulares</b>
Calidad de agua	Menores exigencias, posible funcionamiento con salinidad de agua	Mayores exigencias, es necesario un bajo nivel de salinidad para su funcionamiento
Mantenimiento	Fácil de limpiar	Más costoso
Revisiones Periódicas	Inspección ordinaria, seguida de una prueba hidrostática, raramente son necesarias otras pruebas de carácter no destructivo, como por ej. as mediciones con ultrasonidos, en caso contrario se efectúan en zonas muy reducidas	Son necesarias mediciones con ultrasonidos además de prueba hidrostática; es decir, pruebas costosas en tiempo y dinero
Costes para niveles comparables de gastos de fabricación y calidad	Menores	Mayores
Rendimiento	Mayor, de fácil mantenimiento	Menor; es más difícil realizar su mantenimiento en funcionamiento
Características de la carga parcial	Puede aprovecharse el control del quemador; cuando caiga por debajo de la carga mínima, el quemador puede apagarse sin problemas	En el caso de determinados diseños, debe limitarse la carga parcial; el quemador no puede apagarse manualmente
Contenido de agua	Mayor, debido a su diseño	Menor
Capacidad de acumulación	Debido al alto volumen de agua, no es susceptible a las fluctuaciones de presión y carga	Susceptible a las fluctuaciones de presión y carga resultantes del proceso
Plazo de entrega	Más corto	Más largo
Necesidades de espacio	Reducidas	Elevadas
Tiempo necesario para el montaje y puesta en marcha inicial	Reducido	Más prolongado

Fuente: (BOSCH)

**2.5.3 Eficiencia en los generadores de vapor.** Cuando se habla de eficiencia de las calderas o generadores de vapor se habla de la energía útil que puede ser utilizada o aprovechada para producir un trabajo, éste mide el rango entre el calor absorbido y el calor liberado en una combustión completa.

**2.5.4 Norma ASME código PTC 4.0 2008.** Para determinar la eficiencia del generador de vapor se va a utilizar la Norma ASME código PTC 4.1, misma que contempla los métodos aceptados para determinar dicha eficiencia así como la capacidad. Dicha norma está orientada al aprovechamiento energético y dentro de la aplicación de este código está el requerimiento del conocimiento y determinación del poder calorífico de los combustibles usados.

“El alcance de este código es el cálculo de la eficiencia bruta, mismo que está definido por la relación entre el calor absorbido por el fluido operante y el calor entregado a la caldera con el combustible, excluyendo por tanto el equivalente térmico de la potencia consumida por los equipos auxiliares”. (PLAUCHÚ)

“En los diagnósticos energéticos, se han encontrado grandes potenciales de ahorro en la generación y distribución de vapor, que van desde 5% hasta 20% del consumo de combustible”. (UPME&COLCIENCIAS, Colombia)

Para realizar las mediciones y determinar la eficiencia en los generadores de vapor, hay varios parámetros que son fundamentales y siguen una metodología orientada al óptimo desempeño del mismo. Dentro de esta etapa; los instrumentos adecuados, la organizada planificación, personal calificado, análisis y criterio técnico permiten conocer y detallar el régimen de flujo y distribución de energía que se transforma en sus distintas etapas, obteniendo balances en cada una de estas en un tiempo determinado.

Sin importar lo complejo de cada uno de los sistemas y las numerosas aplicaciones que se presenten, los conceptos son los mismos y siguen patrones ya definidos en la transformación de energía. Esto quiere decir; que para la medición se parte del conocimiento previo de los parámetros existentes en cada uno de los procesos o etapas de transformación y el efecto producido en ellos. Así mismo la calidad y efectividad del diagnóstico dependerá de la precisión con la que se adquiera los datos, las condiciones y la exactitud con la que estos sean tomados.

## **2.6 *Marco metodológico.***

A diferencia de un proyecto de diseño, donde el marco metodológico consiste en realizar un análisis minucioso a los tipos de procedimientos de los diferentes métodos que existen en el mundo y seleccionar el más óptimo que cumpla con los criterios más exigentes, aquí se va a seguir una línea base, misma que se efectuarán de acuerdo a un procedimiento establecido por la norma y por diferentes criterios de expertos en el tema de auditorías energéticas a fin de conseguir los objetivos planteados.

El avance que se ha tenido hasta el momento en el tema de desarrollo sostenible y cambio climático, ha hecho que varios expertos en el tema establezcan un procedimiento metodológico para la realización de auditorías y/o diagnósticos

energéticos. Es así que, con la línea base que describe la norma (ISO 50001:2012) junto con los estudios efectuados se ha creado un estándar básico.

Una vez que se conoce los objetivos principales de un diagnóstico energético, así como la línea base (requisitos) de la norma (ISO 50001:2012), se ha de considerar una metodología y/o procedimiento que se aplicará en lo posterior en el capítulo 5. Para ello se considerara primero las fases de un diagnóstico energético. (HERNÁNDEZ, y otros)

Se considerara tres fases importantes, mismas que determinaran el alcance o profundidad del estudio. Hay autores que definen el diagnóstico energético como un estudio de dos niveles, otros de tres niveles, y otros muy profundos en el tema que se plantean un estudio que establece cuatro niveles.

La clasificación, tipos o fases de un diagnóstico energético, según como lo consideren o definen sus autores, permiten establecer y está en función de la profundidad del estudio que se va a realizar a la organización o empresa. Así a cada nivel se representará con “el volumen de trabajo, el enfoque, la precisión buscada y el costo asignado. Reconocidos expertos los clasifican como de primer, segundo y tercer nivel”. (FIDE Y CNEE, 2010)

**2.6.1 Diagnóstico de primer grado, nivel uno o básico.** Este examen es muy importante ya que permite observar preliminarmente el funcionamiento de la empresa, conociendo a detalle las instalaciones, los diseños originales, el funcionamiento de los sistemas y equipos consumidores de energía. Así también el registro de operación y mantenimiento de cada uno de ellos, adicionalmente se analiza los datos estadísticos del consumo y gastos de energía eléctrica y combustibles conociendo las pérdidas de los mismos.

Dentro de esta etapa se analizará las posibles mejoras que se pueden implementar en los diferentes sistemas y equipos por modificación y mejoramiento en los hábitos de operación e incorporación de tecnologías eficientes. La aplicación de este primer nivel puede resultar no beneficiosa, puesto que se trata de un examen preliminar y no detallado, no se realizan ninguna clase de mediciones y se obtiene un conocimiento muy somero de las instalaciones energéticas. Cabe recalcar que la inversión es relativamente mínima o de valores no considerables y su aplicación es inmediata.

**2.6.2 Diagnóstico de segundo grado, nivel dos o fundamental.** Este nivel es más meticuloso, aquí se hace énfasis en el consumo de energía térmica, eléctrica, sistemas de generación de vapor, refrigeración, aire acondicionado, consumo de agua, aire comprimido, iluminación, etc. En esta fase se establece la distribución de energía, las pérdidas y desperdicios globales, se conoce la eficiencia de cada uno de los sistemas y/o equipos, conociendo en detalle los desperdicios y las posibles mejoras que se pueden identificar, esto en las áreas operacionales y en procesos específicos (subsistemas). En este nivel se conocerá los posibles ahorros energéticos y se proporcionará varios y posibles proyectos de aplicación, obteniendo de esta manera el camino al objetivo planteado. (FIDE Y CNEE, 2010)

Aquí se va a tomar tres pasos: en el primer paso se va a conocer las desviaciones que se efectúan entre las condiciones de operación con las de diseño, así se pretende priorizar o jerarquizar el orden de análisis de cada equipo o proceso. Posteriormente se conocerá el flujo de energía, servicio y/o producto perdido por el equipo o subsistema en estudio. Finalmente se realizará los balances de materia y energía, actualización de planos unifilares (eléctricos) y disposición de índices energéticos reales y de diseño. (GUEVARA, 2010)

En este tercer y último paso del segundo nivel también se conocerá el potencial de ahorro sabiendo que las mejoras que se realicen se adjudicaran al ahorro obtenido. Esto se hará sin poner en juego la liquidez de la empresa u organización. Aquí se cualifican y se cuantifican los potenciales de ahorro, se analiza entre el 75 y 80% de los consumidores energéticos, priorizando a los de mayor potencia y de mayor utilización.

Para este análisis se tomarán los equipos e instrumentos con los que se recopilara los datos, se evaluarán los parámetros energéticos y conducirán a la eficiencia energética y económica.

**2.6.3 Diagnóstico de tercer grado, nivel tres.** Este último nivel es el más preciso y proporciona información detallada de cada uno de los sistemas y equipos que se está evaluando, diagramas de procesos, así como las pérdidas de energías que se tiene en cada uno de los equipos, subsistemas y sistemas dentro de los mismos. Se emplea equipos sofisticados, instrumentación extensiva, estudios de ingeniería además se aclara

el panorama para la evaluación técnica económica de las propuestas de ahorro energético.

El análisis que se requieren en cada uno de los procesos y áreas; así como en los equipos, contará con personal especialista acompañado por el personal de ingeniería. El diagnóstico de este nivel es de aplicación de mediano y largo plazo, ya que implica modificaciones, rediseños e incluso tecnologías de punta o sofisticadas. En sí, a este nivel se le conoce como una fase o proceso de reingeniería.

“El nivel del diagnóstico energético no es estricto, en muchos casos se puede aplicar un estudio a una sola parte o etapa del proceso, debido a estos surgen niveles intermedios, es decir, aquellos que cubren ciertos objetivos y alcances para una área específica de proceso o instalación. Por ejemplo, surgen los niveles intermedios como 1,5 del diagnóstico; el cual cubre gran parte del nivel dos pero enfocado a una parte del proceso, para lograr los balances de materia y energía de esta área. Se debe proporcionar datos de los equipos que tengan una participación indirecta en el equipo en estudio o análisis”. (FIDE Y CNEE, 2010)

**2.6.4 Metodología.** Cada uno de los autores que estudian el tema, en los foros internacionales y los cursos taller, así como las normas existentes, siguen una metodología muy exhaustiva que proporciona un lineamiento seguro para alcanzar los objetivos meta, esto si se hablará de una auditoría. Pero para el diagnóstico energético no es una metodología definida, sin embargo varios expertos coinciden con muchos de los sinnumeros de objetivos, para determinar los potenciales ahorros. Los siguientes pasos abarcan la infinidad de objetivos meta para potenciar el ahorro energético.

- “Trabajos previos de gabinete.
- Recopilación de la información de la instalación.
- Evaluación del estado energético actual de la instalación.
- Determinación del potencial de ahorro de energía.
- Análisis de factibilidad técnica para la realización de las propuestas de ahorro de energía.
- Evaluación económica.
- Selección de las medidas ahorradoras a implementar.
- Aplicación de acciones correctivas”. (FIDE Y CNEE, 2010)

Sin embargo se puede resumir aún más y los pasos o metodología se dividirán en 4:

- a) Información Preliminar.- Es el punto de partida del diagnóstico en la empresa auditada, proporcionará la información necesaria y suficiente para conocer sus instalaciones, usos y horarios, realizar una buena preparación y organización del trabajo. Dentro de esta información preliminar se encuentra: trabajos previos de gabinete.
- b) Toma de Datos y Mediciones.- Es el siguiente paso; se trata de la recopilación de toda la información y datos estadísticos de la empresa, necesarios para el diagnóstico, esto mediante la toma de datos, mediciones puntuales y mediciones durante periodos representativos.
- c) Análisis Energéticos y de consumo de agua.- Posteriormente en el tercer paso se realizan los análisis energéticos, tanto en los equipos, subsistemas y sistemas, los cuales proporcionan a detalle la situación energética actual de la empresa u organización auditada, en la que se pueden identificar deficiencias y áreas de oportunidad que ofrecen un potencial ahorro tanto por mejora de su uso, rediseño, como por el cambio de las instalaciones y nuevas tecnologías empleadas. Entre estas están: evaluación del estado energético actual de la instalación, determinación del potencial de ahorro de energía, análisis de factibilidad técnica para la realización de las propuestas de ahorro de energía y evaluación económica.
- d) *Propuestas y conclusiones.* Finalmente se proponen las mejoras y acciones más adecuadas que puedan llevarse a cabo en las instalaciones para mejorar la eficiencia energética en la organización y alcanzar los objetivos, valorando el ahorro que ocasionan, la inversión, el periodo de amortización y las posibles subvenciones aplicables en cada caso. Aquí se encuentra selección de las medidas ahorradoras a implementar y la aplicación de acciones correctivas. (CORTÉS, 2011)

La norma ISO 50001 especifica los requisitos para un sistema de gestión de la energía (SGEn), a partir de ésta, la organización puede: desarrollar e implementar una política energética, establecer objetivos, metas, y planes de acción que tengan en cuenta los requisitos legales y la información relacionada con el uso significativo de la energía y



los recursos. Como se puede identificar y analizar, no sigue una metodología, pero cada organización esta presta para direccionar su línea base o metodología.

Figura 10. Modelo de sistema de gestión de la energía ISO 50001



Fuente: (NTE INEN-ISO 50001:2012, 2012)

Todos los aspectos citados previamente y explicados de una manera simplificada conlleva un determinado nivel de intervención y de inversión, lo cual en el nivel de participación: primero, segundo o tercer grado de diagnóstico energético; elevará el costo. Lo importante aquí, se verá reflejado en el mejoramiento y rendimiento de los sistemas y equipos de la organización. A continuación se indica de forma explícita el grado de inversión de una auditoría energética.

## 2.7 Grado de inversión de una auditoría energética

Para garantizar un correcto funcionamiento del ahorro, que se prevee implementar dentro de la organización, se tiene que analizar los aspectos relevantes que convergen de tal manera que motiven su aplicación. Para ello se debe considerar los costos relacionados con el financiamiento para la optimización de recursos energéticos, como la energía a ahorrar por la adaptación técnica de los mismos.

En este contexto y para efectos de proyectos de inversión en eficiencia energética se utilizará el VAN (Valor actual neto) y la Tasa Interna de Retorno (TIR).

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS ENERGÉTICO ACTUAL Y GLOBAL DEL HOTEL SPA TERMAL MONTE SELVA

El enfoque que presenta este capítulo, tiene como finalidad establecer el lineamiento para el desarrollo del diagnóstico energético en el Hotel Spa Termal “Monte Selva”, de manera concreta se centrará en la Norma NTE INEN ISO 50001:2012.

Para ello se enmarca los requisitos del sistema de gestión de la energía que presenta dicha norma en su numeral 4 y para su efecto se define claramente los ítems en mención, de acuerdo a como se encuentra constituida la organización; con ello se buscará en un futuro la oportuna implementación del SGEN que garantizará el desempeño eficiente de la energía en los sistemas y equipos, manteniendo estándares de calidad en el servicio. Así mismo se conocerá la estructura organizacional de la empresa para un mejor enfoque en la investigación.

#### 3.1 *Diagnóstico preliminar en base a la norma ISO 50001:2012*

**3.1.1 Responsabilidad de la dirección.** El Hotel Spa Termal “Monte Selva” no cuenta con un SGEN, además, se desconoce de su importancia y relevante participación dentro de las empresas más exigentes a nivel mundial. Se debe mencionar que la administración no ha puesto en manifiesto dentro de sus políticas organizacionales la implementación de un SGEN; por ello no se cuenta con un presupuesto para su implantación. Se constató que los trabajadores de las diferentes áreas desconocen del tema y no mantienen lineamientos de régimen energético en sus operaciones, generado por diferentes escenarios; falta de personal técnico capacitado, falta de información oportuna y, pre disposición de regirse y mantenerse vigentes dentro de la normalización de estándares internacionales.

El Hotel Spa Termal “Monte Selva” no cuenta con un técnico especializado para realizar la inspección de los sistemas y equipos que se encuentran en funcionamiento permanentemente. La persona que está a cargo de la administración conoce las políticas internas de la organización, pero desconoce de las políticas energéticas que existen en el país.

De la misma manera la administración está pendiente de la fecha de mantenimiento de dichos sistemas y posterior a la fecha de mantenimiento el personal que se encarga de la revisión periódica, es el personal del área húmeda. En este caso, ese personal, tiene un amplio conocimiento del funcionamiento de los equipos. Se hace referencia al área húmeda, debido a la importancia que tiene; grado de complejidad ingenieril, peligro latente de explosividad, vulnerabilidad en ambientes hostiles, mantenimiento especializado, etc.

Con esta percepción, se concluye que el gestor energético más preponderante debería ser el administrador, ya que conoce la estructura organizacional del Hotel, tiene acceso a su información y las diferentes áreas del mismo. Esto permitirá poder mantener un SGen sostenible en el tiempo, acoplándose a los cambios que se establezcan dentro de la norma y al margen de la implementación tangible que se pudiera efectuar. La encuesta se realizó a la ingeniera Tannia Quirola Coordinadora de Talento Humano del Grupo Turístico Monte Selva.

Tabla 8. Análisis inicial del diagnóstico (Responsabilidad de la Dirección)

<b>DIAGNÓSTICO DE LA NORMA ISO 50001:2012</b>			
<b>Puntos de la Norma ISO 50001</b>	<b>C</b>	<b>CP</b>	<b>NC</b>
<b>4.1 REQUISITOS GENERALES</b>	N/A		
<b>4.2 RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN</b>			
<b>4.2.1 Alta dirección</b>			
¿La alta dirección ha establecido una política energética?			X
¿La alta dirección ha asignado un gestor energético (representante de la dirección)?			X
¿Se han previsto los recursos necesarios para establecer y mantener un SGen?			X
¿Se definieron alcances y límites del SGen?			X
¿Los empleados tienen clara la importancia de implementar un SGen en la empresa?			X
¿Se han establecido objetivos estratégicos y operacionales?			X
¿El rendimiento energético de la empresa se ha tenido en cuenta dentro de la planificación a largo plazo? (Resultados medibles en eficiencia energética, usos y consumo)			X
<b>4.2.2 Representante de la dirección</b>			
¿Se le informó a la alta dirección acerca del desempeño energético y el desempeño del SGen?			X
¿Se definieron y comunicaron competencias y responsabilidades de acuerdo con el SGen?			X

Tabla 8. Continuación

¿Se determinaron criterios y métodos para garantizar el funcionamiento y control eficaz del SGen?			X
<b>Nomenclatura:</b> C: Cumple, CP: Cumple Parcialmente, NC: No Cumple			
<b>Calificación:</b> Marcado: 1, En Blanco: 0			

Fuente: (NTE INEN-ISO 50001:2012, 2012)

Tabla 9. Resultados del diagnóstico (Responsabilidad de la Dirección)

	Cumple	Cumple parcialmente	No cumple
<b>Total</b>	0	0	10
<b>Porcentaje</b>	0%	0%	100%

Fuente: Autores

Figura 11. Etapa 4.2 Responsabilidad de la dirección



Fuente: Autores

**3.1.2 Política energética.** La organización Hotel Spa Termal “Monte Selva” no ha establecido una política energética para desarrollar un diagnóstico energético, por consiguiente la implementación de un SGen dentro de sus políticas organizacionales no se encuentra bajo su consideración. Es así que no se cuenta con el respaldo necesario para establecer mejoras en los sistemas y equipos que garanticen una eficiencia energética (EE).

Tabla 10. Análisis inicial del diagnóstico (Política energética)

<b>DIAGNÓSTICO DE LA NORMA ISO 50001:2012</b>			
Puntos de la norma ISO 50001	<b>C</b>	<b>CP</b>	<b>NC</b>
<b>4.3 POLÍTICA ENERGÉTICA</b>			
¿La política energética incluye un compromiso de mejora continua de EE?			X
¿Incluye el compromiso de proporcionar información y recursos necesarios para el logro de los objetivos estratégicos y operacionales?			X
¿Incluye el compromiso de cumplir con todos los requisitos legales y otros que apliquen?			X
¿La política energética apoya la adquisición de productos y servicios de EE?			X
¿Fue documentada y comunicada en toda la empresa?			X
¿Está sujeta a revisiones periódicas y actualizaciones?			X
<b>Nomenclatura:</b> C: Cumple, CP: Cumple Parcialmente, NC: No Cumple			
<b>Calificación:</b> Marcado: 1, En Blanco: 0			

Fuente: (NTE INEN-ISO 50001:2012, 2012)

Tabla 11. Resultados del diagnóstico (Política Energética)

	<b>Cumple</b>	<b>Cumple parcialmente</b>	<b>No cumple</b>
<b>Total</b>	0	0	10
<b>Porcentaje</b>	0%	0%	100%

Fuente: Autores

Figura 12. Etapa 4.3 Política energética



Fuente: Autores

**3.1.3 Planificación energética.** La organización Hotel Spa Termal “Monte Selva” desde sus inicios no ha tomado consideraciones sobre la implementación de un SGen, por lo que no ha manifestado la planificación de mejoras en el uso y consumo del

sistema energético. Además cabe mencionar que el personal de mantenimiento es el que se encarga de la revisión diaria de los sistemas y equipos, pero no son técnicos capacitados y desconocen de la importancia que tendría una planificación energética para la posible implantación del SGE.

Tabla 12. Análisis inicial del diagnóstico (Planificación energética)

<b>DIAGNÓSTICO DE LA NORMA ISO 50001:2012</b>			
<b>Puntos de la Norma ISO 50001</b>	<b>C</b>	<b>CP</b>	<b>NC</b>
<b>4.4 PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA</b>			
<b>4.4.1 Generalidades</b>			
¿La empresa ha dirigido y documentado un proceso de planificación de la energía?			X
<b>4.4.2 Requisitos legales y otros requisitos</b>			
¿Se han identificado y ejecutado todos los requisitos legales y otros aplicables a la empresa?			X
¿Se realiza una revisión periódica de los requisitos legales y de otro tipo?			X
<b>4.4.3 Revisión energética</b>			
¿La empresa ha llevado a cabo una revisión de la energía y documentado?			X
¿Se tuvieron en cuenta los (UCE), (USE) y Oportunidades de mejora en la revisión energética?			X
<b>4.4.3 (a) A. Fuentes, uso y consumo de energía</b>			
Evaluación de los usos y consumos de energía (UCE)			X
<b>4.4.3 (b) B. Usos significativos</b>			
¿Se identificaron áreas de uso significativo de energía (USE)? Equipos importantes, procesos, personas y factores relevantes que influyen en los UCE?			X
<b>4.4.3 (c) C. Priorizar oportunidades de mejora</b>			
¿Se determinó el desempeño energético presente y se estimó el desempeño energético futuro?			X
¿Se identificaron oportunidades de mejora?			X
<b>4.4.4 Línea de base energética</b>			
¿Se ha establecido una línea de base energética usando la información de la revisión inicial de la energía y se ha continuado su desarrollo según ha sido necesario?			X
<b>4.4.5 Indicadores de desempeño energético</b>			
¿Se han identificado los correspondientes IDEn y son revisados con regularidad?			X
<b>4.4.6 Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía</b>			
¿Se han establecido metas y objetivos estratégicos y operativos para plazos fijos, basados en el trabajo preliminar?			X

Tabla 12. Continuación

¿Se elaboró un plan de acción teniendo en cuenta los recursos necesarios, periodos de tiempo para el logro de objetivos, definición de responsabilidades y el método del mismo?			X
¿Las metas, objetivos y plan de acción han sido documentados y se revisan regularmente?			X
<b>Nomenclatura: C: Cumple, CP: Cumple Parcialmente, NC: No Cumple</b>			
<b>Calificación: Marcado: 1, En Blanco: 0</b>			

Fuente: (NTE INEN-ISO 50001:2012, 2012)

Tabla 13. Resultados del diagnóstico (Planificación energética)

	<b>Cumple</b>	<b>Cumple parcialmente</b>	<b>No cumple</b>
<b>Total</b>	0	0	10
<b>Porcentaje</b>	0%	0%	100%

Fuente: Autores

Figura 13. Etapa 4.4 Planificación energética



Fuente: Autores

El personal que labora en el Hotel, tanto administrativo como el de servicio, desconocen del tema abordado. No se ha previsto una planificación; la desinformación y/o descuido se ha evidenciado, tanto así que las irregularidades se presentan a simple vista.

Sin embargo mantienen un constante mantenimiento en los sistemas que se consideran críticos (sistemas de vapor: calderas y tanques de agua caliente), a pesar de ello, el peligro es latente debido a la obsoleta y desordenada instalación que se mantiene. Vale la pena mencionar que la administración tenía entre sus planes la implementación de energías renovables para reducir el coste en los recursos energéticos, pero no así la consideración de realizar una auditoría o diagnóstico energético para tener un panorama

amplio y brindar un sistema que satisfaga el comportamiento eficiente de los sistemas energéticos de la empresa.

**3.1.4 Implementación y operación.** En el Hotel Spa Termal Monte Selva la implementación quedará a criterio de la administración, por cuanto ellos necesitan la evaluación técnica económica que representaría, la misma que se está analizando en esta investigación.

Cabe recalcar que este proyecto comprende la etapa de diagnóstico energético, sin que se incluya la implementación de la norma y su respectiva operación. Pero se hace referencia a la misma para seguir un lineamiento que posteriormente puede implantarse.

### **3.2 Aplicación del diagnóstico energético**

Dentro de los requisitos del sistema de gestión de la energía de la norma NTE INEN ISO 50001:2012; en su numeral 4.3 de planificación energética, habla sobre la revisión energética, misma que resume la participación de la organización para desempeñar o llevar a cabo y documentar la planificación energética en coherencia con la política energética. Este desempeño conducirá las actividades a la mejora continua, así mismo la revisión periódica de la planificación permitirá identificar los efectos adversos que afecten directamente el desempeño energético.

Como se mencionaba anteriormente en la aplicación del diagnóstico energético se procederá a realizar y desarrollar detalladamente la revisión energética que se tiene en la organización, misma que está contemplada en el numeral 4.4.3 de la norma en mención.

**3.2.1 Situación actual del consumo energético.** A continuación se detalla los valores históricos de los recursos energéticos consumidos durante los últimos tres años, así mismo se proporciona el valor pagado en la planilla tanto para electricidad como para agua potable. En lo que respecta al consumo de diésel y gas industrial se va realizar un análisis por separado, ya que el consumo de estos representan un valor muy importante dentro de la hostería.

Lo que se va a analizar en este punto es la evaluación del uso y consumo de la energía dentro de cada una de las áreas de la hostería. Para lo cual se requiere un diagrama



porcentual y una gráfica de control, los cuales permitirán reflejar y visualizar de una mejor manera los UCE (Usos y Consumos Energéticos).

En este punto también se pretende identificar, y así lo plantea la norma, el uso significativo de consumo energético (USE), esto para potencializar y evitar el desperdicio de energía optimizando los recursos disponibles, mejorando notablemente la eficiencia energética.

El análisis que se realizará se enfoca particularmente al área húmeda, misma que demanda una gran cantidad de recursos energéticos. Así mismo, y de manera independiente, se hará un análisis en el área de administración y en el salón de eventos.

Para analizar los aspectos importantes (Consumos de electricidad, agua potable y combustible) del estudio, se utilizará un recurso tecnológico como es el software libre Minitab, con el cual se pretende visualizar los diagramas de control.

Dentro de este contexto, y en forma más específica, los diagramas de control que se utilizaran será: Carta de Individuales y Carta de rangos Móviles.

**3.2.1.1 Carta de individuales.** Es un diagrama para variables de tipo continuo que se aplica a procesos lentos y/o donde haya espacios de tiempo largos para la determinación de las mediciones. (GUTIERRÉZ, 2009). Por ejemplo, para este tipo de procesos se tiene, entre otras, “algunas variables administrativas cuyas mediciones se obtienen cada día, cada semana o más. Ejemplo, mediciones de productividad, de desperdicio, consumo de agua, electricidad, combustibles, etc.” (GUTIERRÉZ, 2009)

**3.2.1.2 Cartas de rangos móviles.** Esta carta acompaña a la carta de individuales, y en ella se grafica el rango móvil de orden 2 (GUTIERRÉZ, 2009). Es de vital importancia, ya que en ésta se puede localizar cambios en la dispersión del proceso.

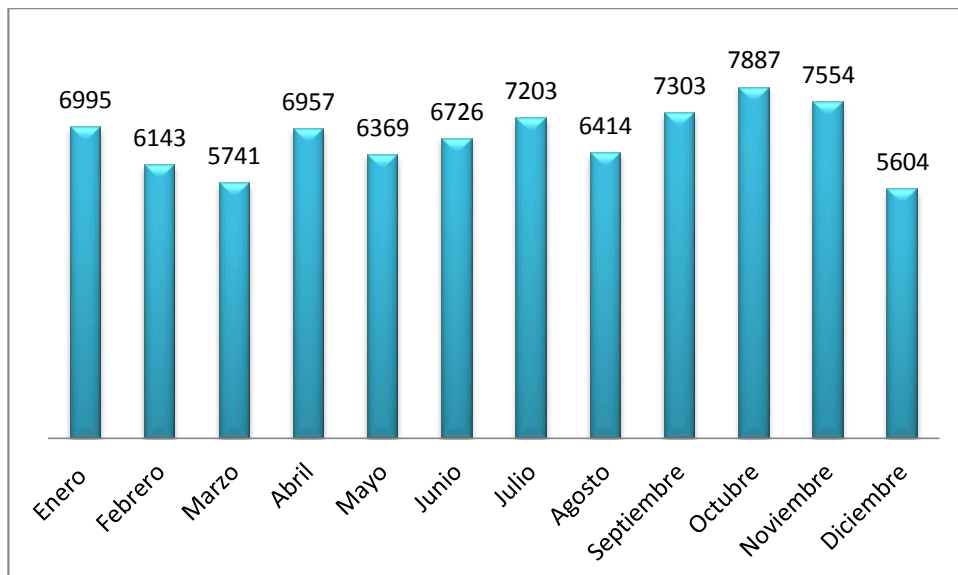
### 3.2.1.3 Consumo de energía eléctrica.

Tabla 14. Consumo eléctrico en el año 2013

Meses	Administración Consumo [kWh]	Hotel Consumo [kWh]	Total [kWh]	Costo Adm. [USD]	Costo Hotel [USD]	Total [USD]
Enero	1 061	5 934	6 995	157,7	556,89	714,59
Febrero	895	5 248	6 143	126,57	486,7	613,27
Marzo	829	4 912	5 741	114,99	489,14	604,13
Abril	1 022	5 935	6 957	149,6	575,79	725,39
Mayo	1 016	5 353	6 369	154,38	552,43	706,81
Junio	1 047	5 679	6 726	154,83	568,75	723,58
Julio	969	6 234	7 203	144,6	614,07	758,67
Agosto	824	5 590	6 414	114,11	538,77	652,88
Septiembre	940	6 363	7 303	134,46	584,06	718,52
Octubre	943	6 944	7 887	134,98	652,34	787,32
Noviembre	869	6 685	7 554	122	632,64	754,64
Diciembre	874	4930	5804	127,92	558,09	686,01
<b>TOTAL</b>						8 445,81

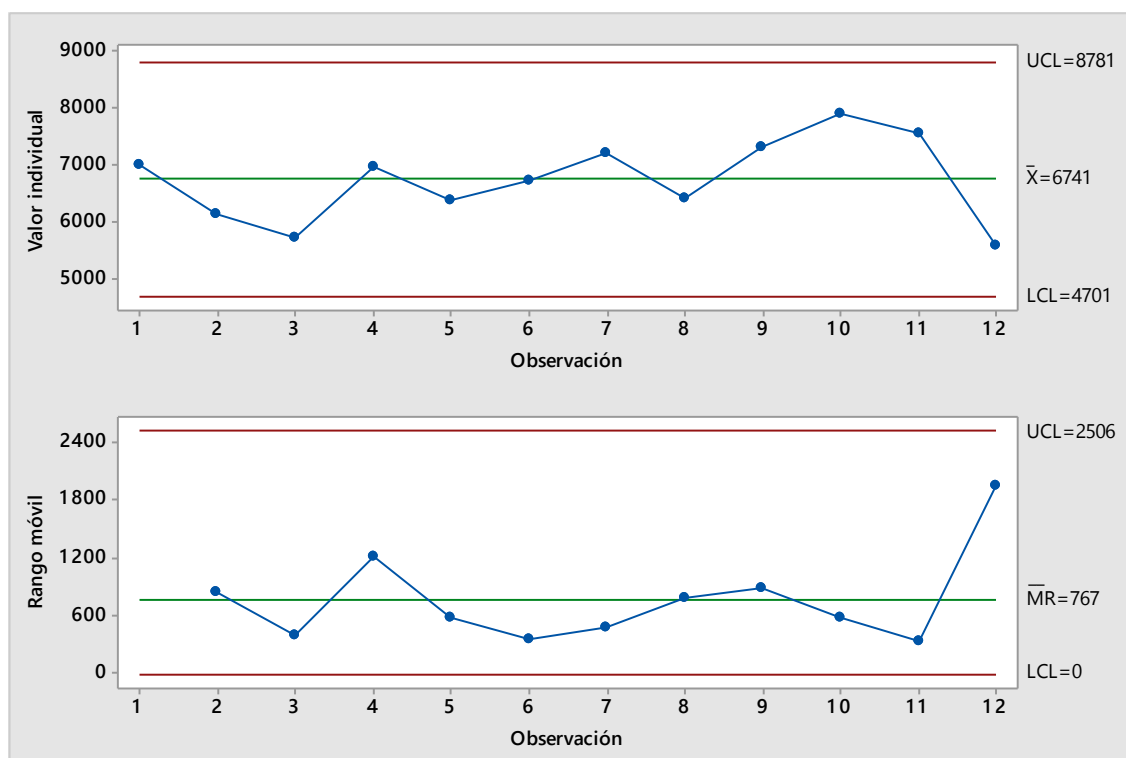
Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

Figura 14. Diagrama del consumo eléctrico total [kWh], año 2013



Fuente: Autores.

Figura 15. Diagrama de control año 2013



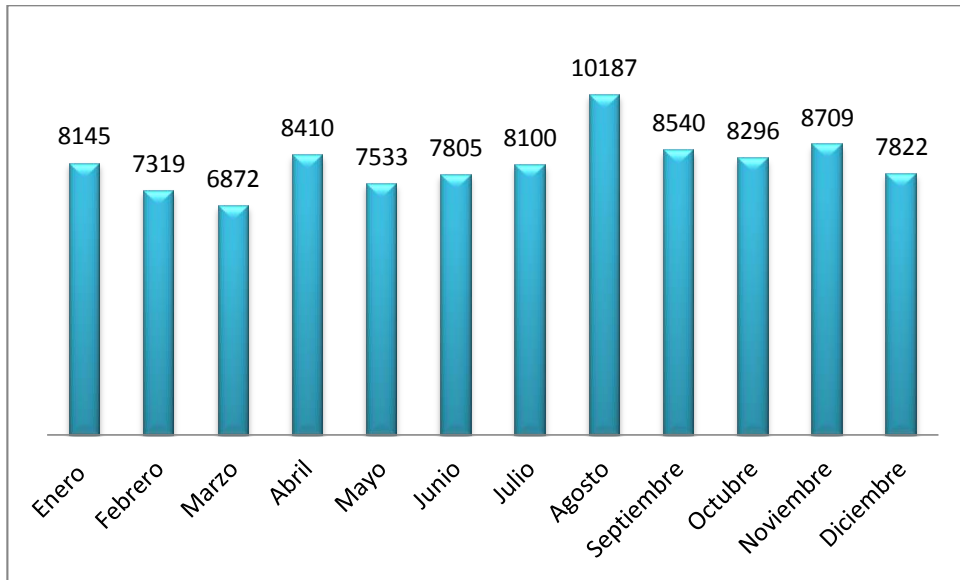
Fuente: Autores

Tabla 15. Consumo eléctrico en el año 2014

Meses	Administración Consumo [kWh]	Hotel Consumo [kWh]	Total [kWh]	Costo Adm [USD]	Costo Hotel [USD]	Total [USD]
Enero	868	7 277	8 145	121,94	667,78	789,72
Febrero	808	6 511	7 319	111,41	625,2	736,61
Marzo	761	6 111	6 872	103,15	584,23	687,38
Abril	901	7 509	8 410	132,76	725,34	858,1
Mayo	808	6 725	7 533	120,3	774,27	894,57
Junio	805	7 000	7 805	124,82	828,55	953,37
Julio	665	7 435	8 100	99,39	886,27	985,66
Agosto	887	9 300	10 187	135,03	1008,4	1 143,43
Septiembre	764	7 776	8 540	117,15	883,11	1 000,26
Octubre	680	7 616	8 296	96,85	863,19	960,04
Noviembre	691	8 018	8 709	98,67	911,73	1 010,4
Diciembre	692	7 130	7 822	98,83	790,86	889,69
<b>TOTAL</b>						10 909,23

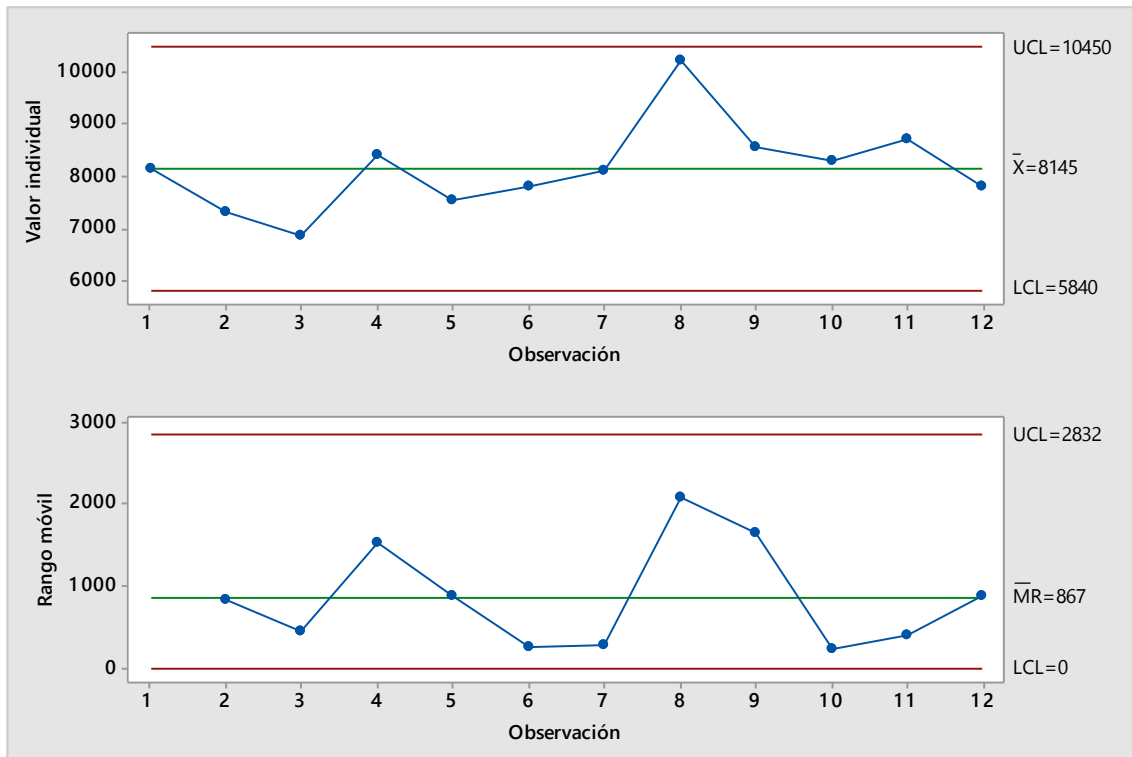
Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal "Monte Selva"

Figura 16. Diagrama del consumo eléctrico [kWh], año 2014



Fuente: Autores

Figura 17. Diagrama de Control, año 2014



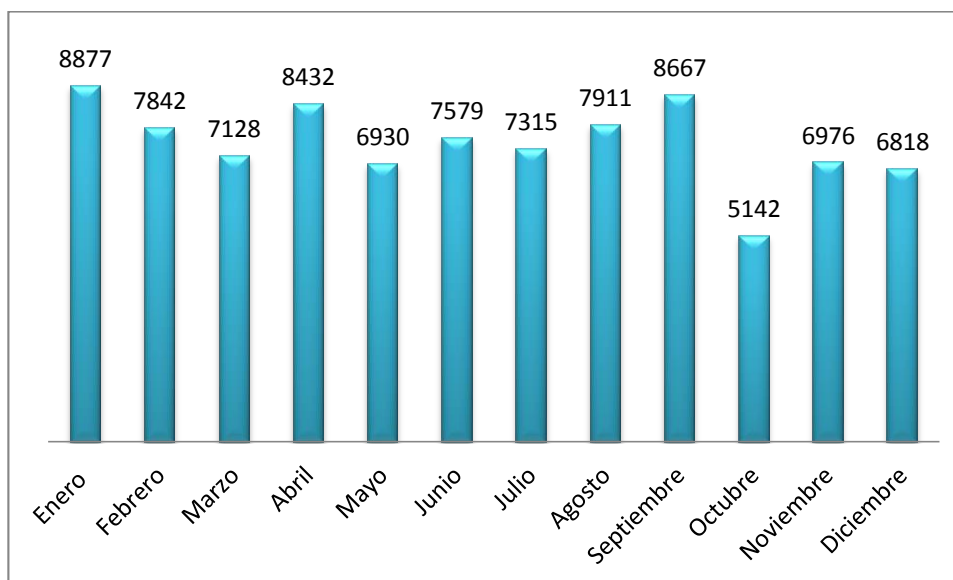
Fuente: Autores

Tabla 16. Consumo eléctrico en el año 2015

Meses	Administración Consumo [kWh]	Hotel Consumo [kWh]	Total [kWh]	Costo Admin [USD]	Costo Hotel [USD]	Total [USD]
Enero	755	8 122	8 877	110,41	925,96	1 036,37
Febrero	671	7 171	7 842	100,72	870,43	971,15
Marzo	696	6 432	7 128	99,57	744,99	844,56
Abril	793	7 639	8 432	117,57	887,07	1 004,64
Mayo	690	6 240	6 930	98,58	752,73	851,31
Junio	725	6 854	7 579	104,88	797,66	902,54
Julio	754	6 165	6 919	110,29	766,03	876,32
Agosto	771	7 140	7 911	113,46	821,84	935,3
Septiembre	680	7 987	8 667	96,92	864,67	961,59
Octubre	698	4 444	5 142	99,9	557,43	657,33
Noviembre	693	6 283	6 976	104,35	781,31	885,66
Diciembre	537	6 281	6 818	78,54	634,67	713,21
<b>TOTAL</b>						<b>10 639,98</b>

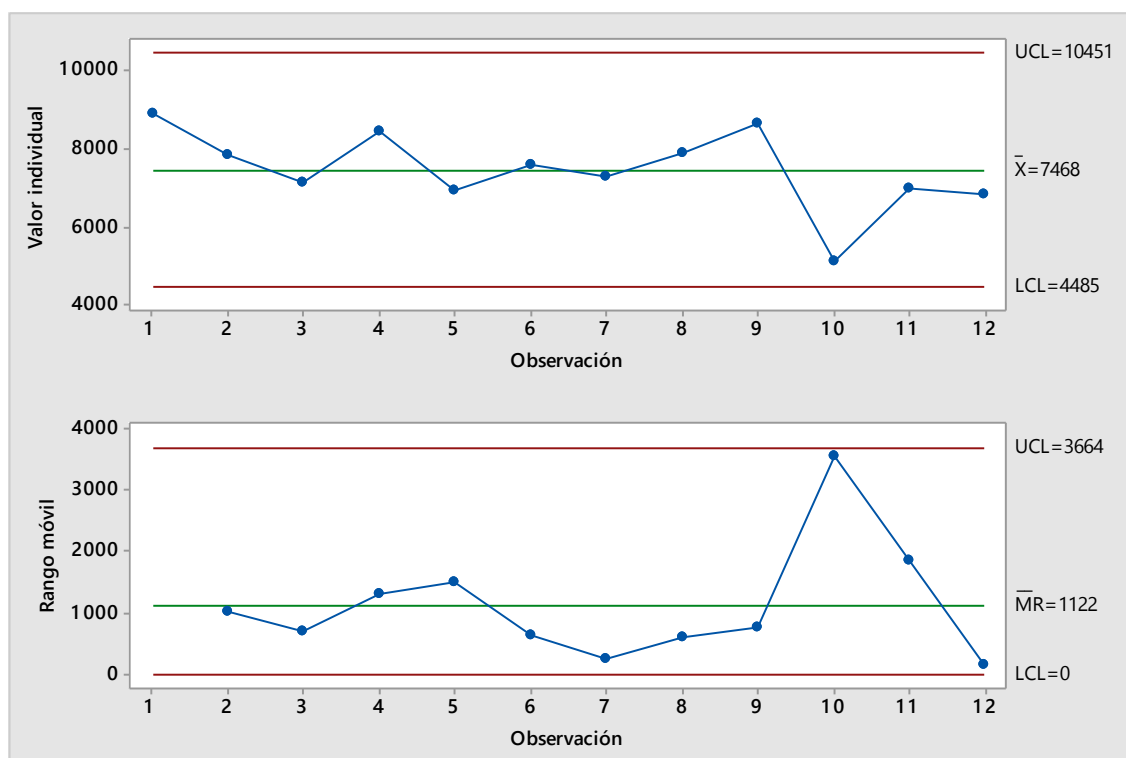
Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

Figura 18. Diagrama del consumo eléctrico [kWh], año 2015



Fuente: Autores

Figura 19. Diagrama de control de electricidad, año 2015



Fuente: Autores

### Interpretación de resultados en consumo de electricidad

El consumo de electricidad de la hostería en los últimos tres años está dentro de los límites; tanto del límite control superior (UCL), como del límite de control inferior (LCL). De manera general se dice que las gráficas muestran cambios de nivel con referencia a la línea central, la presencia de ciclos bajos y altos es evidente además de existir puntos críticos (puntos picos altos y bajos). Esto se debe a que en esos puntos (meses) hubo mayor afluencia de turistas o lo contrario. En resumen se indica que las gráficas de control están dentro de un proceso estable de funcionamiento.

Las gráficas de control por variable que se utilizó es la de observación individual y rangos móviles (I-MR Chart), ya que el proceso que se está controlando y analizando procede de una única muestra individual por años. Además requiere de un periodo relativamente largo para su obtención y/o medición.

**3.2.1.4 Consumo de combustibles.** Los combustibles utilizados son: gas industrial y diésel; el gas industrial se utiliza para calentar el agua en los calefones existentes, mientras que el diésel se ocupa para la generación de vapor en la caldera.

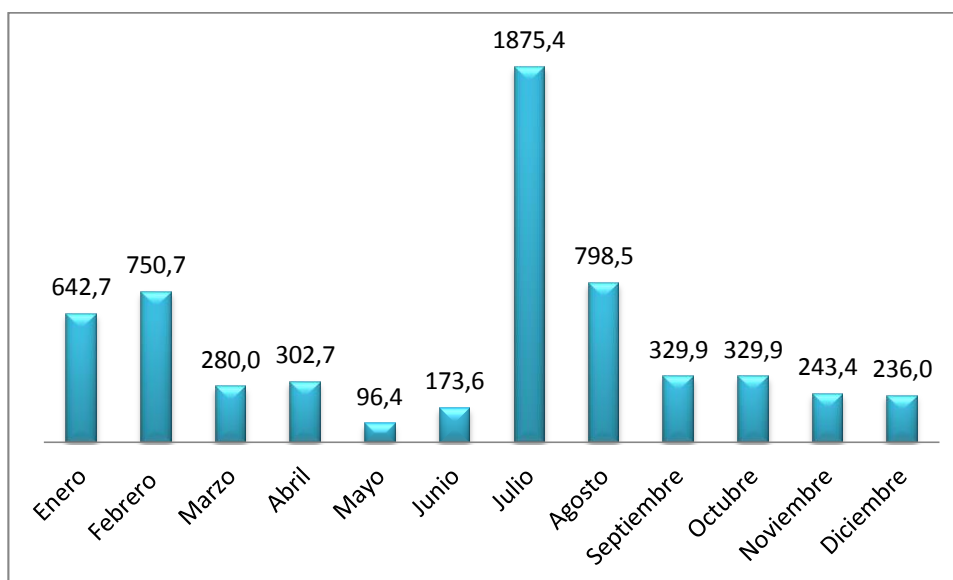
A continuación se va a detallar el consumo que se ha tenido en los últimos tres años, con lo cual se va a tener una referencia para el diagnóstico energético. El análisis y consumo de los mismos se hará de manera independiente.

Tabla 17. Consumo de diésel, año 2013

Meses	Consumo [gal]	Costo [USD]
Enero	642,7	660
Febrero	750,7	771
Marzo	280,0	287,51
Abril	302,7	310,89
Mayo	96,4	99
Junio	173,6	178,3
Julio	1 875,4	1926
Agosto	798,5	820
Septiembre	329,9	338,8
Octubre	329,9	338,8
Noviembre	243,4	250
Diciembre	236,0	242,35
<b>TOTAL</b>		<b>6 222,65</b>

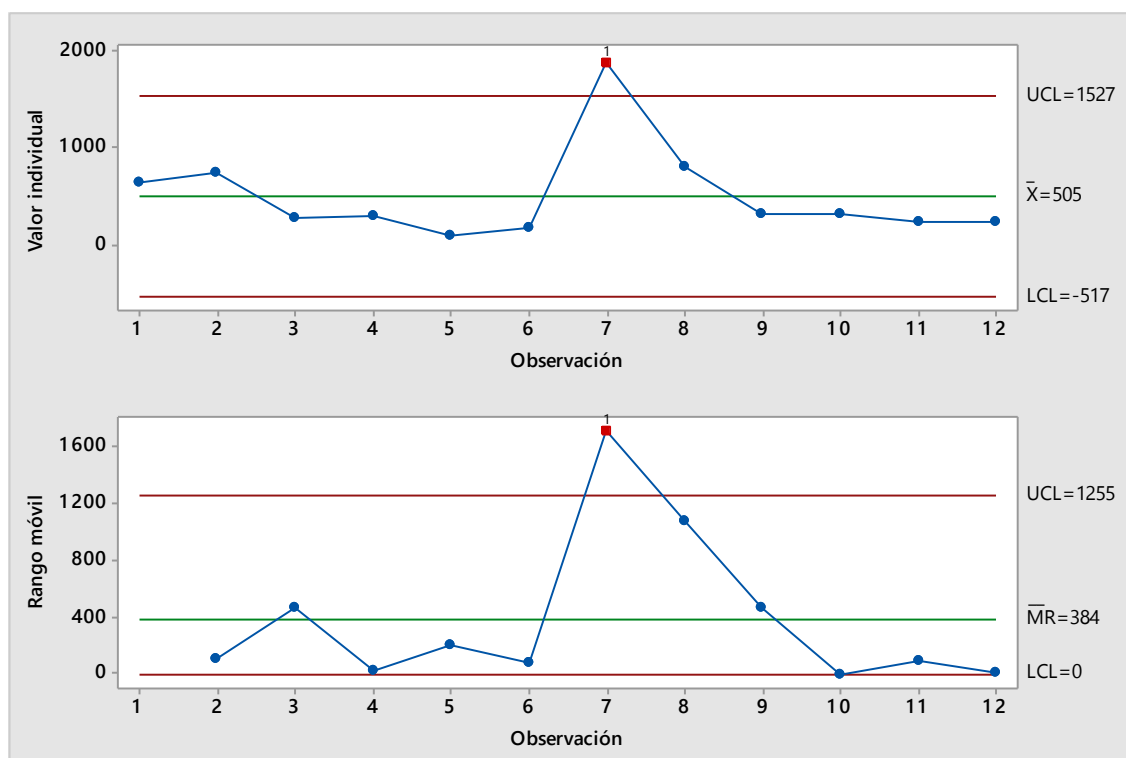
Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

Figura 20. Consumo de Diésel [gal], año 2013



Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

Figura 21. Diagrama de control de diésel, año 2013



Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

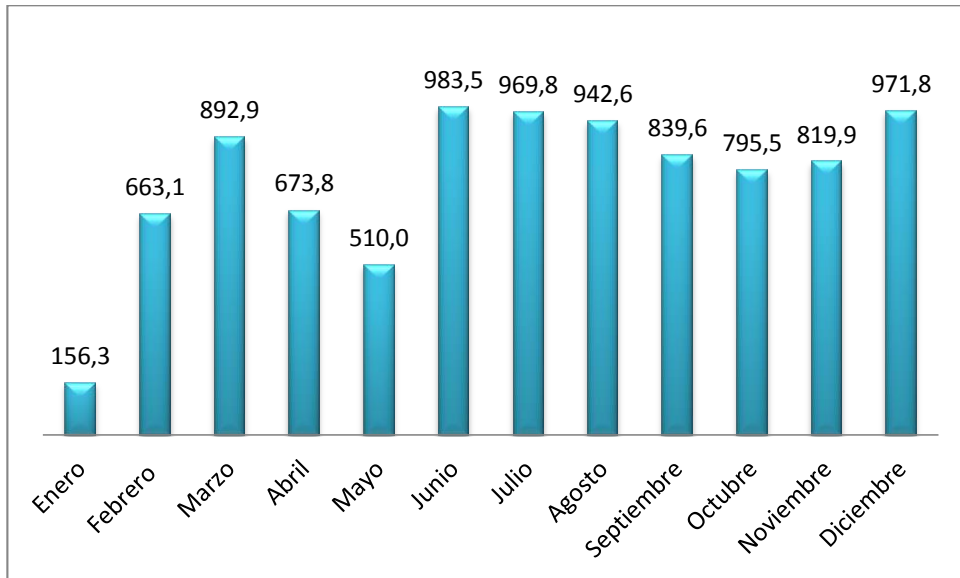
Tabla 18. Consumo de diésel, año 2014

Meses	Consumo [gal]	Costo [USD]
Enero	156,3	160,5
Febrero	663,1	681
Marzo	892,9	917
Abril	673,8	692
Mayo	510,0	523,8
Junio	983,5	1 010
Julio	969,8	996
Agosto	942,6	968
Septiembre	839,6	862,3
Octubre	795,5	817
Noviembre	819,9	842
Diciembre	971,8	998
<b>TOTAL</b>		<b>9 467,6</b>

Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

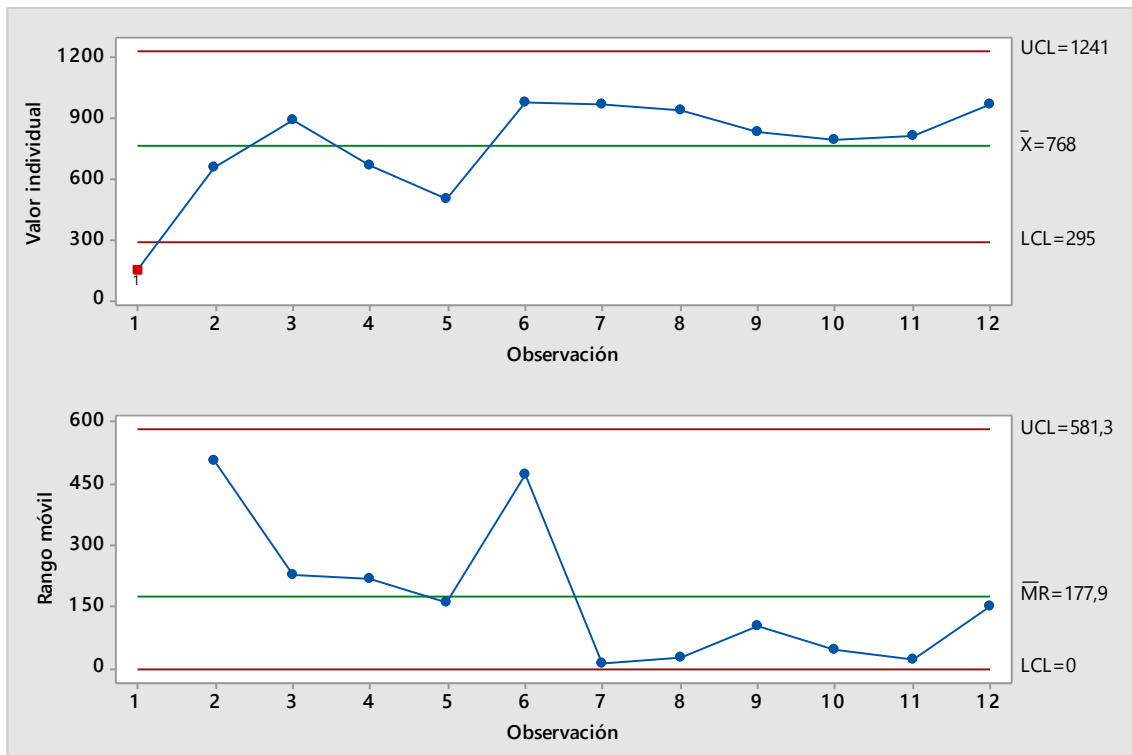


Figura 22. Consumo de diésel [gal], año 2014



Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

Figura 23. Diagrama de control de diésel, año 2014



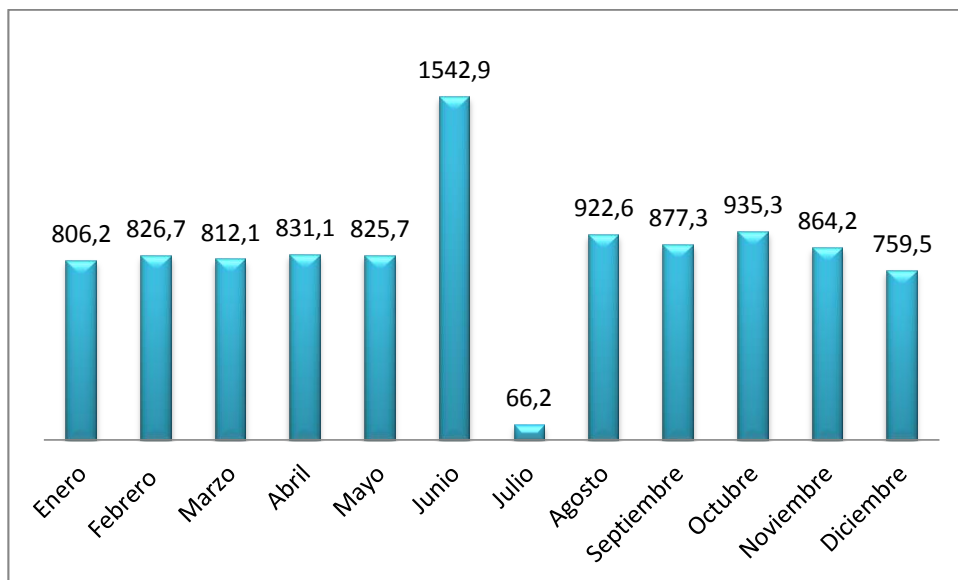
Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

Tabla 19. Consumo de diésel, año 2015

Meses	Consumo [gal]	Costo [USD]
Enero	806,2	827,97
Febrero	826,7	849
Marzo	812,1	834
Abril	831,1	853,5
Mayo	825,7	848
Junio	1 542,9	1 584,5
Julio	66,2	68
Agosto	922,6	947,5
Septiembre	877,3	901
Octubre	935,3	960,5
Noviembre	864,2	887,52
Diciembre	759,5	780
<b>TOTAL</b>		<b>10 341,49</b>

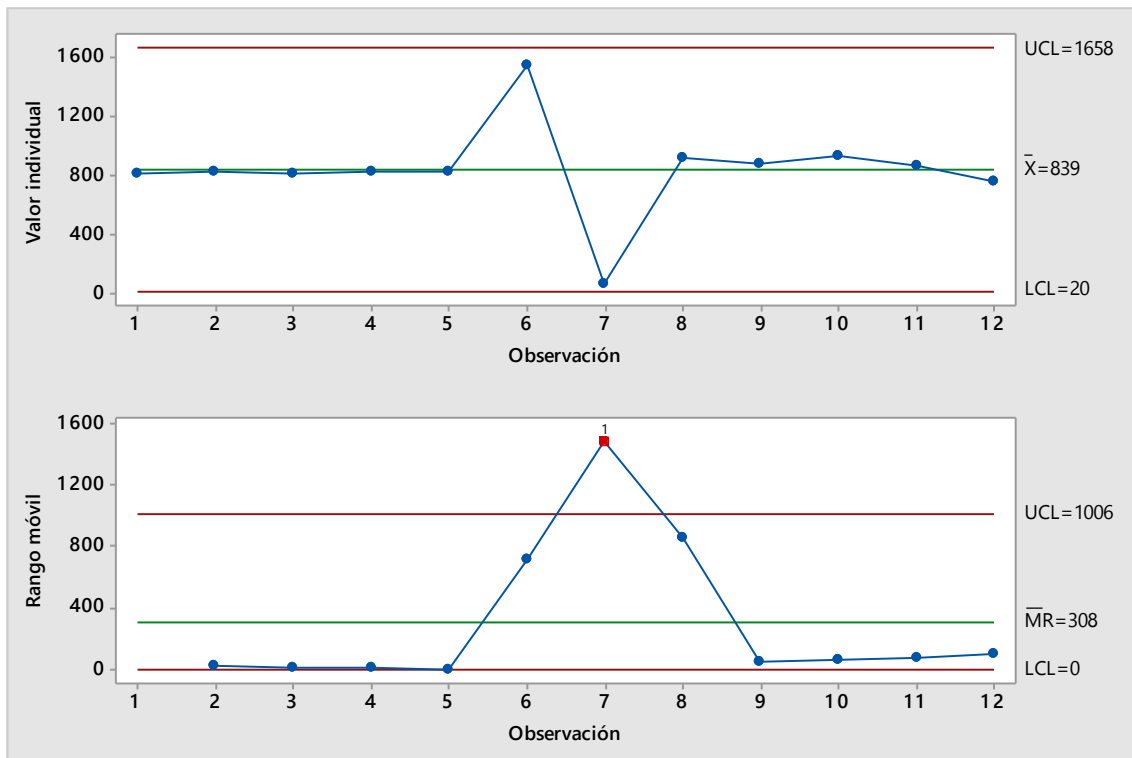
Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

Figura 24. Consumo de diésel [gal], año 2015



Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

Figura 25. Diagrama de control de diésel, año 2015



Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

### Interpretación de resultados en consumo de diésel

Para la interpretación de estas gráficas, de este combustible, se va a realizar de una manera individual, ya que entre ellas fluctúa de una manera muy distinta el consumo en los años detallados. A partir de esta introducción, lo que se necesita saber es el motivo de la inestabilidad en el proceso.

En el año 2013 se ha detectado una causa especial (un punto cae fuera de los límites de control, mes de julio); esto se debe a que hubo una gran afluencia de turistas, puesto que se trata de un periodo vacacional, sin embargo existe un proceso estable antes y después del mismo, lo que refleja una estabilidad en el mismo; estos indican una variación en forma aleatoria y con una tendencia a caer en la línea central.

Para el año 2014 se detecta un cambio especial en el proceso al inicio del año en mención, seguido existe la presencia de un ciclo hasta la mitad del mismo y posteriormente la tendencia se forma estable con tendencia a caer cerca de la línea central sin cambio de nivel y por arriba de la media.

Ya en el año 2015 las cosas son más estables los primeros 5 meses se registran un consumo muy similar, el sexto mes se origina un ciclo hasta que se estabiliza en el noveno mes, de ahí hasta la culminación del año permanece estable con tendencia a caer en la línea central con un ligero cambio de nivel en el último mes.

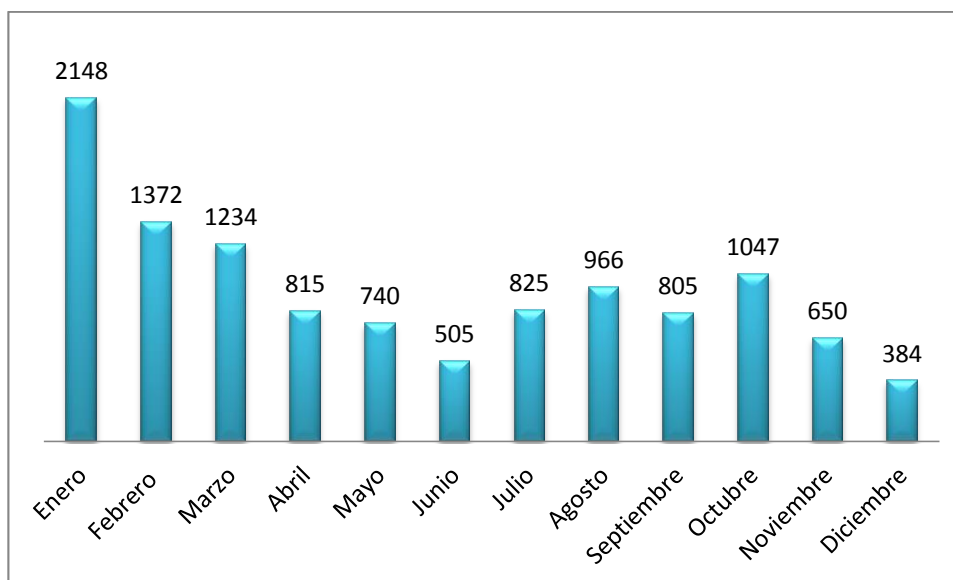
El consumo de GLP también es muy importante dentro del desempeño operacional de la organización, el uso y consumo de este energético en el área húmeda puede representar costos elevados por un inadecuado sistema de instalación.

Tabla 20. Consumo de GLP, año 2013

Meses	Consumo [kg]	Costo [USD]
Enero	2 148	3 150
Febrero	1 372	2 012,5
Marzo	1 234	1 810
Abril	815	1 195
Mayo	740	1 085
Junio	505	740
Julio	825	1 210
Agosto	966	1 417,5
Septiembre	805	1 181
Octubre	1 047	1 535
Noviembre	650	953
Diciembre	384	563
<b>TOTAL</b>		<b>16 852</b>

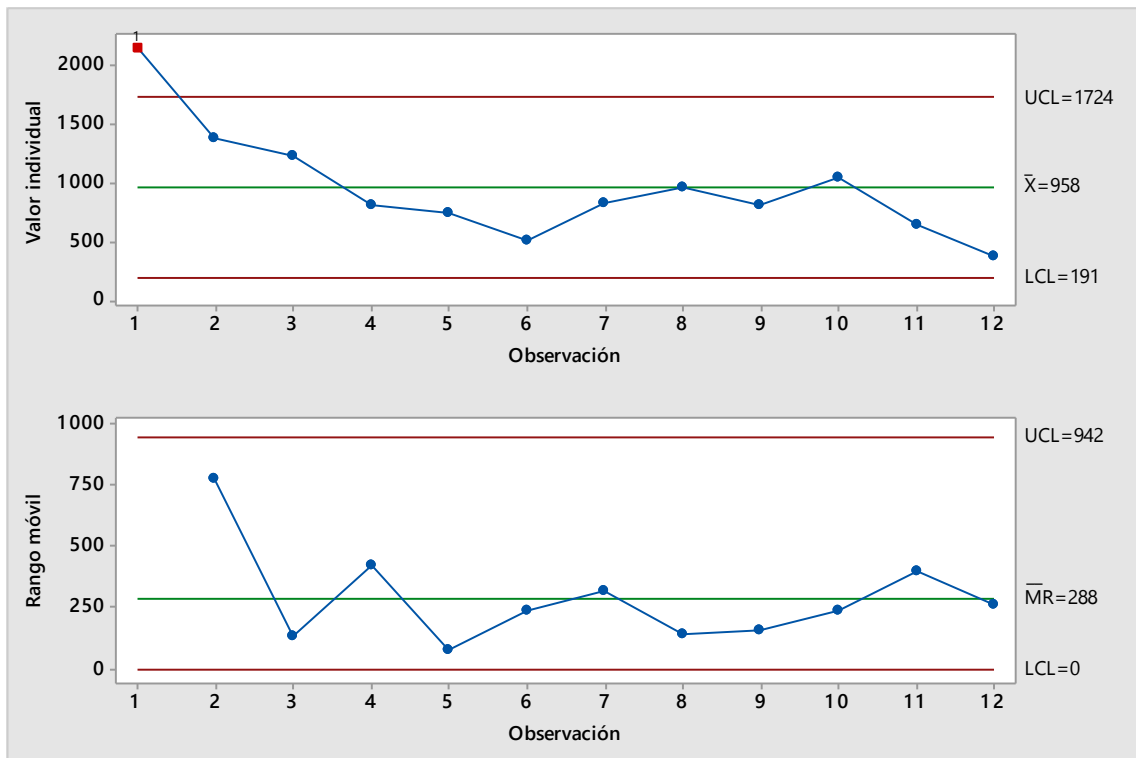
Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

Figura 26. Consumo de GLP [kg], año 2013



Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

Figura 27. Diagrama de control de GLP, año 2013



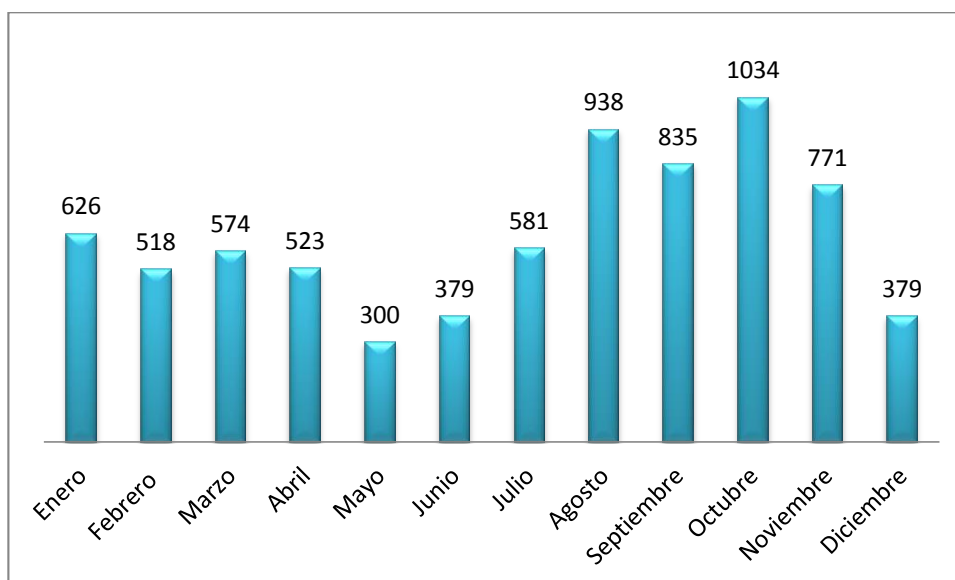
Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

Tabla 21. Consumo de GLP, año 2014

Meses	Consumo [kg]	Costo [USD]
Enero	626	917,5
Febrero	518	760
Marzo	574	841,5
Abril	523	766,5
Mayo	300	440,5
Junio	379	556
Julio	581	852
Agosto	938	1375
Septiembre	835	1 224,5
Octubre	1 034	1 516
Noviembre	771	1 131
Diciembre	379	556
<b>TOTAL</b>		<b>10 936,5</b>

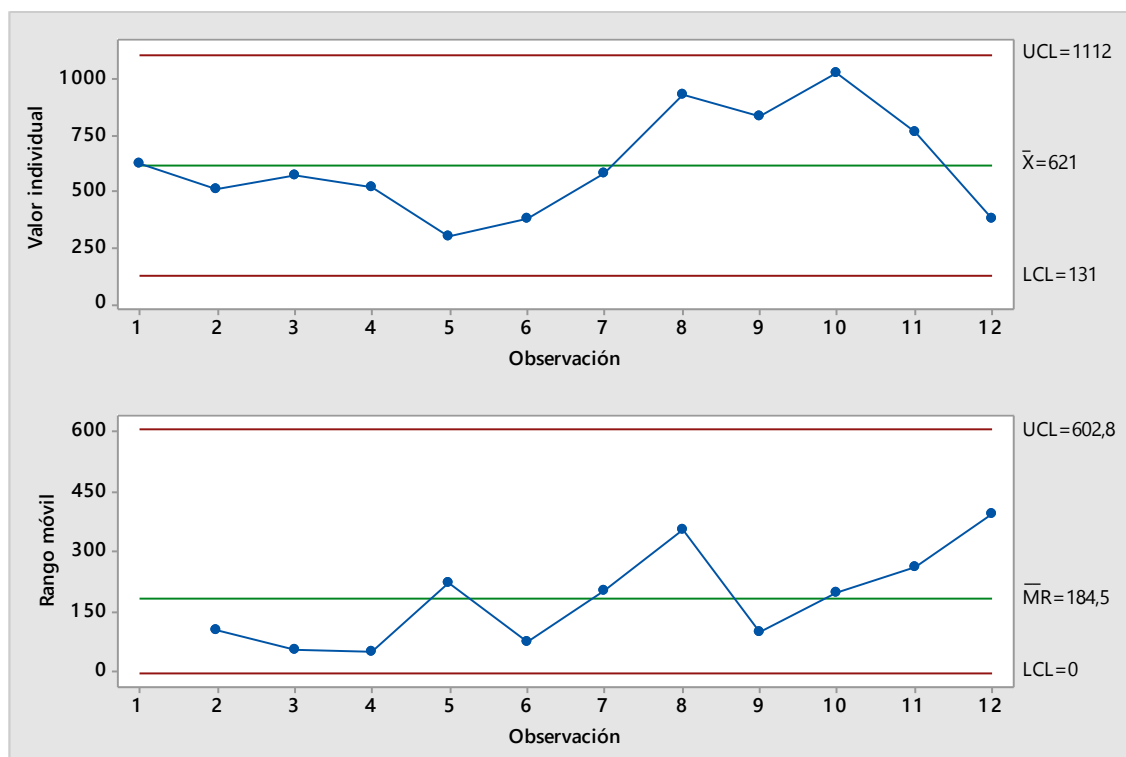
Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

Figura 28. Consumo de GLP [kg], año 2014



Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

Figura 29. Diagrama de control de GLP, año 2014



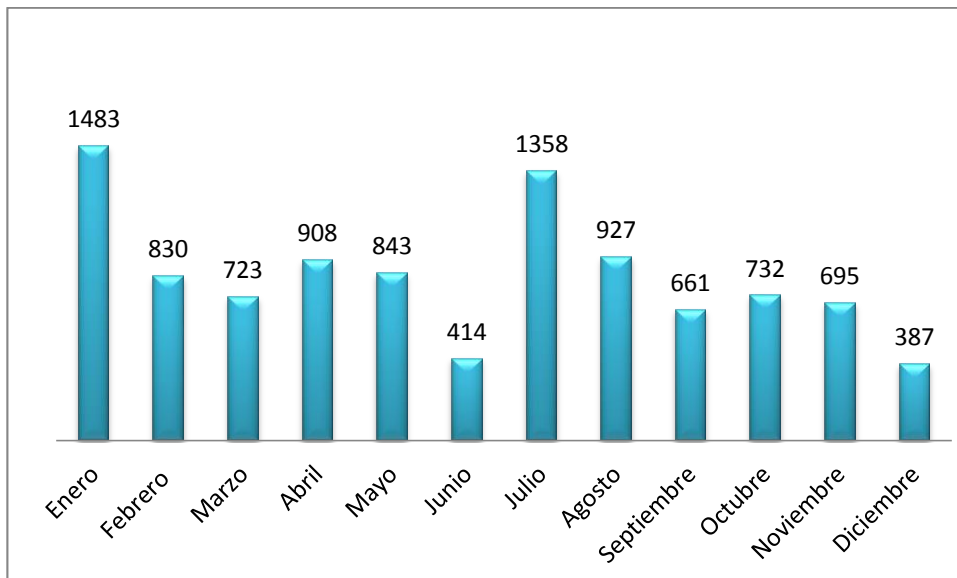
Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

Tabla 22. Consumo de GLP, año 2015

Meses	Consumo [kg]	Costo [USD]
Enero	1 483	2 175,01
Febrero	830	1 216,99
Marzo	723	1 061
Abril	908	1 332
Mayo	843	1 237
Junio	414	607
Julio	1 358	1 991
Agosto	927	1 359
Septiembre	661	969
Octubre	732	1 073
Noviembre	695	1 019
Diciembre	387	567
<b>TOTAL</b>		<b>14 607</b>

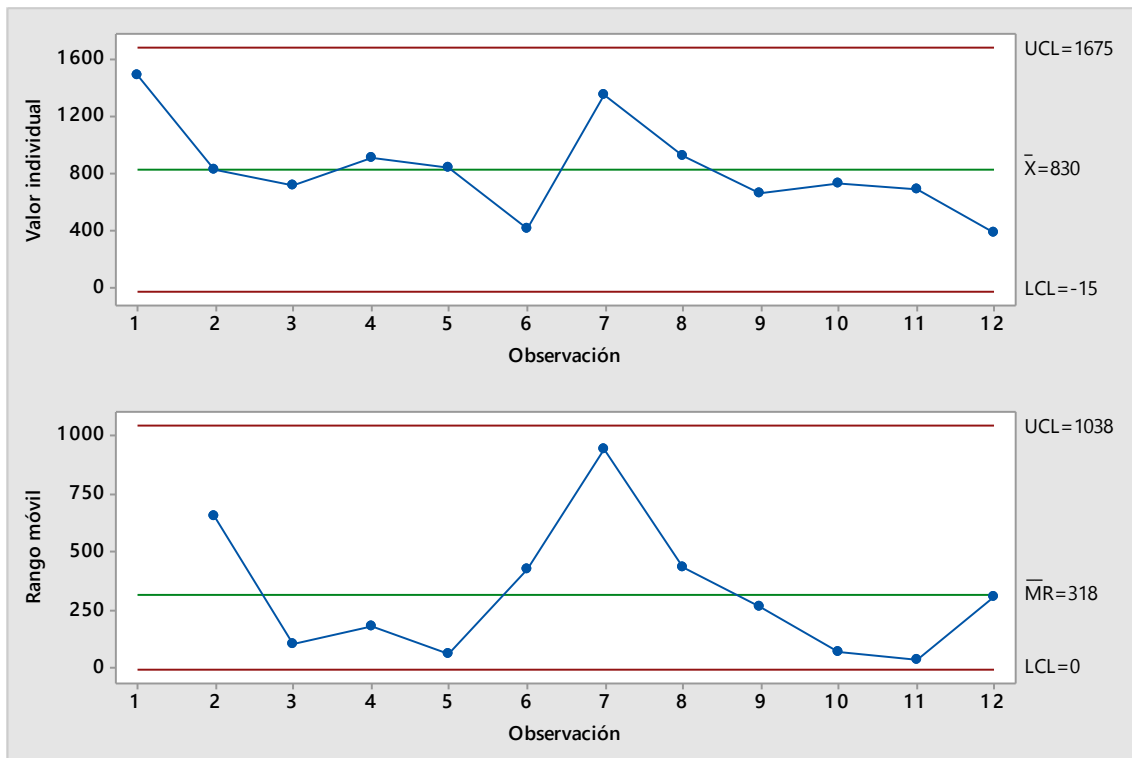
Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

Figura 30. Consumo de GLP [kg], año 2015



Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

Figura 31. Diagrama de control de GLP, año 2015



Fuente: Autores basados en datos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

### Interpretación de resultados en consumo de GLP

Se puede observar claramente que en el año 2013 existe un punto que está fuera del rango de individuales (mes de enero); esto se debe a que en el centro de convecciones hubo una evento, lo que repercutió en consumo excesivo de GLP en la cocina, por tanto en ese punto el proceso es inestable (fuera del control estadístico). Para esto es necesario que se explique, como el índice de inestabilidad detalla una medida en porcentaje, de que tan inestable resulta ser el proceso. Para ello se realiza el siguiente análisis.

$$S_t = \frac{\text{Número de puntos especiales}}{\text{Número de puntos totales}} * 100 \quad (1)$$

Donde:

$S_t$ : Índice de inestabilidad

$$S_t = \frac{1}{12} * 100$$



$$S_t = 8,333$$

La interpretación del índice de inestabilidad difiere de gran parte de los mismos estadísticos, que de forma general deducen que “valores de pocas unidades porcentuales del índice  $S_t$ , indicarán un proceso con poco inestabilidad, que para propósitos prácticos se puede tomar como si fuera estable” (GUTIERRÉZ, 2009), sin embargo existe un valor entre 0 y 2% que significa estabilidad relativamente buena, 2 hasta 5% estabilidad regular; y en la medida de que  $S_t$  supere dichos porcentajes habrá de considerar que tan pésima resulta ser la estabilidad del proceso. (GUTIERRÉZ, 2009).

Para los 2 siguientes años, el proceso resulta muy estable dentro del control estadístico y con tendencia a la línea central

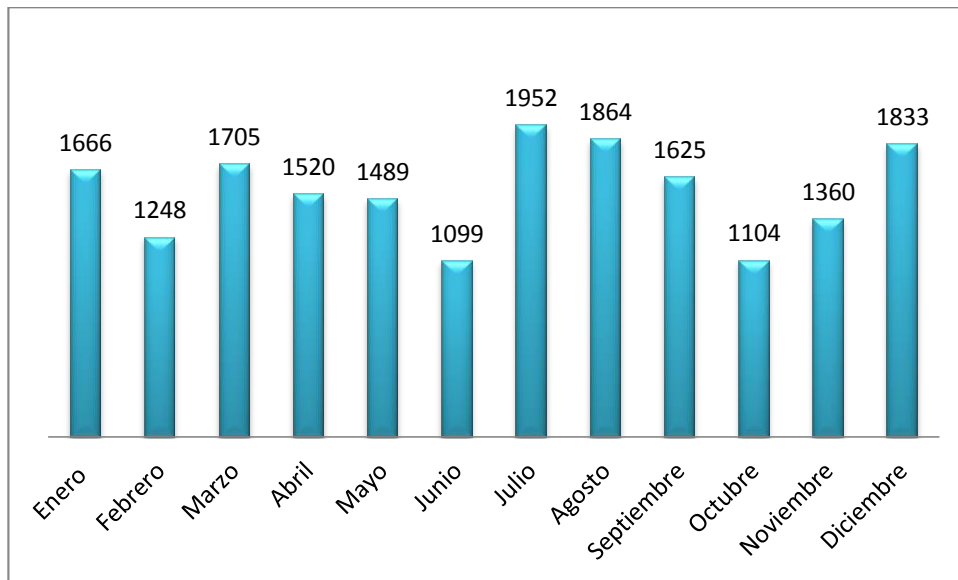
**3.2.1.5 Consumo de agua potable.** El agua potable que se consume en el hotel tiene vital importancia para el funcionamiento óptimo de sus instalaciones. La mayor demanda se da en el sector del área húmeda, y en total en el hotel se cuenta con tres medidores de agua que a continuación se detallará el consumo en los últimos tres años.

Tabla 23. Consumo de agua [m<sup>3</sup>], año 2013

Meses	Consumo [m <sup>3</sup> ] Cuenta N° 140001	Consumo [m <sup>3</sup> ] Cuenta N° 2398	Consumo [m <sup>3</sup> ] Cuenta N° 2399	Total [m <sup>3</sup> ]	Costo total [USD]
Enero	755	438	473	1666	1 016,97
Febrero	576	337	335	1248	786,63
Marzo	756	467	482	1705	1 039,74
Abril	540	482	498	1520	912,36
Mayo	643	431	415	1489	919,29
Junio	538	278	283	1099	705,45
Julio	1 380	280	292	1952	1 265,46
Agosto	586	690	588	1864	1 109,7
Septiembre	800	407	418	1625	1 008,06
Octubre	539	288	277	1104	710,73
Noviembre	675	339	346	1360	856,92
Diciembre	1 038	392	403	1833	1 150,29
<b>TOTAL</b>					<b>11 481,6</b>

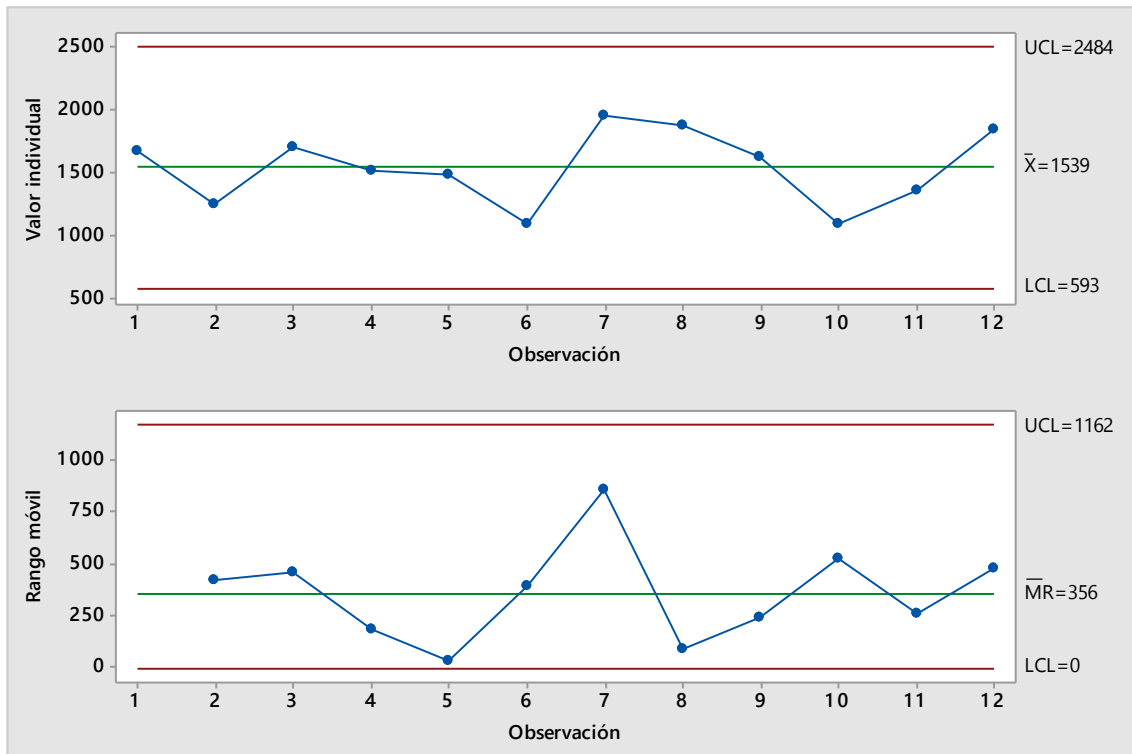
Fuente: Autores, basados en GAD Municipalidad del Cantón Baños de Agua Santa.

Figura 32. Diagrama de consumo total de agua potable [m³], año 2013



Fuente: Autores.

Figura 33. Diagrama de control de agua potable, año 2013



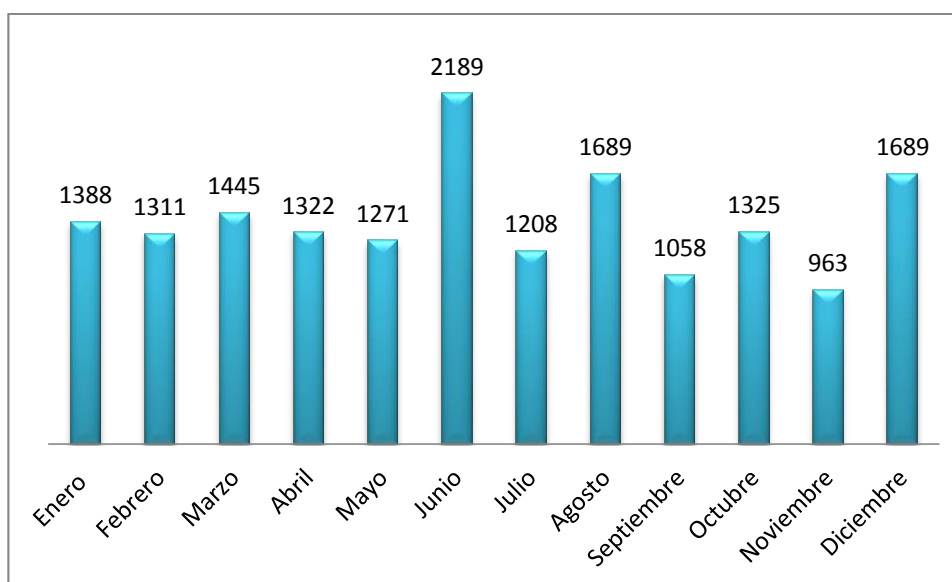
Fuente Autores

Tabla 24. Consumo de agua potable [m³], año 2014

Meses	Consumo [m³] Cuenta N 140001	Consumo [m³] Cuenta N 2398	Consumo [m³] Cuenta N 2399	Total [m³]	Costo total [USD]
Enero	667	360	361	1 388	870,45
Febrero	620	339	352	1 311	822,6
Marzo	787	366	292	1 445	930,84
Abril	627	341	354	1 322	829,2
Mayo	637	348	286	1 271	817,98
Junio	1 011	642	536	2 189	1 341,36
Julio	704	116	388	1 208	742,74
Agosto	738	515	436	1 689	1 044,36
Septiembre	473	314	271	1 058	682,35
Octubre	568	404	353	1 325	831,51
Noviembre	450	275	238	9 63	630,54
Diciembre	781	486	422	1 689	1 048,98
				<b>TOTAL</b>	<b>10 592,91</b>

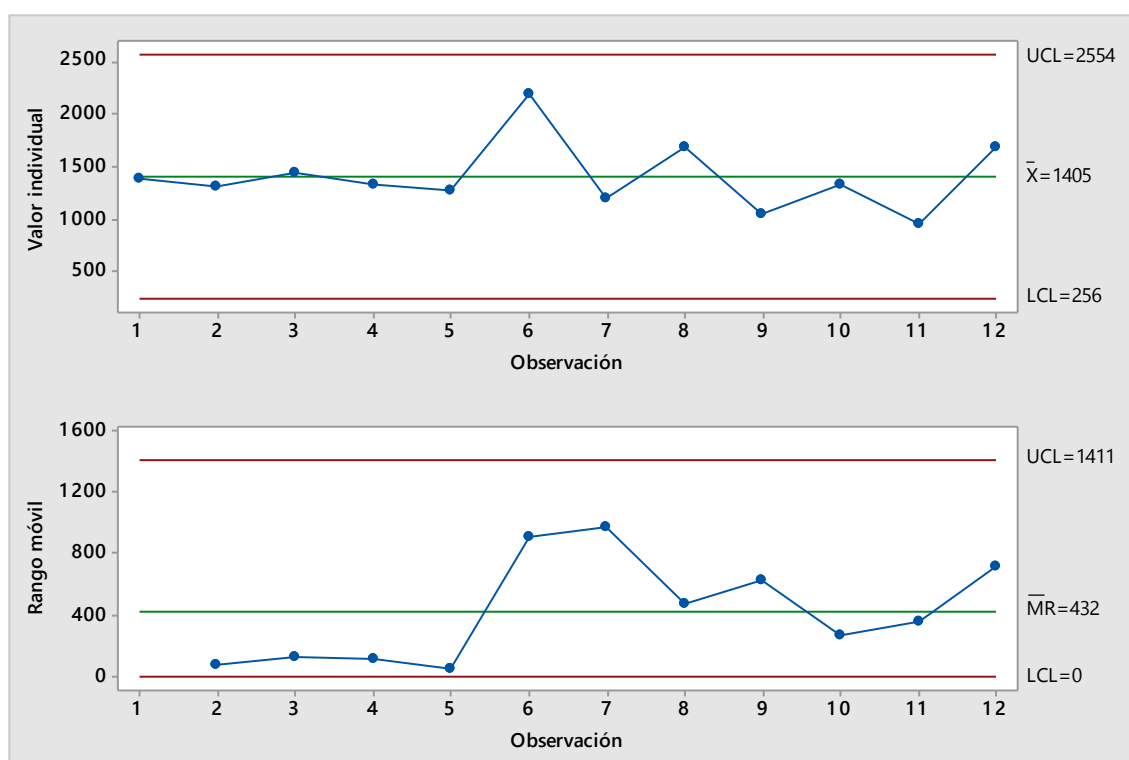
Fuente: Autores, basados en GAD Municipalidad del Cantón Baños de Agua Santa.

Figura 34. Diagrama de consumo total de agua potable [m³], año 2014



Fuente: Autores.

Figura 35. Diagrama de control de agua potable, año 2014



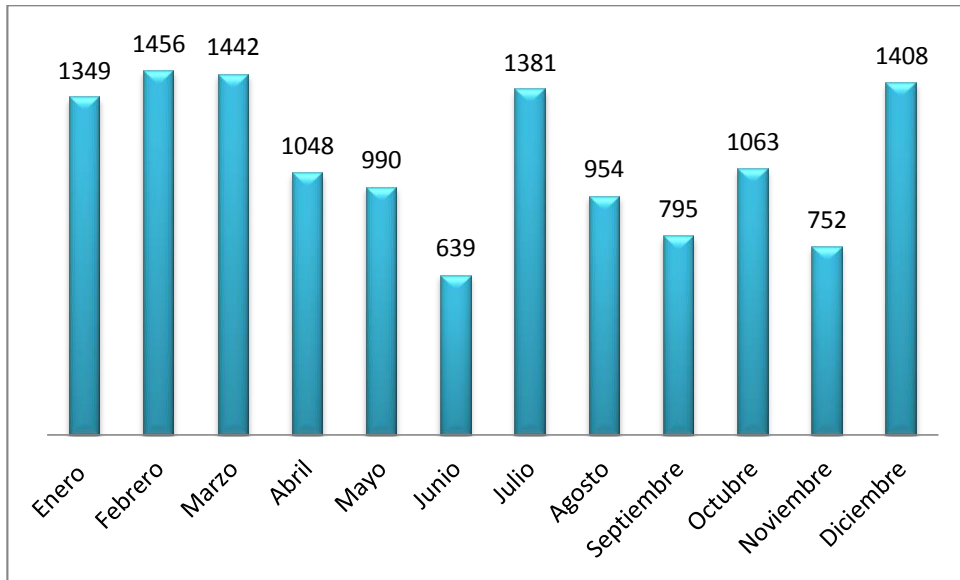
Fuente: Autores.

Tabla 25. Consumo de agua potable [m<sup>3</sup>], año 2015

Meses	Consumo [m <sup>3</sup> ] Cuenta N 140001	Consumo [m <sup>3</sup> ] Cuenta N 2398	Consumo [m <sup>3</sup> ] Cuenta N 2399	Total [m <sup>3</sup> ]	Costo total [USD]
Enero	684	355	310	1 349	861,54
Febrero	727	393	336	1 456	923,58
Marzo	718	385	339	1 442	913,35
Abril	591	301	156	1 048	713,7
Mayo	598	217	175	990	669,15
Junio	452	110	77	639	469,83
Julio	758	341	282	1 381	891,9
Agosto	532	223	199	954	637,47
Septiembre	397	213	185	795	537,15
Octubre	552	283	228	1 063	699,84
Noviembre	407	172	173	752	512,73
Diciembre	796	312	300	1 408	903,78
<b>TOTAL</b>				<b>8 734,02</b>	

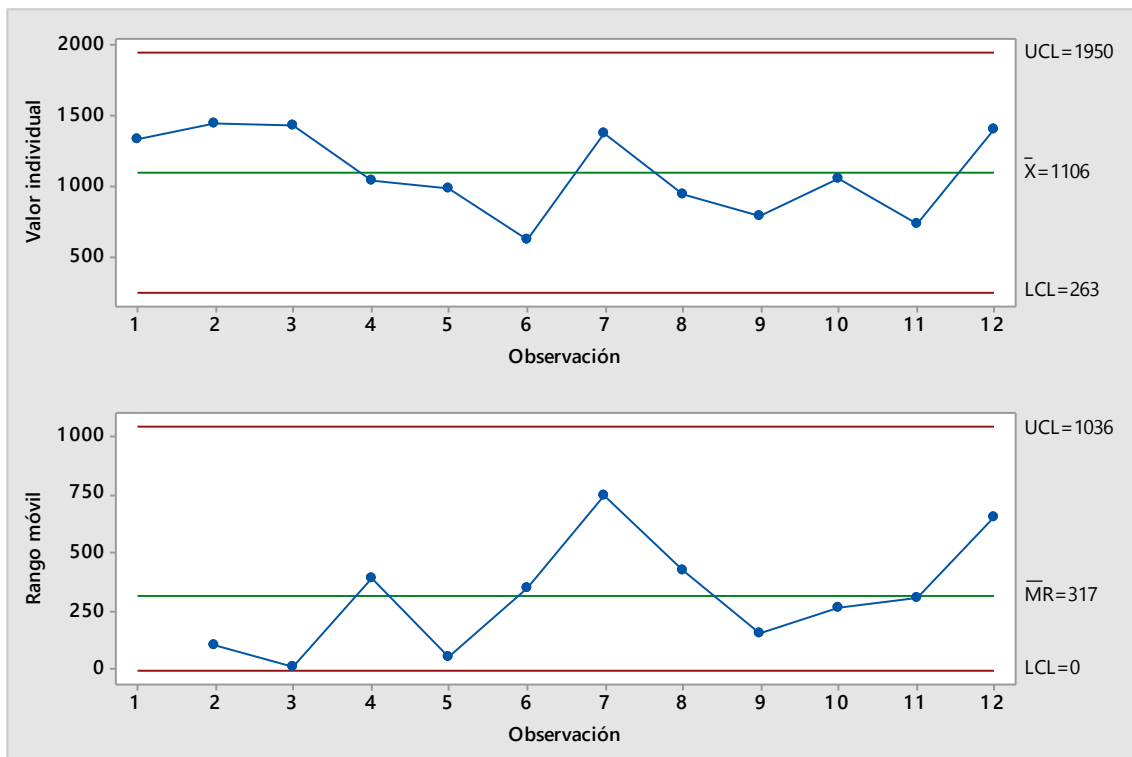
Fuente: Autores, basados en GAD Municipalidad del Cantón Baños de Agua Santa.

Figura 36. Diagrama de consumo total de agua potable [m³], año 2015



Fuente: Autores.

Figura 37. Diagrama de control de agua potable, año 2015



Fuente: Autores.

### Interpretación de resultados del consumo de agua potable

Se observa una disparidad en los consumos del año 2013 y 2015, mientras que en el año 2014 el consumo tiende al consumo promedio; incrementándose en los meses de

junio, julio, agosto y diciembre. Es aquí donde se presentan los mayores consumos en los tres años evaluados, debido a que en dichos meses hay mayor afluencia de turistas.

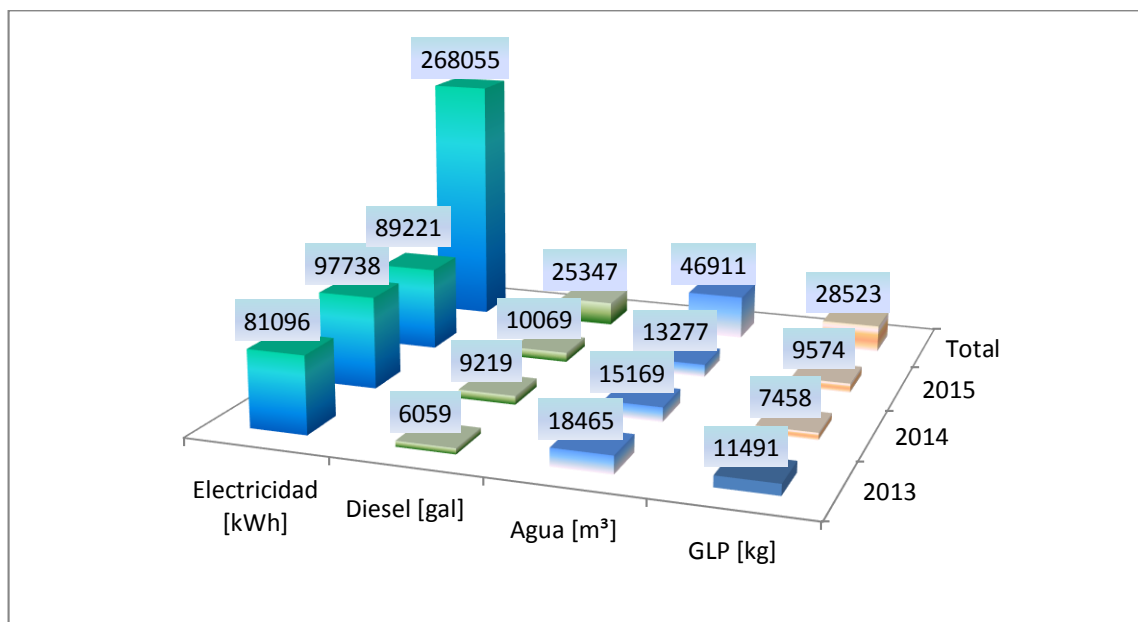
Se debe considerar la preponderación entre los recursos energéticos que se utilizan en la organización, para lo cual se va a graficar el esquema de relación entre ellos, donde se visualizará el total del consumo energético frente al valor total que representa su consumo.

Tabla 26. Consumo de energéticos, 2013-2015

Años	Electricidad [kWh]	Diesel [gal]	Agua [m <sup>3</sup> ]	GLP [kg]
2013	81 096	6 059	18 465	11 491
2014	97 738	9 219	15 169	7 458
2015	89 221	10 069	13 277	9 574
Total	268 055	25 347	46 911	28 523

Fuente: Autores

Figura 38. Consumo de energéticos, 2013-2015



Fuente: Autores

### Interpretación del consumo de energéticos en el periodo 2013-2015

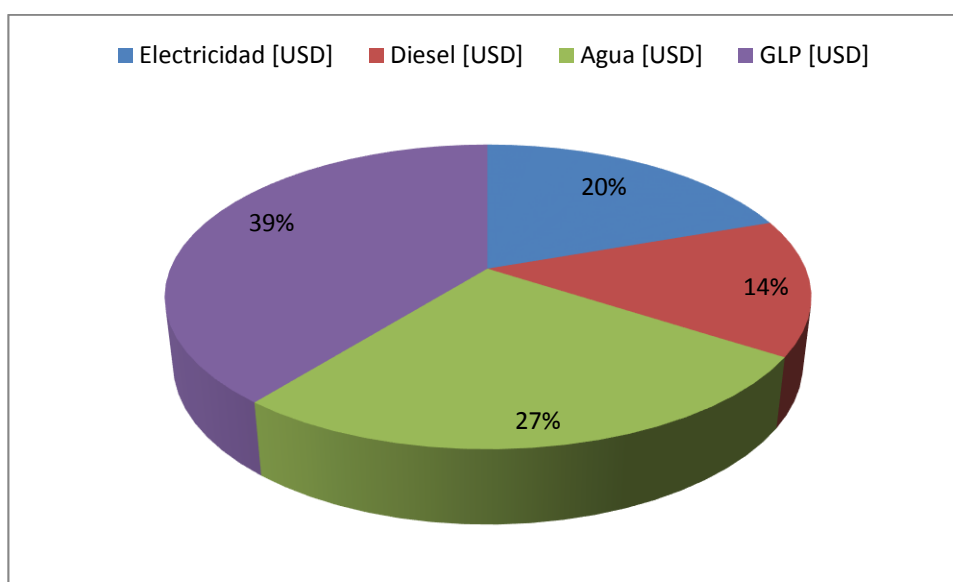
Se observa que el recurso energético más preponderante es la electricidad, esto se debe a que la mayor parte de las áreas de la organización está compuesta por equipos, electrodomésticos y luminarias que garantizan un servicio de calidad, y éstos están ligados al número de usuarios.

Tabla 27. Costo del consumo de energéticos, 2013-2015

Años	Electricidad [USD]	Diesel [USD]	Agua [USD]	GLP [USD]
2013	8 446	6 223	11 482	16 852
2014	10 909	9 468	10 593	10 937
2015	10 640	10 342	8 734	14 607
Total	29 995	26 033	30 809	42 396

Fuente: Autores

Figura 39. Costo del consumo de energéticos, 2013-2015



Fuente: Autores

### Interpretación del costo por el consumo de energéticos en el periodo 2013-2015

A diferencia de la figura N.37; donde se observa que el energético de mayor consumo es la electricidad. En ésta se puede apreciar que el valor más preponderante es el consumo de GLP, con un 39% del valor total en la organización; esto se debe principalmente a que el consumo de GLP para el sector industrial no es subsidiado por el gobierno, es así que el costo de un tanque de gas licuado de petróleo cuesta 22 dólares. Además de esto, se reitera que la empresa no cuenta con el estudio apropiado de la evaluación técnica económica de aprovechamiento energético.

### 3.3 Máquinas y equipos del Hotel Spa Termal “Monte Selva”

La infraestructura del Hotel está dividida por diferentes áreas, las cuales cumplen la función de brindar un servicio de calidad a los usuarios. A continuación se ha realizado un listado de cada uno de los equipos que conforman dichas áreas. Cabe recalcar que la

zona o área de administración cuenta con un medidor independiente, así mismo el salón de eventos.

Tabla 28. Lista de equipos del área de administración

Área	Cantidad	Equipo	Potencia Placa/unidad [kW]	Consumo promedio mes [kWh]	Energía consumida Total [kWh]
Administración	1	Computador portátil TOSHIBA	0,065	21,84	831,466048
	1	Computador portátil TOSHIBA	0,065	21,84	
	1	Computador portátil TOSHIBA	0,065	21,84	
	1	Computador portátil ASUS	0,058	12,992	
	1	Fotopiadora TOSHIBA	1,1	369,6	
	1	Impresora EPSON	0,038	12,768	
	1	Monitor de cámaras	0,077	51,744	
	1	Computador de escritorio LG	0,185	41,44	
	1	Computador de escritorio LG	0,185	41,44	
	5	Telefonos Samsung	0,00069	2,3184	
	1	Computador de escritorio LG	0,185	62,16	
	3	Datafas VeriFone	0,000168	0,338688	
	2	Parlantes Genius	0,0023	3,0912	
	16	Lámparas 5W	0,005	53,76	
	9	Lámparas dicroicas 6W	0,006	36,288	
	5	Cámaras de vigilancia	0,0072	24,192	
	1	Calculadora CASIO	0,00016	0,05376	
8	Bombillas ahorradoras 20 W	0,02	53,76		

Fuente: Autores base de datos “Hotel Spa Termal Monte Selva”

Tabla 29. Lista de equipos del área de lavandería

Área	Cantidad	Equipo	Potencia Placa/unidad [kW]	Consumo promedio mes [kWh]	Energía consumida Total [kWh]
Lavandería	1	Radiograbadora	0,025	3,5	462,252
	1	Plancha Blanca Press	1,5	42	
	4	Lavadoras Whirlpool	0,693	310,464	
	3	Secadoras Whirlpool	0,478	80,304	
	6	Lámparas fluorescentes T8 32W	0,032	21,504	
	4	Bombillas ahorradores 20W	0,02	4,48	

Fuente: Autores base de datos “Hotel Spa Termal Monte Selva”



Tabla 30. Lista de equipos del cuarto de máquinas 1

Área	Cantidad	Equipo	Potencia Placa/unidad [kW]	Consumo promedio mes [kWh]	Energía consumida Total [kWh]
Cuarto de Máquinas 1 Zona de Habitaciones	1	Bomba de 0,5 HP PAOLO	0,55	4,18	15,48
	1	Bomba de 0,5 HP PAOLO	0,55	4,18	
	1	Bomba de 1 HP PAOLO	0,9	6,84	
	1	Bombilla incandescente 100W	0,1	0,28	

Fuente: Autores base de datos “Hotel Spa Termal Monte Selva”

Tabla 31. Lista de equipos del área de cisternas

Área	Cantidad	Equipo	Potencia Placa/unidad [kW]	Consumo promedio mes [kWh]	Energía consumida Total [kWh]
Equipo de Bombeo Cisternas	1	Bomba de 2 HP LEO	2,081	4,162	8,622
	1	Bomba de 1,25HP PEDROLLO	1,21	2,42	
	1	Bomba de 1 HP PEDROLLO	1,02	2,04	

Fuente: Autores base de datos “Hotel Spa Termal Monte Selva”

Tabla 32. Lista de equipos del cuarto de máquinas 2

Área	Cantidad	Equipo	Potencia Placa/unidad [kW]	Consumo promedio mes [kWh]	Energía consumida Total [kWh]
Cuarto de Máquinas 2 Zona de Hidromasajes	1	Bomba de 0,5 HP TRUPER	0,516	156,864	1342,464
	1	Bomba de 0,5 HP PEDROLLO	0,65	197,6	
	2	Bomba de 1,5 kW HIDRO-SWIM150	1,5	912	
	1	Electric Blower W.R.T.	0,25	76	

Fuente: Autores base de datos “Hotel Spa Termal Monte Selva”

Tabla 33. Lista de equipos del cuarto de máquinas 3

Área	Cantidad	Equipo	Potencia Placa/unidad [kW]	Consumo promedio mes [kWh]	Energía consumida Total [kWh]
Cuarto de Máquinas 3 Generación de Vapor	1	Bomba de 0,5 HP PEDROLLO	0,65	26	973,552
	1	Bomba de 3 HP EMAUX SB30	3,047	926,288	
	1	Bomba de 0,5 HP TRUPER	0,516	2,064	
	5	Bombillas ahorradoras 20W	0,02	19,2	

Fuente: Autores base de datos “Hotel Spa Termal Monte Selva”

Tabla 34. Lista de equipos Agua Termal

Área	Cantidad	Equipo	Potencia Placa/unidad [kW]	Consumo promedio mes [kWh]	Energía consumida Total [kWh]
Zona de Hidromasaje Agua Termal	1	Bomba 2 HP Hidro SWIM 150	1,603	487,312	910,504
	1	Bomba 2 HP Hidro SWIM 150	1,603	423,192	

Fuente: Autores base de datos “Hotel Spa Termal Monte Selva”

Tabla 35. Lista de equipos zona de vestidores

Área	Cantidad	Equipo	Potencia Placa/unidad [kW]	Consumo promedio mes [kWh]	Energía consumida Total [kWh]
Zona de Vestidores, Duchas, Hidromasajes	2	Bombas en línea LEO	0,096	24,576	681,576
	1	Mini componente LG	0,125	45	
	2	Parlantes LG	0,025	18	
	1	Refrigeradora Indurama	0,158	106,176	
	1	Cargador de Motorola 4W	0,004	0,32	
	20	Lámparas dicroicas 30W	0,03	216	
	3	Faros de hidromasajes 40 W	0,04	43,2	
	20	Bombillas ahorradoras 20W	0,02	54,4	
	1	Bomba Pentair Dynamo 1HP	1,173	150,144	
	3	Ventiladores turco	0,045	23,76	

Fuente: Autores base de datos “Hotel Spa Termal Monte Selva”

Tabla 36. Lista de equipos del alumbrado exterior y senderos

Área	Cantidad	Equipo	Potencia Placa/unidad [kW]	Consumo promedio mes [kWh]	Energía consumida Total [kWh]
Alumbrado Piscina, senderos del Hotel	2	Reflectores 30W	0,03	0,96	225,12
	5	Lámparas dicroicas 30W	0,03	2,4	
	33	Bombillas ahorradoras 20W	0,02	221,76	

Fuente: Autores base de datos “Hotel Spa Termal Monte Selva”

Tabla 37. Lista de equipos del bar del Hotel

Área	Cantidad	Equipo	Potencia Placa/unidad [kW]	Consumo promedio mes [kWh]	Energía consumida Total [kWh]
Bar del Hotel	1	Refrigeradora Imbera Coca Cola	0,4	76,8	204,304
	1	Refrigeradora Innova	0,158	30,336	
	1	Computador de escritorio	0,185	8,88	
	1	Televisor plasma LG	0,185	8,88	
	1	Parlantes	0,07	3,36	
	1	Mini componente LG	0,125	6	
	1	Licudora OSTER	0,6	2,4	
	1	Moledora de café PANCILIO	0,45	0,72	
	16	Lámparas dicroicas 6W	0,006	4,608	
	5	Bombillas ahorradoras 20W	0,02	4,8	
	1	Preparador de capuchino	2,3	36,8	
	2	Luces robóticas 200W	0,2	12,8	
	1	Rótulos LED 8W	0,08	3,84	
	2	Reflectores 30W	0,03	2,88	
1	Parlante de mini componente	0,025	1,2		

Fuente: Autores base de datos “Hotel Spa Termal Monte Selva”

Tabla 38. Lista de equipos del comedor restaurante

Área	Cantidad	Equipo	Potencia Placa/unidad [kW]	Consumo promedio mes [kWh]	Energía consumida Total [kWh]
Comedor Restaurante	38	Lámparas dicroicas 6W	0,006	21,888	149,207424
	53	Bombillas ahorradoras 20W	0,02	101,76	
	1	Computador de escritorio	0,185	17,76	
	1	Cine en casa	0,035	3,36	
	1	Impresora EPSON	0,038	3,648	
	3	Parlantes pequeños	0,0023	0,6624	
	1	Datafas	0,000192	0,129024	

Fuente: Autores base de datos “Hotel Spa Termal Monte Selva”

Tabla 39. Lista de equipos del área de cocina

Área	Cantidad	Equipo	Potencia Placa/unidad [kW]	Consumo promedio mes [kWh]	Energía consumida Total [kWh]
Cocina	18	Lámparas fluorescentes T8 32W	0,032	193,536	2336,568
	1	Congelador industrial CEPCO	0,78	524,16	
	1	Refrigeradora Electrolux	0,165	110,88	
	1	Refrigeradora Electrolux	0,215	144,48	
	1	Refrigeradora Indurama	0,27	181,44	
	1	Microondas LG	1,45	5,8	
	1	Horno tostador Indurama HTI 14BL	1,6	6,4	
	1	Congelador Electrolux	0,3	201,6	
	1	Licuada Oster	0,6	31,2	
	1	Batidora Industrial B20-G MIXER	0,75	3	
	1	Refrigeradora Indurama	0,27	181,44	
	1	Horno NFC CONVECTION OVEN	9	468	
	9	Bombillas ahorradoras 20W	0,02	2,24	
	1	Refrigeradora LG	0,16	107,52	
	1	Computador portátil HP	0,065	21,84	
	1	Licuada industrial	0,557	6,684	
	1	Batidora Kitchen Aid	0,619	7,428	
	1	Tostadora LISTED CG 54J9	0,12	0,96	
	1	Refrigerador IDAHO	0,205	137,76	
1	Bombilla incandescente 100W	0,1	0,2		

Fuente: Autores base de datos “Hotel Spa Termal Monte Selva”

Tabla 40. Lista de equipos del área del salón de eventos

Área	Cantidad	Equipo	Potencia Placa/unidad [kW]	Consumo promedio [kWh]	Energía consumida Total [kWh]
Salón de Eventos	2	Congelador Indurama CI-400	0,3	5,4	80,19
	120	Lámparas dicroicas 6W	0,006	6,48	
	180	Focos ahorradores 20W	0,02	32,4	
	5	Parlantes THUMP 320W	0,32	14,4	
	6	Luces robóticas 200W	0,2	10,8	
	3	Reflectores grandes 30W	0,03	0,81	
	8	Reflectores pequeños 20W	0,02	1,44	
	1	Juego de luces NUCLEUS PRO 400W	0,4	3,6	
	27	Bombillas ahorradoras 20W	0,02	4,86	

Fuente: Autores base de datos “Hotel Spa Termal Monte Selva”

Tabla 41. Lista de equipos del área de cabañas

Cabañas	Especificación	Cantidad	Equipo	Potencia Placa/unidad [kW]	Consumo promedio mes/ha. [kWh]	Energía consumida Total [kWh]
	2 H. 4 P.	1	LCD JVC 32 pulg.	0,105	2,52	47,04
7		Bombillas ahorradoras 20W	0,02	3,36		
1 H. 5 P.	8	Bombillas ahorradoras 20W	0,02	3,84	94,56	
	1	LCD JVC 32 pulg.	0,105	2,52		
	6	Bombillas ahorradoras 20W	0,02	17,28		

Fuente: Autores base de datos “Hotel Spa Termal Monte Selva”

Tabla 42. Lista de equipos del área del Hotel

Hotel planta baja	Especificación	Cantidad	Equipo	Potencia Placa/unidad [kW]	Consumo promedio mes/ha. [kWh]	Energía consumida Total [kWh]
	10 H. 2 P.	7	Lámparas dicroicas 6W	0,006	0,672	53,96
3		Bombillas ahorradoras 20W	0,02	1,2		
3		Cintas led 72W	0,072	2,16		
2		Lámparas led 1W	0,001	0,02		
1		LED LG 19 plg.	0,0336	1,344		

Fuente: Autores base de datos “Hotel Spa Termal Monte Selva”

Tabla 43. Lista de equipos del alumbrado del pasillo del Hotel

Especificación	Cantidad	Equipo	Potencia Placa/unidad [kW]	Consumo promedio mes [kWh]	Energía consumida Total [kWh]
A. P. H.	28	Bombillas Ahorradoras 20W	0,02	188,16	188,16

Fuente: Autores base de datos “Hotel Spa Termal Monte Selva”

Tabla 44. Lista de equipos del SPA

Área	Cantidad	Equipo	Potencia Placa/unidad [kW]	Consumo promedio mes [kWh]	Energía consumida Total [kWh]
SPA	8	Lámparas dicroicas 6W	0,006	16,128	194,048
	6	Bombillas ahorradoras 20W	0,02	40,32	
	2	Olla eléctrica Continental Electric	0,65	104	
	3	Bombillas incandescentes 100W	0,1	33,6	

Fuente: Autores base de datos “Hotel Spa Termal Monte Selva”

Tabla 45. Lista de equipos del primer piso (planta alta)

Hotel primer piso planta alta	Especificación	Cantidad	Equipo	Potencia Placa/unidad [kW]	Consumo promedio mes/ha. [kWh]	Energía consumida Total [kWh]
	3 H. 2 P.	7	Lámparas dicroicas 6w	0,006	0,42	19,2
		6	Bombillas ahorradoras 20W	0,02	2,4	
		1	Ventilador BRIGS	0,014	0,056	
		1	LED LG 19 plg.	0,0336	1,344	
		3	Cintas led 72W	0,072	2,16	
		2	Lámparas dicroicas 1W	0,001	0,02	
	3 H. 4 P.	6	Lámparas dicroicas 6w	0,006	0,36	21,42
		8	Bombillas ahorradoras 20W	0,02	3,2	
		1	Ventilador BRIGS	0,014	0,056	
		1	LED LG 19 plg.	0,0336	1,344	
		3	Cintas led 72W	0,072	2,16	
		2	Lámparas dicroicas 1W	0,001	0,02	
	3 H. M.	7	Lámparas dicroicas 6w	0,006	0,42	19,2
		6	Bombillas ahorradoras 20W	0,02	2,4	
		1	Ventilador BRIGS	0,014	0,056	
		1	LED LG 19 plg.	0,0336	1,344	
		3	Cintas led 72W	0,072	2,16	
		2	Lámparas dicroicas 1W	0,001	0,02	
	1 Suite Matrimonial	10	Lámparas dicroicas 6w	0,006	0,6	7,94
4		Bombillas ahorradoras 20W	0,02	1,6		
1		Ventilador BRIGS	0,014	0,056		
1		LED LG 19 plg.	0,0336	1,344		
6		Cintas led 72W	0,072	4,32		
2		Lámparas dicroicas 1W	0,001	0,02		
2 H. 3 P.	7	Lámparas dicroicas 6w	0,006	0,42	11,86	
	3	Bombillas ahorradoras 20W	0,02	1,2		
	1	Ventilador BRIGS	0,014	0,056		
	1	LED LG 19 plg.	0,0336	1,344		
	4	Cintas led 72W	0,072	2,88		
	3	Lámparas dicroicas 1W	0,001	0,03		

Fuente: Autores base de datos “Hotel Spa Termal Monte Selva”

Tabla 46. Lista de equipos del segundo piso (planta alta)

Hotel segundo piso planta alta	Especificación	Cantidad	Equipo	Potencia Placa/unidad [kW]	Consumo promedio mes/ha. [kWh]	Energía consumida Total [kWh]
	Suite matrimonial 1	8	Lámparas dicroicas 6w	0,006	0,48	7,48
		4	Bombillas ahorradoras 13W	0,013	2,08	
		1	LCD JVC 32 plg.	0,105	4,2	
		2	Lámparas velador Blitz 9W	0,009	0,72	
	Suite matrimonial 2	10	Lámparas dicroicas 6w	0,006	0,6	6,56
		4	Bombillas ahorradoras 13W	0,013	1,04	
		1	LCD JVC 32 plg.	0,105	4,2	
		2	Lámparas velador Blitz 9W	0,009	0,72	
	H. 4 P.	3	Bombillas ahorradoras 20W	0,02	2,4	3,744
1		LED LG 19 plg.	0,0336	1,344		
2 H. M.	3	Bombillas ahorradoras 20W	0,02	2,4	7,488	
	1	LED LG 19 plg.	0,0336	1,344		

Fuente: Autores base de datos “Hotel Spa Termal Monte Selva”

El consumo de energía eléctrica es uno de los más importantes recursos que se utiliza en la organización, por esta razón hay que mantener un estricto y riguroso control de registro de los equipos y sistemas que mantienen un uso significativo de energía (USE). Esto con el objetivo de identificarlos y ubicarlos dentro de un parámetro de vigilancia continúa. Cabe recalcar que el consumo promedio al mes se obtuvo de la multiplicación de las horas de utilización de los equipos y la potencia de placa de los mismos.

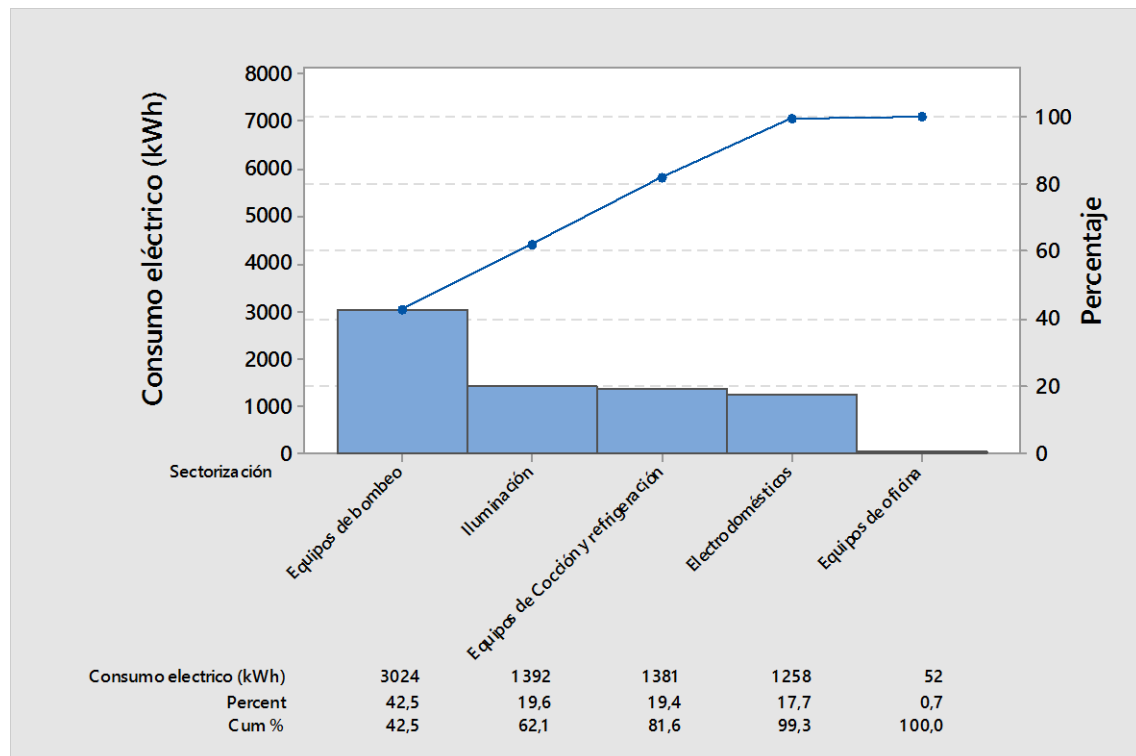
El principio de Pareto refleja el problema que ocasiona el 20% de los componentes dentro de una organización. La aplicación del diagrama está respaldada por la prioridad que se le da a los que generan la mayor parte del efecto es decir el 80%. (GUTIERRÉZ, 2009)

Los diagramas de Pareto ayudarán a identificar los equipos, que dentro de cada una de las áreas y la sectorización realizada anteriormente, convergen en un mismo punto y se consideran críticos. Esto permitirá mantener el control de los mismos y garantizar un enfoque de mejora continua y eficiencia dentro de la organización.

A continuación se puede visualizar los distintos diagramas que se obtuvo con los datos de placa de los equipos. Éstos se realizaron con el consumo promedio que se tiene al mes.

En la figura 37 se analiza cada uno de los sectores, posteriormente se realiza la comparación por áreas dentro del Hotel.

Figura 40. Diagrama de Pareto de los consumos mensuales, sectorización



Fuente: Autores

### Interpretación del Pareto de la sectorización

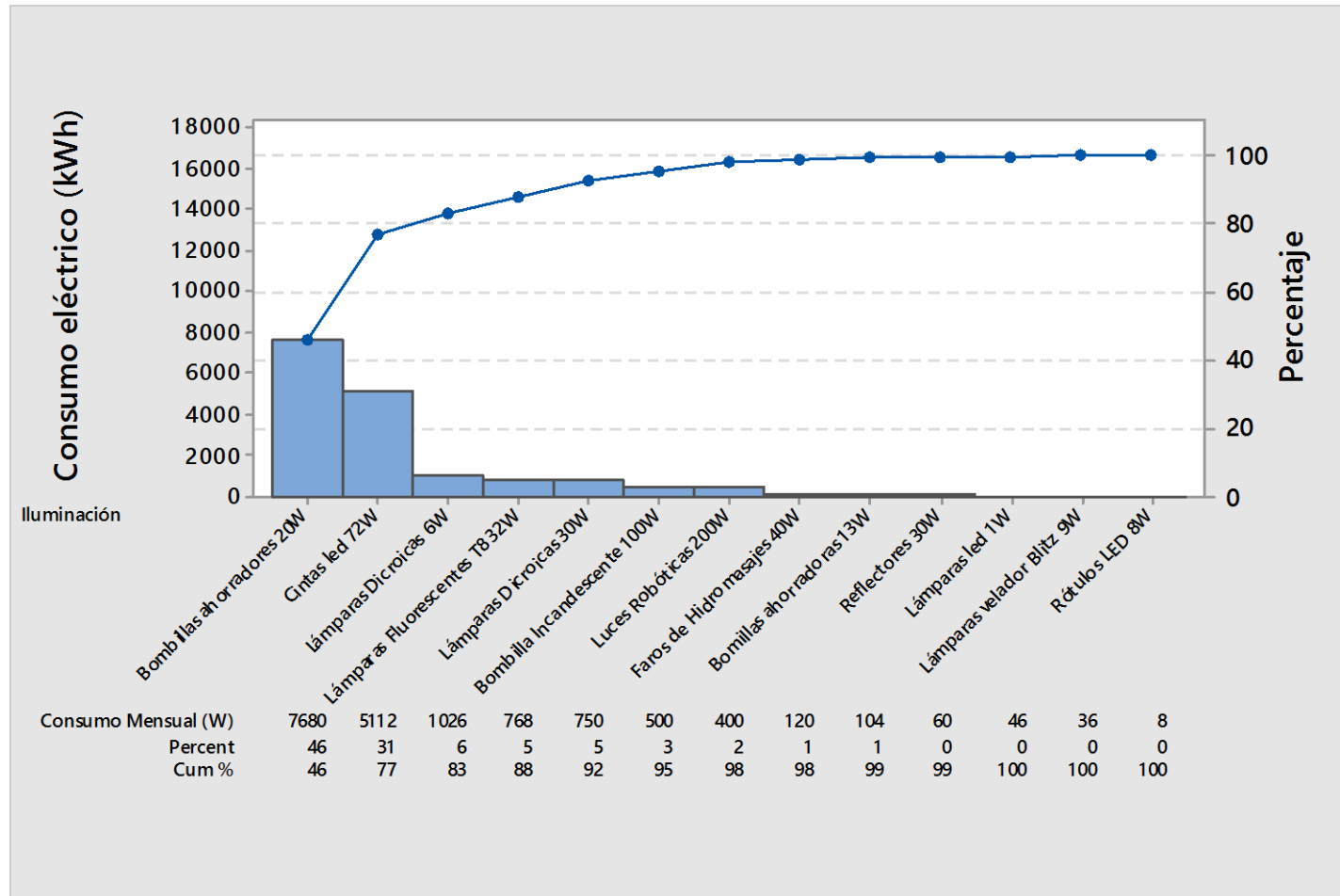
Se observa claramente que el 80% del consumo energético está en los equipos de bombeo, iluminación, hasta los equipos de cocción y refrigeración. El restante, 20%, se concentra en electrodomésticos y los equipos de oficina.

Como se observa en la figura 37, los equipos de bombeo son los que ocasionan un mayor consumo energético. La iluminación y los equipos de cocción y refrigeración tienen un consumo muy similar.

Con respecto a los electrodomésticos, se detalló el consumo que conlleva la utilización de los mismos; esto con la finalidad de verificar el consumo de placa, ya que algunos de estos pueden tener defectos por los años de servicio. El uso y empleo de los mismos son de vital importancia en la empresa, es por ello que el consumo energético está justificado.

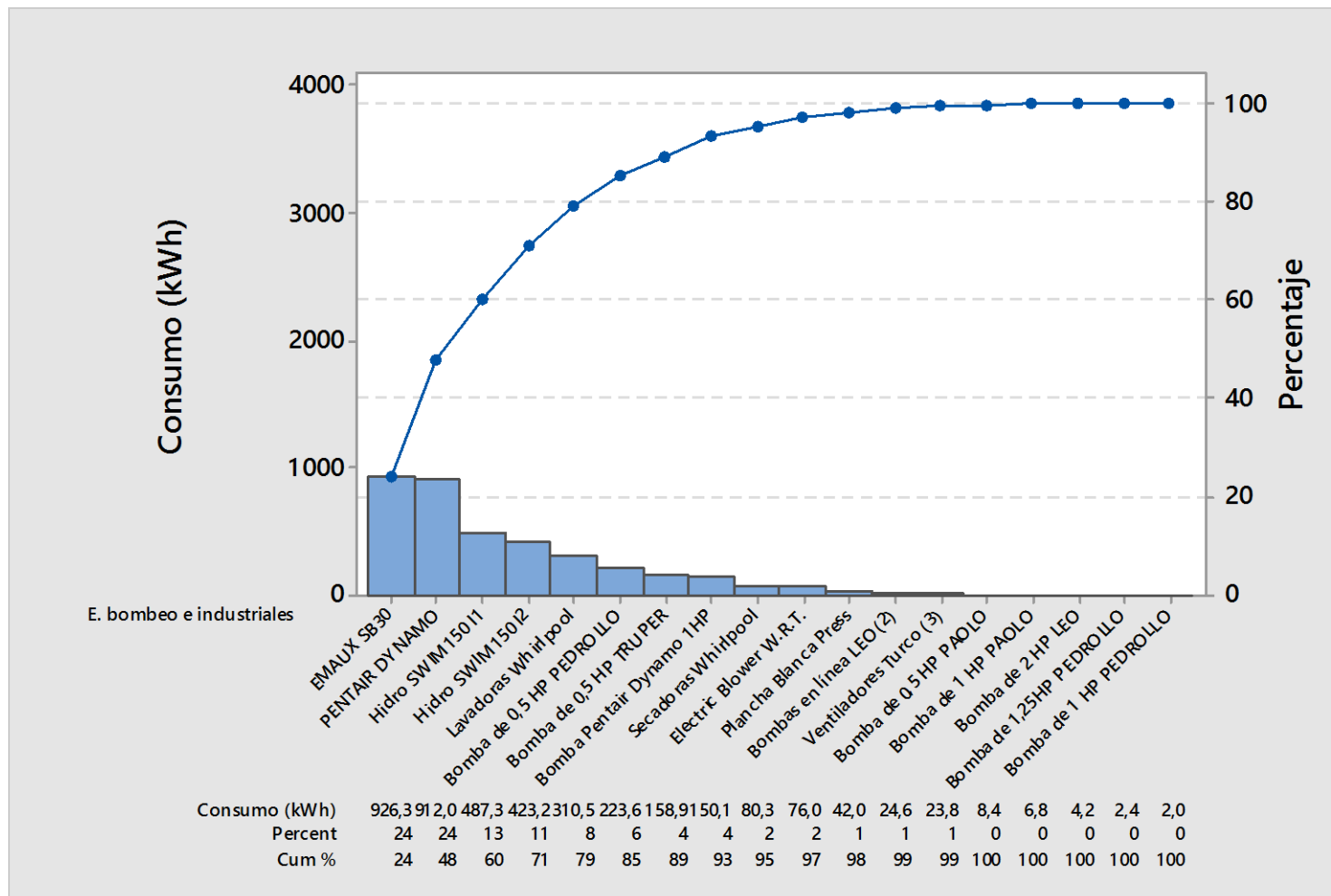


Figura 41. Diagrama de Pareto de los consumos mensuales, iluminación



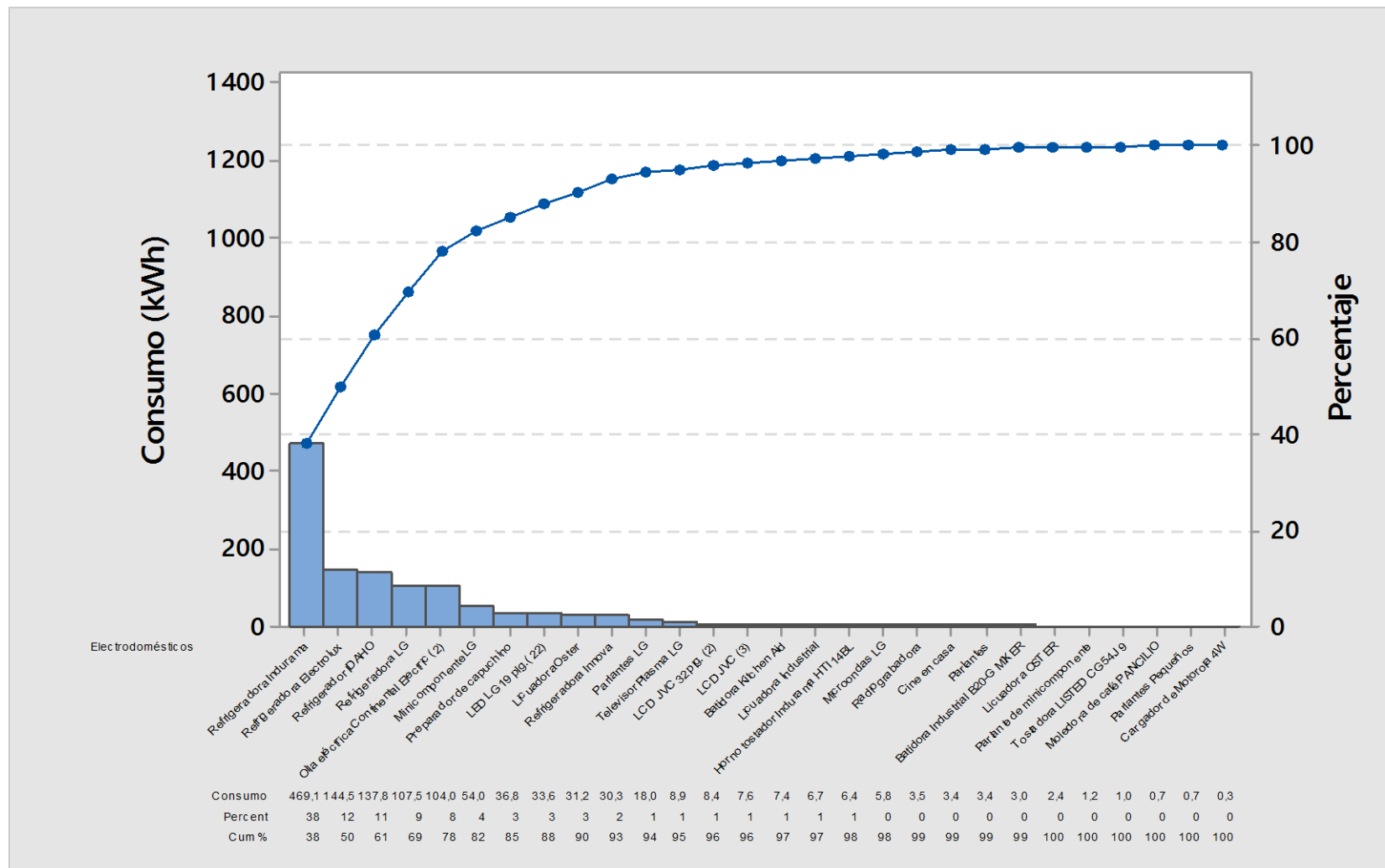
Fuente: Autores

Figura 42. Diagrama de Pareto del consumo eléctrico de equipos industriales y de bombeo



Fuente: Autores

Figura 43. Diagrama de Pareto del consumo eléctrico de electrodomésticos.



Fuente: Autores

### Interpretación de resultados del diagrama de Pareto de iluminación

Se evidencia claramente que el consumo del 80% de energía se concentra en las bombillas ahorradoras de 20 W y en las cintas led de 72 W, mientras que el 20% ocupa el restante sistema de iluminación.

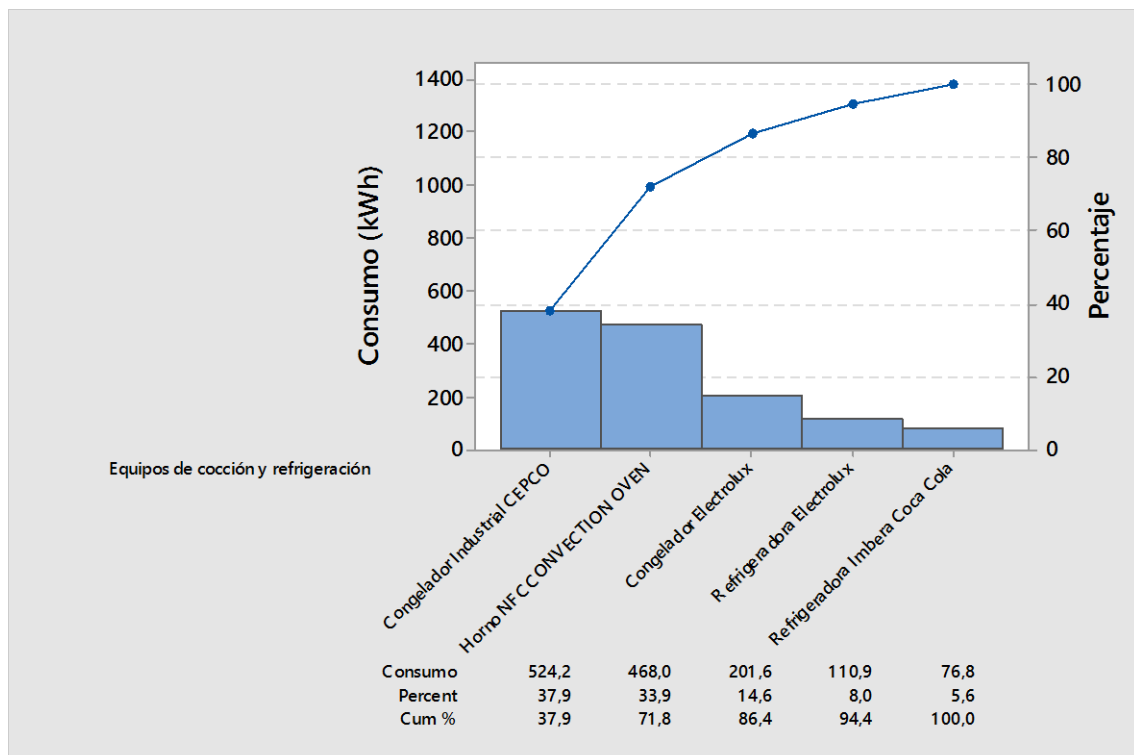
### Interpretación de resultados del diagrama de Pareto de equipos industriales y de bombeo

Evidentemente se observa que el consumo de energía que representa el 80% se concentra en el sistema de bombeo de la organización; éste se encuentra en el área húmeda (hidromasajes, piscina grande) y el 20% restante lo ocupa los otros equipos.

### Interpretación de resultados del diagrama de Pareto de electrodomésticos

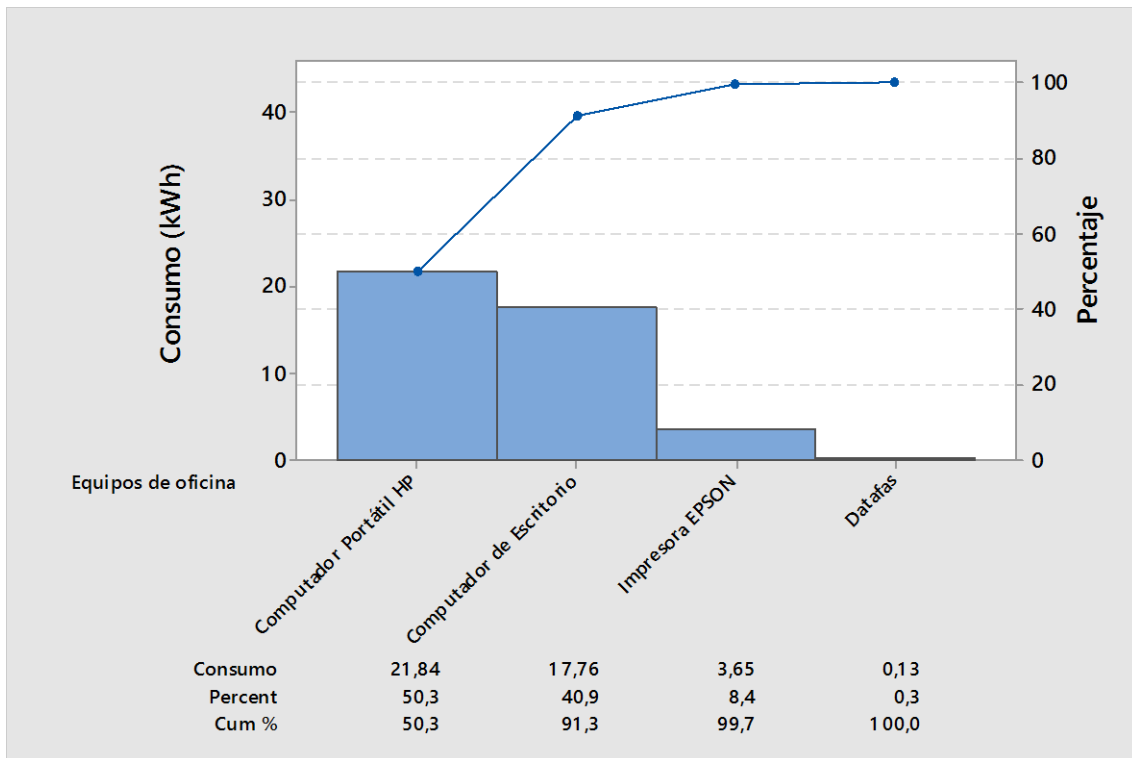
En los electrodomésticos el panorama es representativo en los primeros 5 artefactos, ocupando el 80% del consumo total de la energía, consecuentemente el consumo tiende a equilibrarse (consumo muy similar entre los equipos restantes) consumiendo el 20% de la energía total.

Figura 44. Diagrama de Pareto de los consumos mensuales de cocción y refrigeración.



Fuente: Autores

Figura 45. Diagrama de Pareto de los consumos mensuales de equipos de oficina.



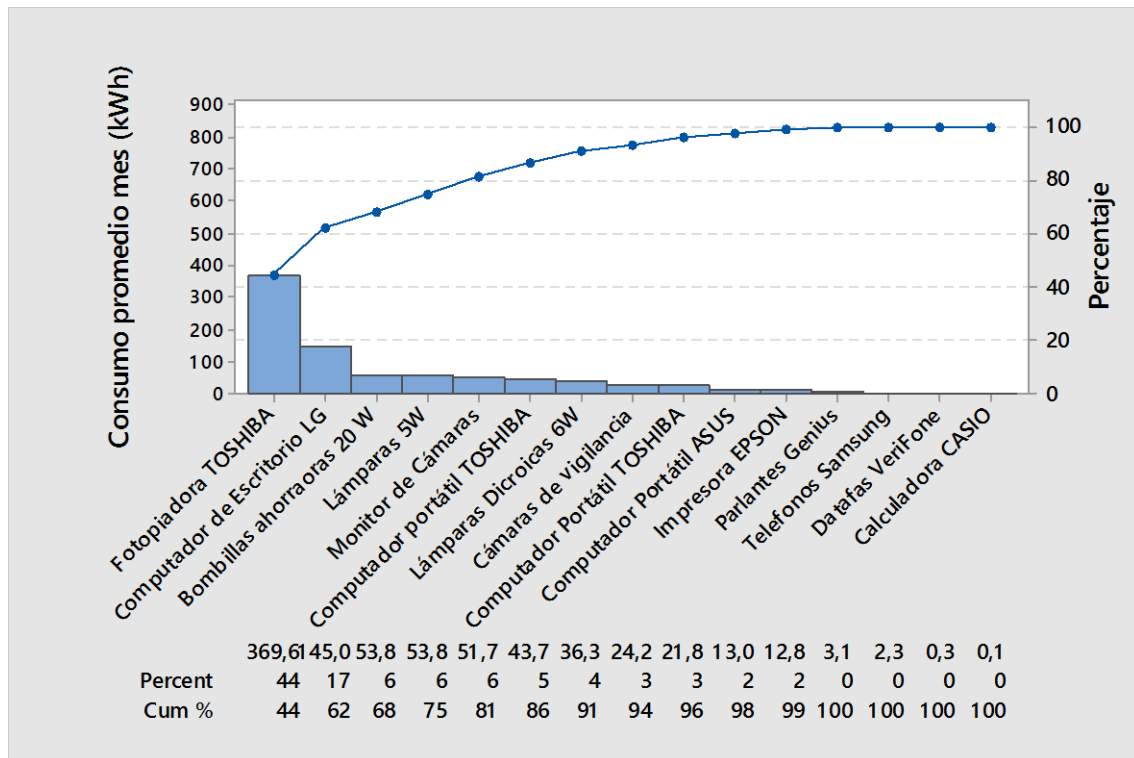
Fuente: Autores

Ahora se procede a graficar los diagramas de Pareto por áreas para visualizar de mejor manera los equipos que manejan un mayor consumo energético. Así se pretende obtener una convergencia entre las gráficas.

Se señala que, en los gráficos anteriormente analizados no contemplan las áreas de administración y salón de eventos, ya que la facturación se realiza por separado y no tiene nada que ver con el consumo energético neto del área húmeda, que es la línea central del control de la eficiencia energética; puesto que concentra un 45% del consumo de energía de la organización.

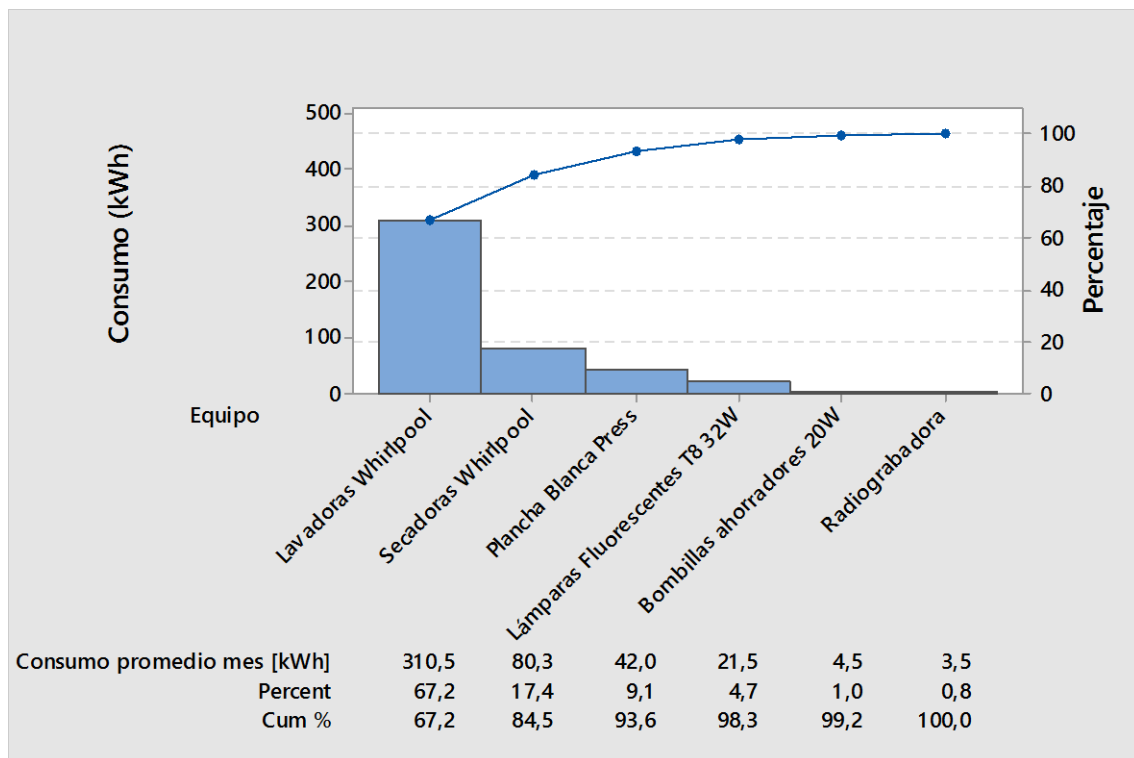
En las siguientes gráficas no se hará un análisis individual, ya que como se había mencionado anteriormente, el contexto o la característica básica del diagrama de Pareto prioriza el consumo del 80% de la energía consumida en la organización y tiene una simetría hasta alcanzar el 100% de la misma.

Figura 46. Diagrama de Pareto de los consumos mensuales en el área de administración.



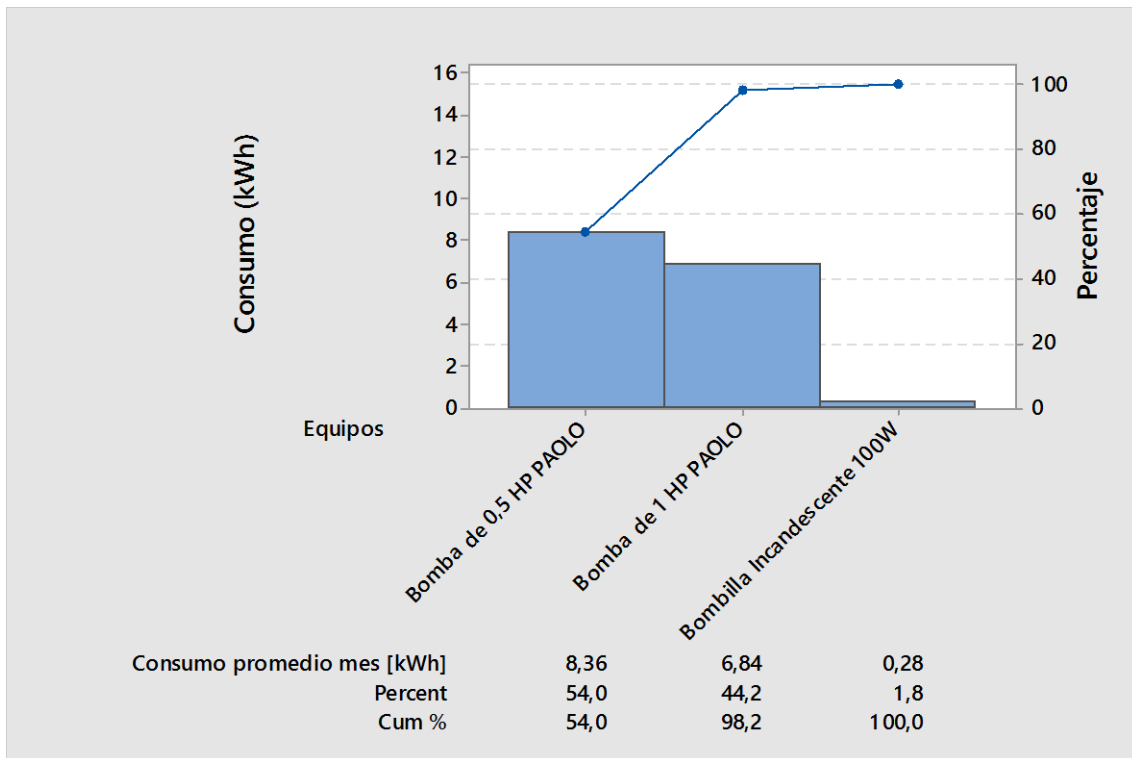
Fuente: Autores

Figura 47. Diagrama de Pareto de los consumos mensuales en el área de lavandería.



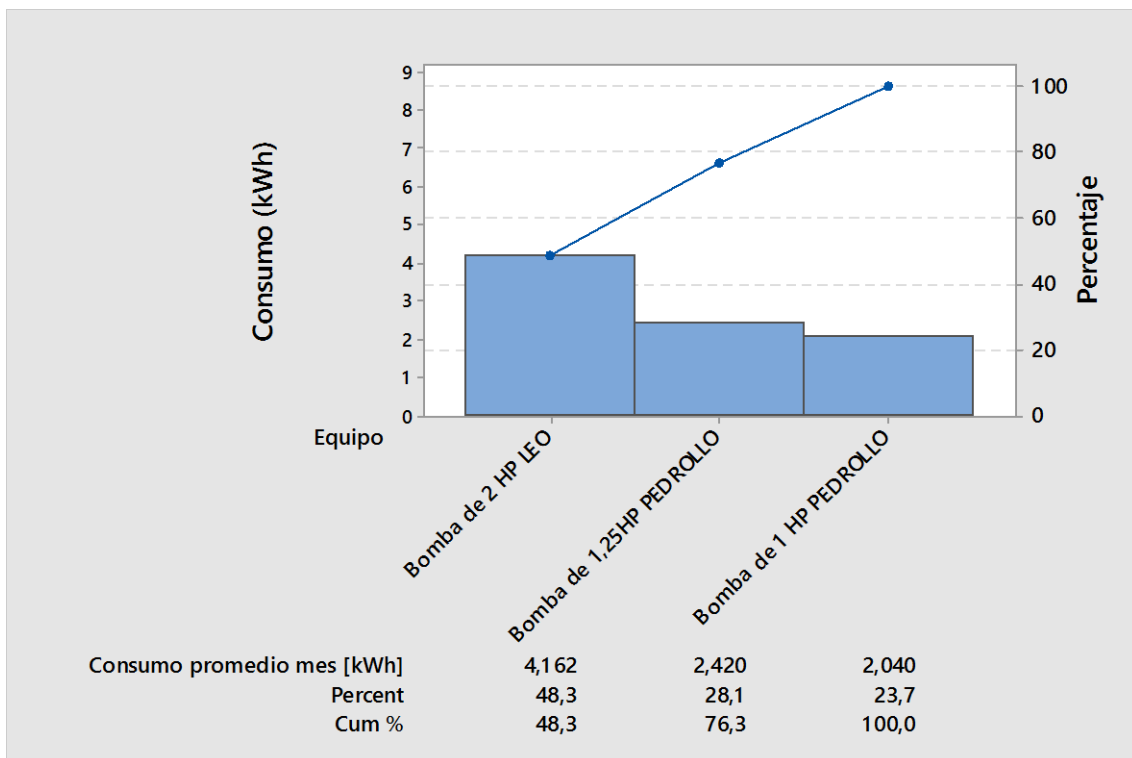
Fuente: Autores

Figura 48. Diagrama de Pareto del consumo mensual, área de cuarto de máquinas 1.



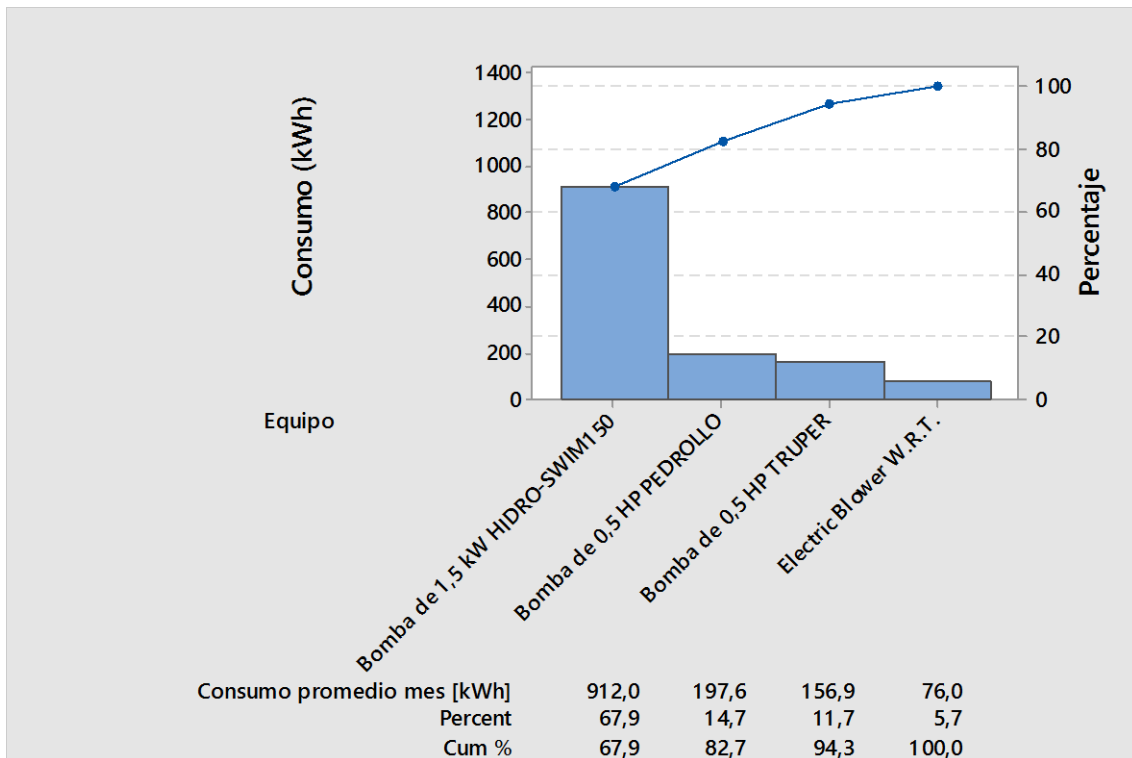
Fuente: Autores

Figura 49. Diagrama de Pareto del consumo mensual, área de bombeo de cisternas.



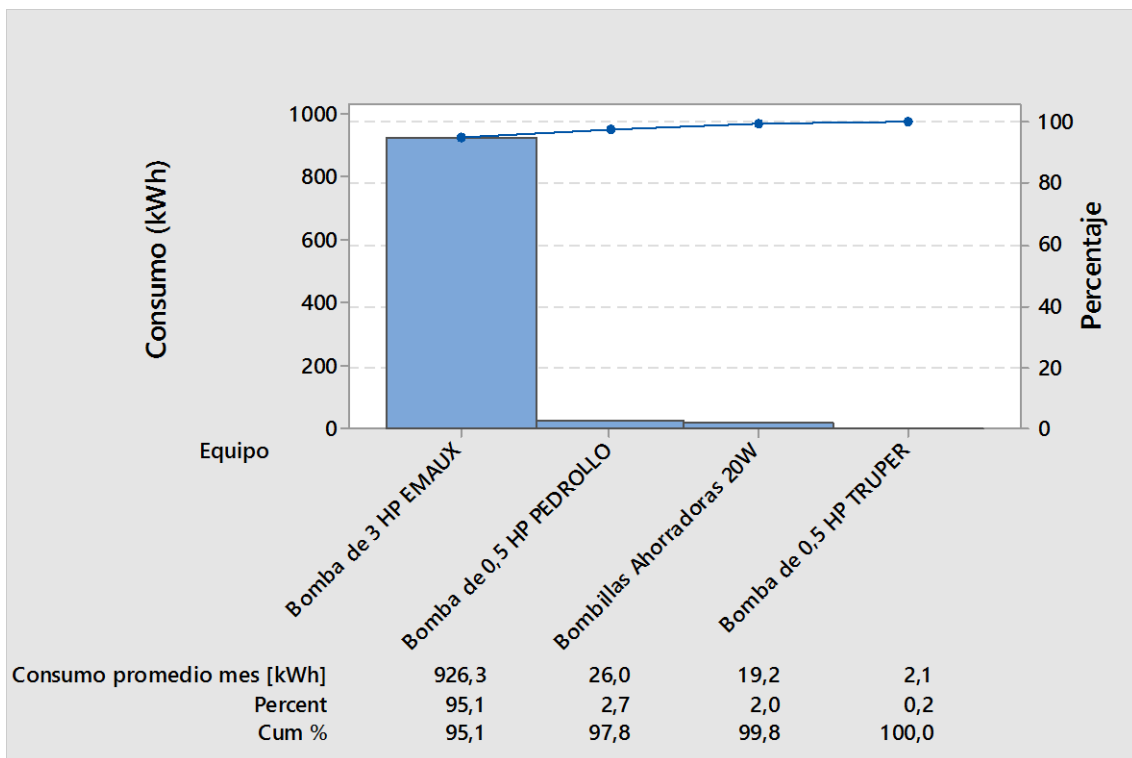
Fuente: Autores

Figura 50. Diagrama de Pareto de consumo mensual, área de cuarto de máquinas 2.



Fuente: Autores

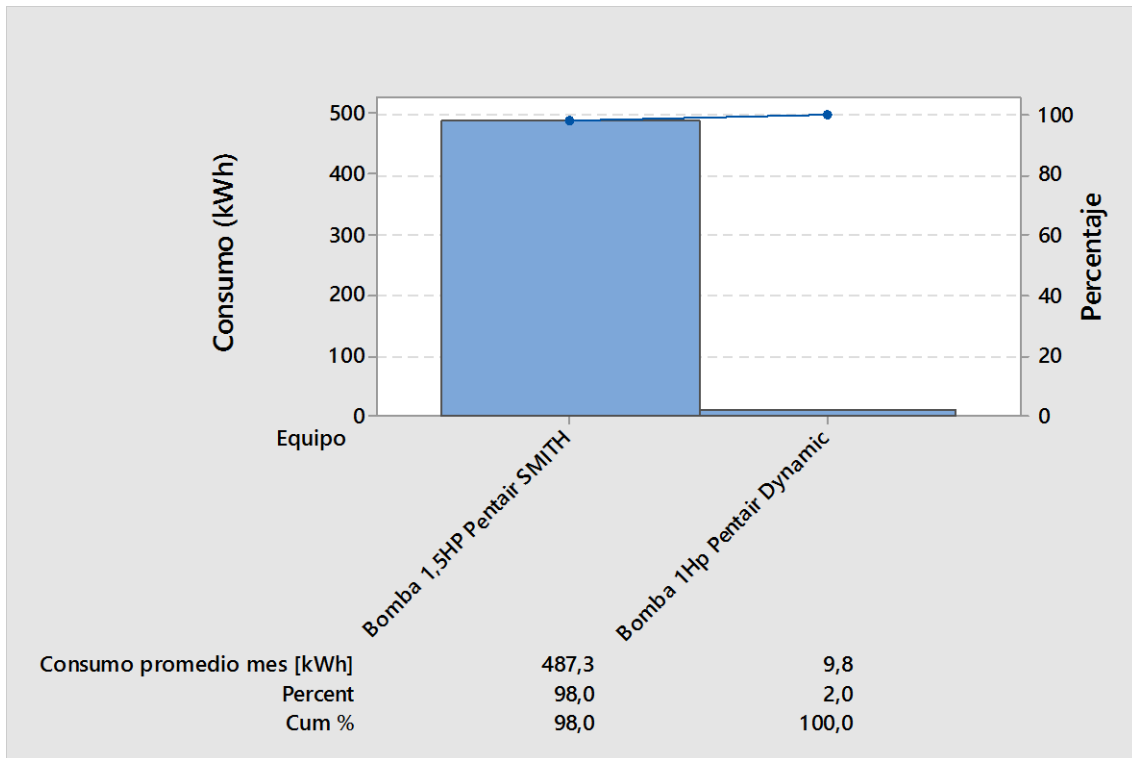
Figura 51. Diagrama de Pareto del consumo mensual, área de cuarto de máquinas 3.



Fuente: Autores

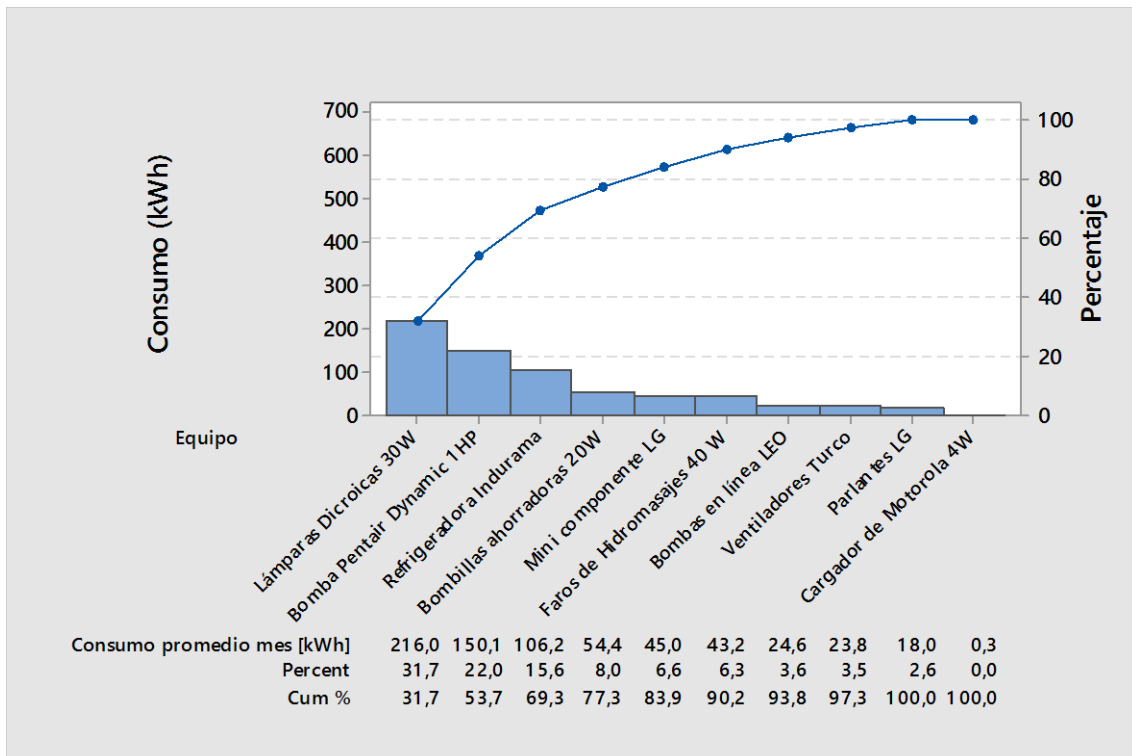


Figura 52. Diagrama de Pareto del consumo mensual, área de hidromasaje y agua termal.



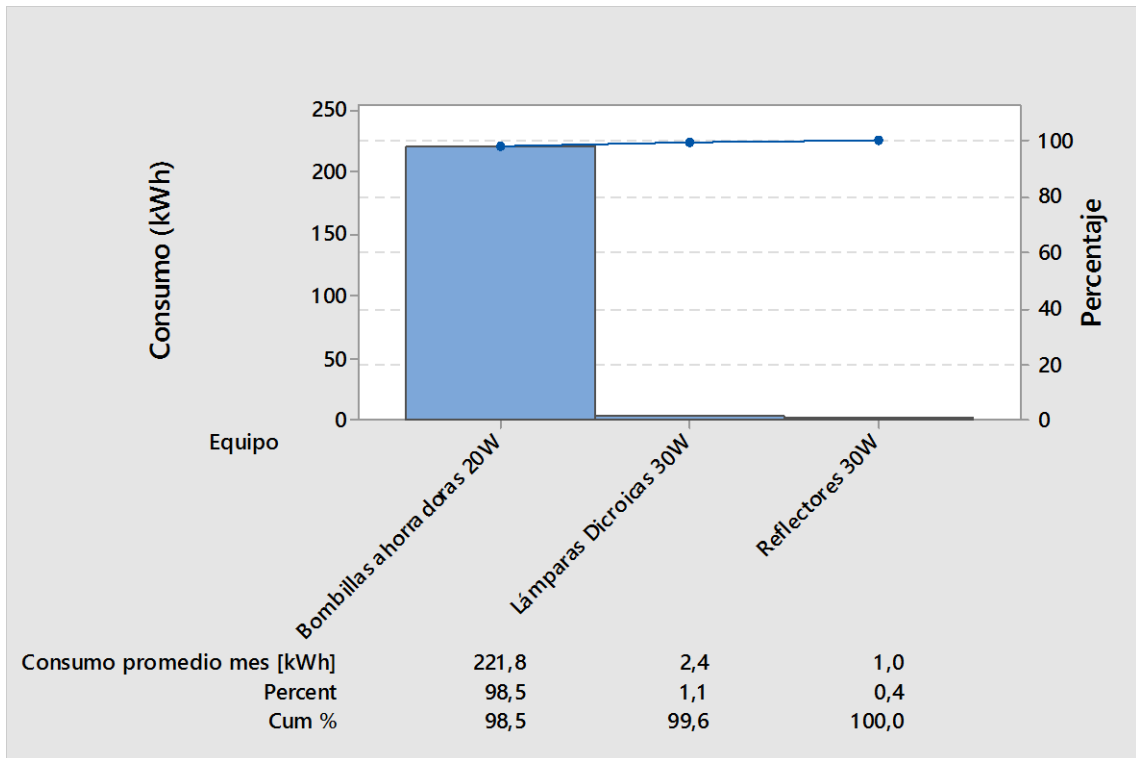
Fuente: Autores

Figura 53. Diagrama de Pareto del consumo mensual, área de vestidores.



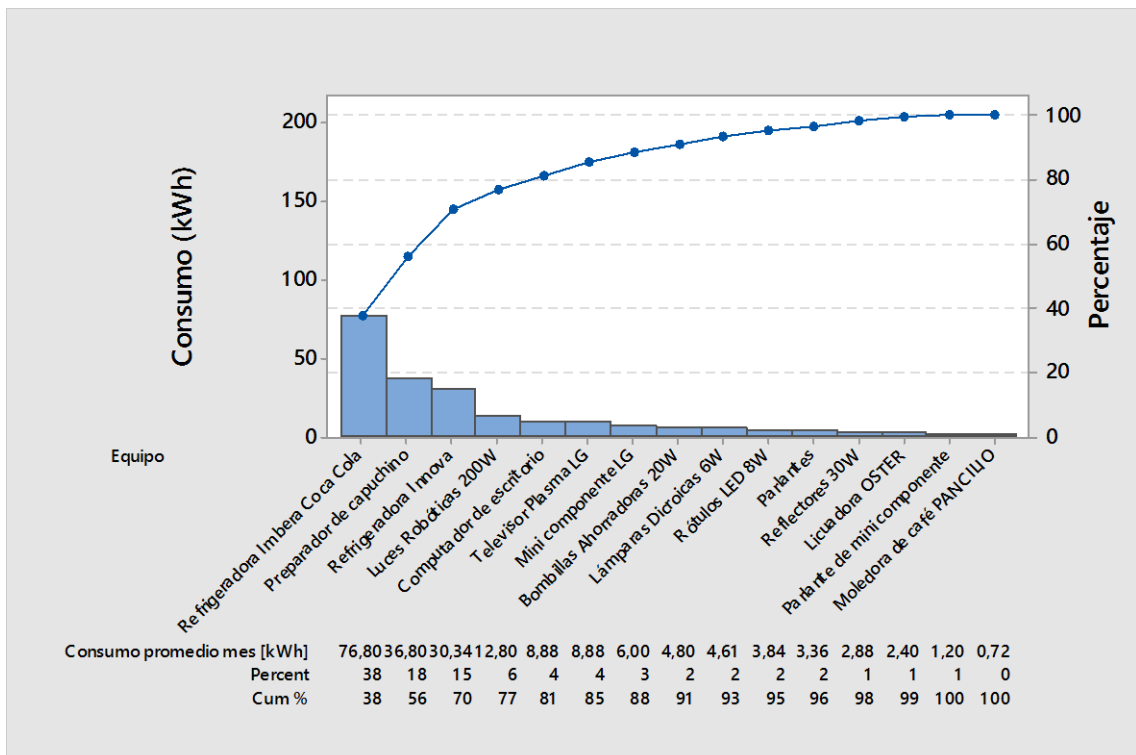
Fuente: Autores

Figura 54. Diagrama de Pareto del consumo mensual, alumbrado Hotel, área húmeda y senderos.



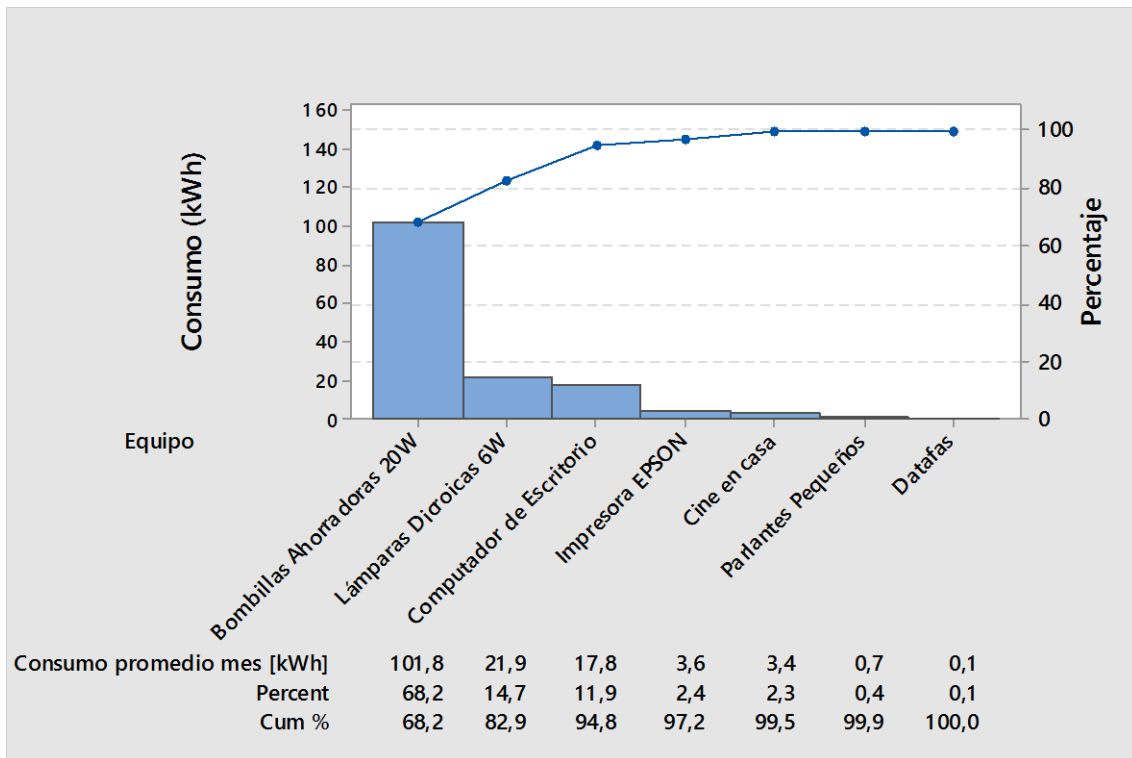
Fuente: Autores

Figura 55. Diagrama de Pareto del consumo mensual, área del bar.



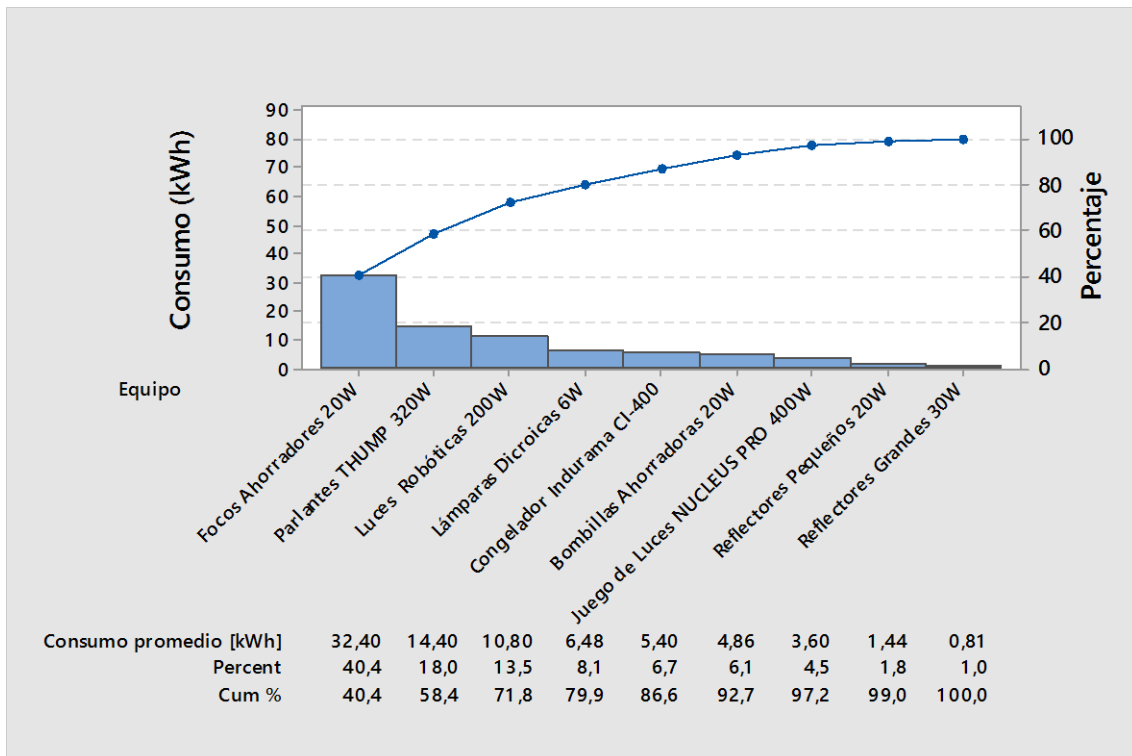
Fuente: Autores

Figura 56. Diagrama de Pareto del consumo mensual, área del comedor.



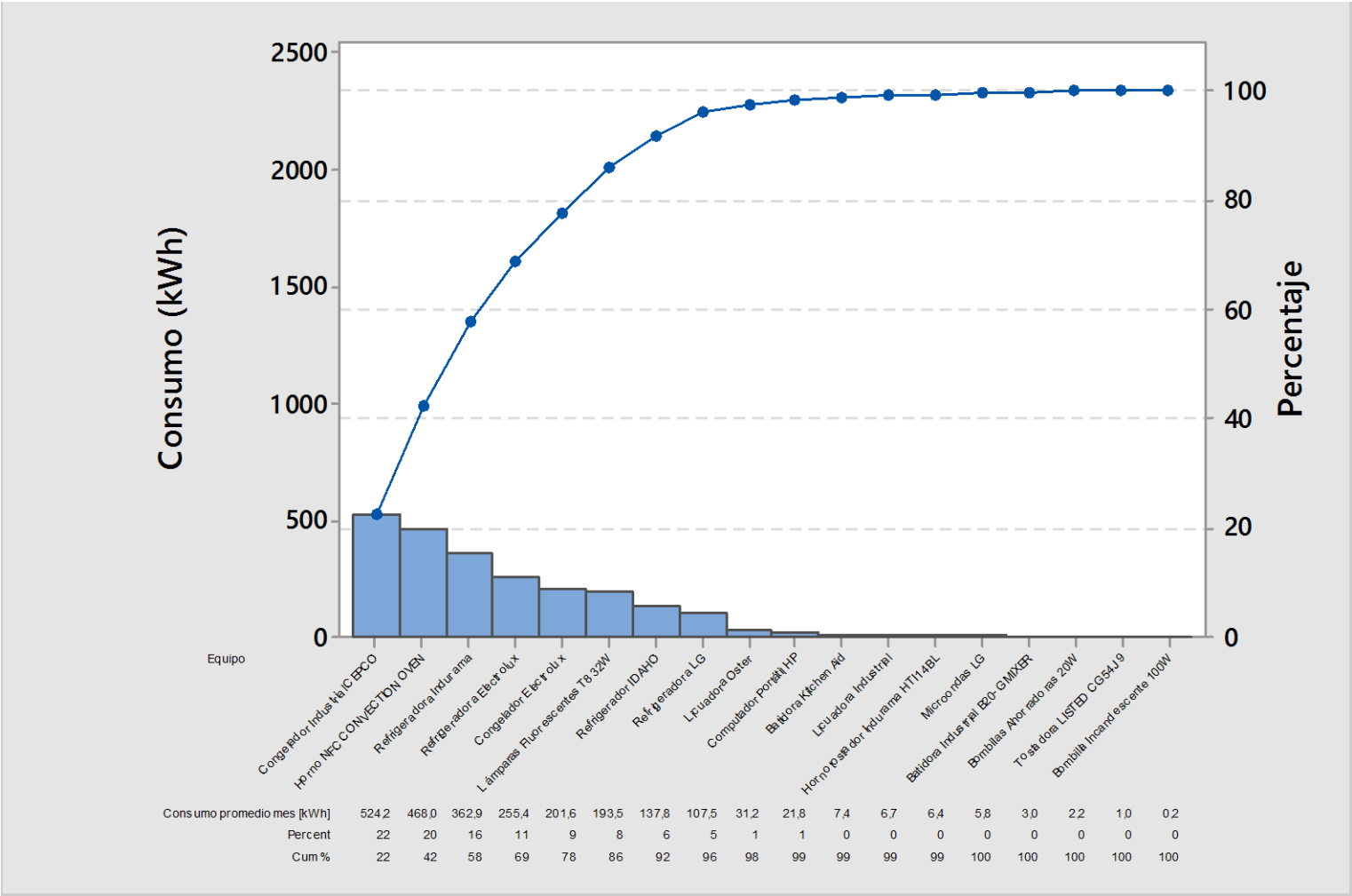
Fuente: Autores

Figura 57. Diagrama de Pareto del consumo mensual, área del salón de eventos.



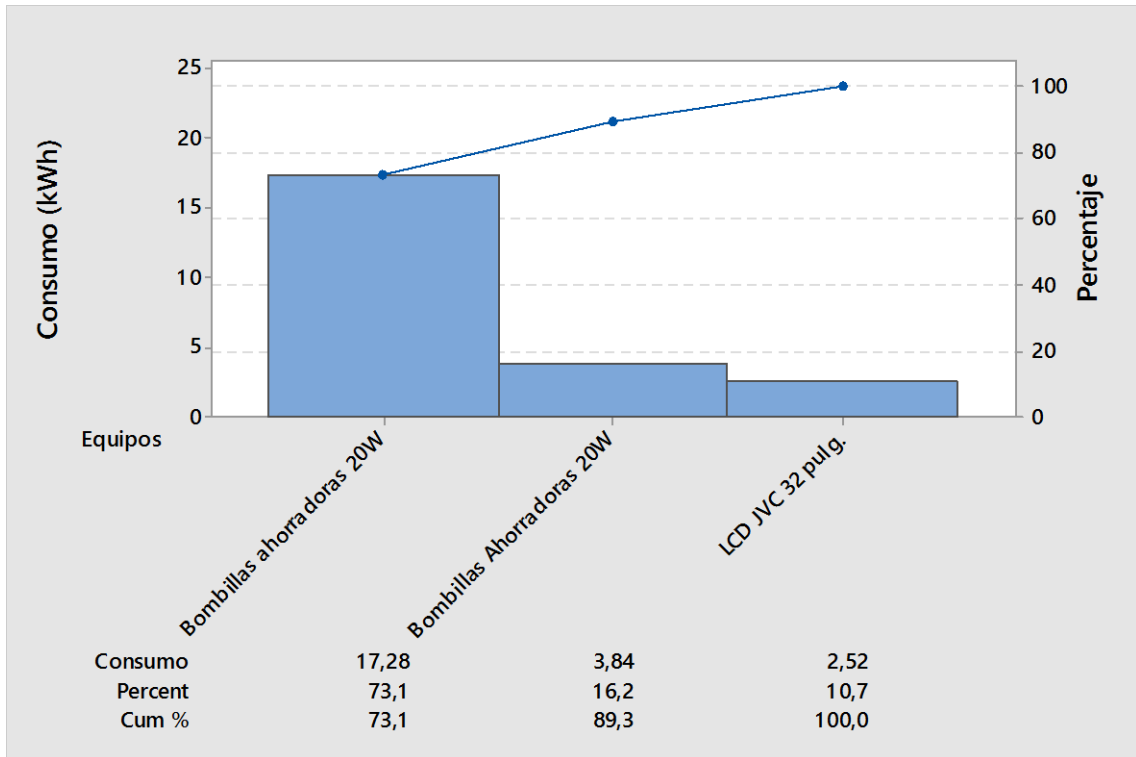
Fuente: Autores

Figura 58. Diagrama de Pareto del consumo mensual, área de la cocina.



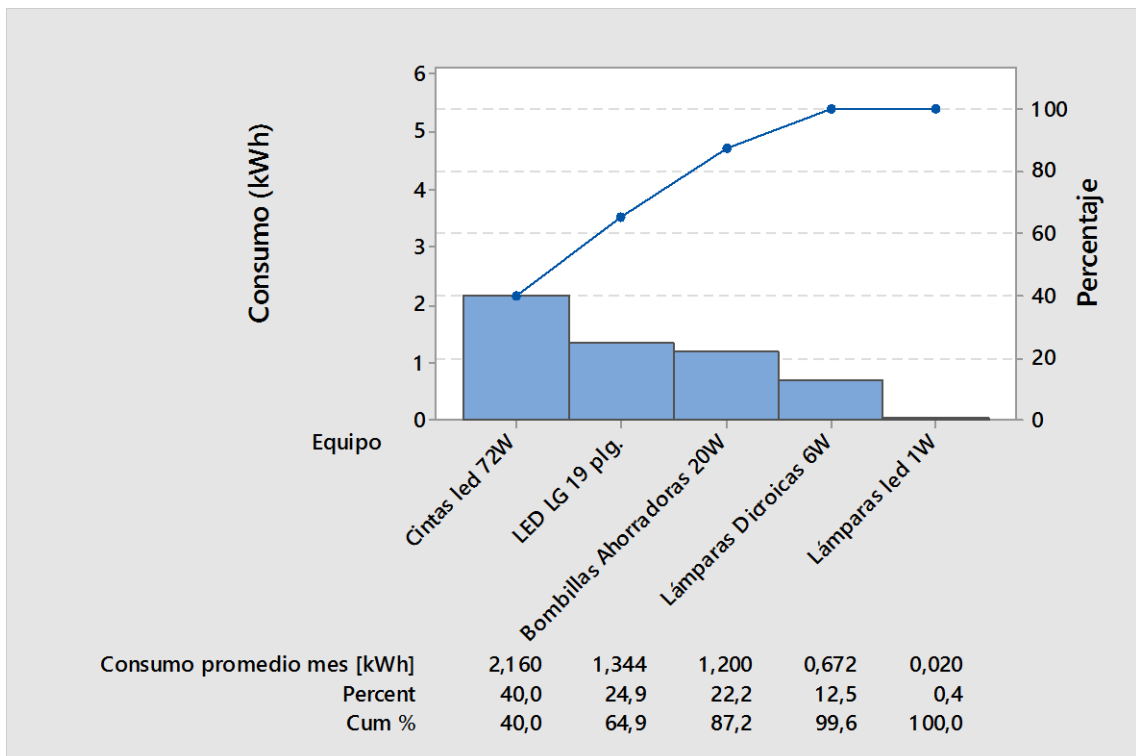
Fuente: Autores

Figura 59. Diagrama de Pareto del consumo mensual, área de cabañas.



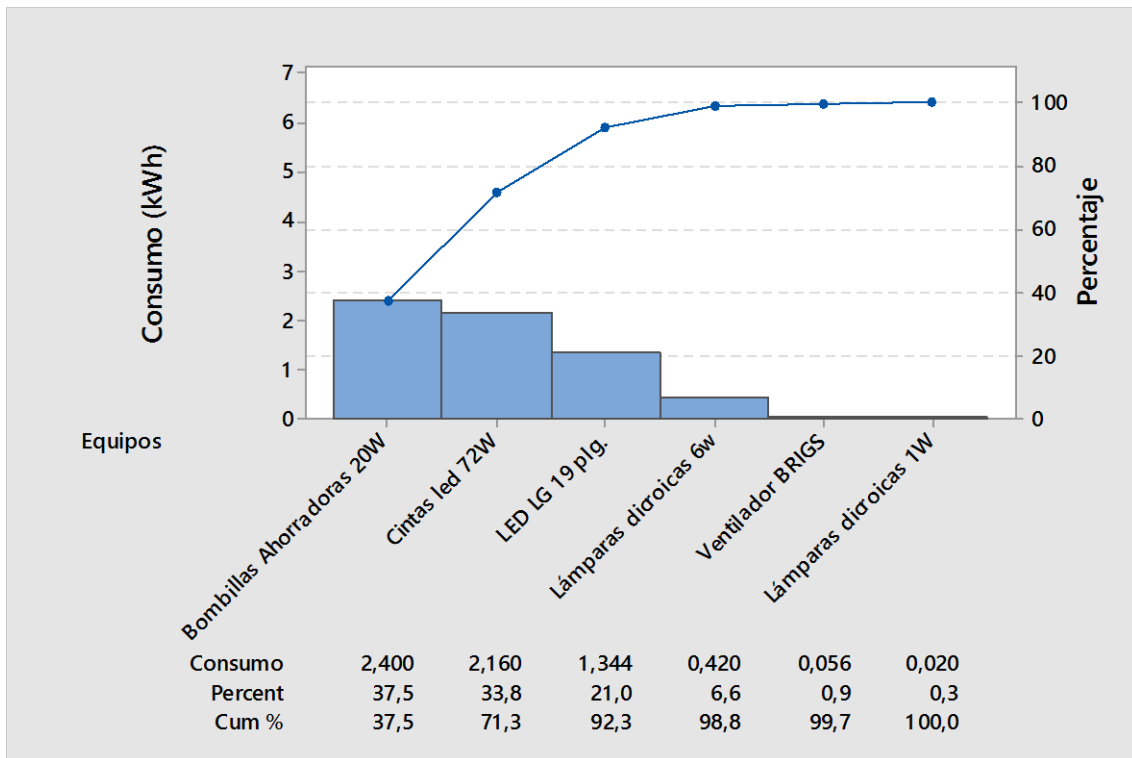
Fuente: Autores

Figura 60. Diagrama de Pareto del consumo mensual, área del hotel planta baja.



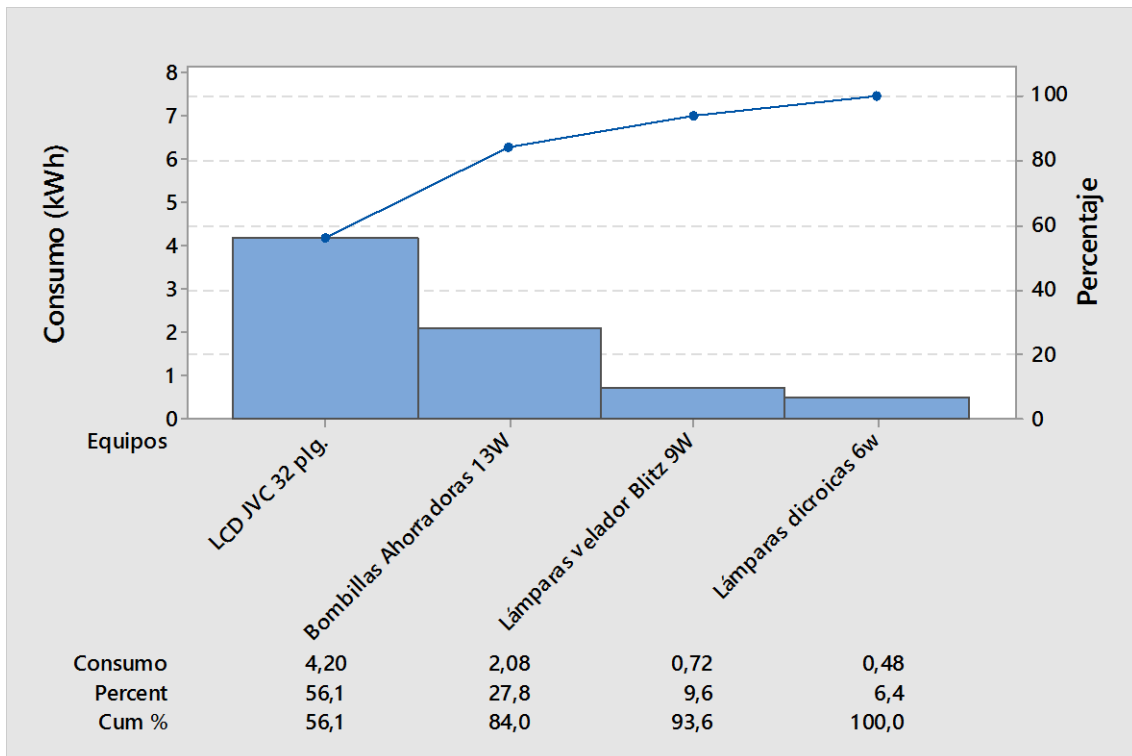
Fuente: Autores

Figura 61. Diagrama del consumo mensual, área del hotel primer piso.



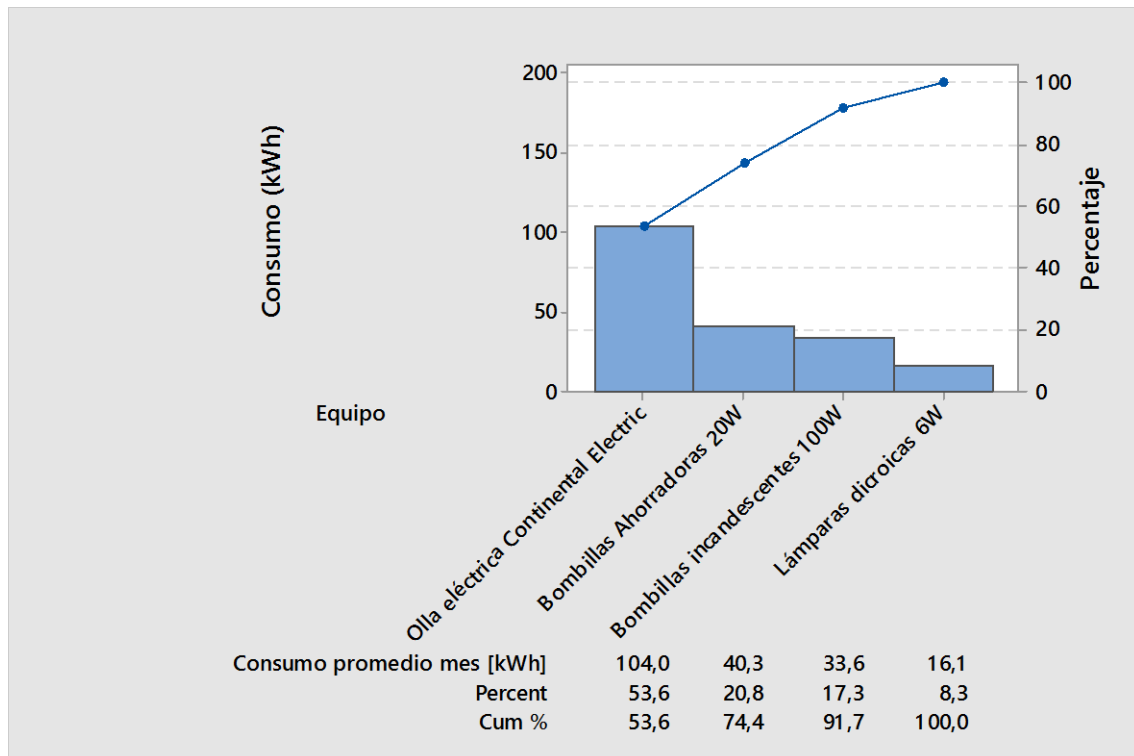
Fuente: Autores

Figura 62. Diagrama de Pareto del consumo mensual, área del hotel segundo piso alto.



Fuente: Autores

Figura 63. Diagrama de Pareto del consumo mensual, área del SPA.



Fuente: Autores

### 3.4 Generación de vapor

La generación de vapor dentro del hotel es una fuente de energía de vital importancia, constituida en el área húmeda, ésta a la vez acarrea varias incertidumbres debido al peligro inminente para su producción.

**3.4.1 Cálculo de la eficiencia de la caldera (generador de vapor).** Para determinar la eficiencia de la caldera se va a utilizar la norma ASME PTC 4.0 2008, la misma que dentro de su contenido establece dos métodos: el método directo (efficiency input output method) y el método indirecto (efficiency energy balance method).

**3.4.2 Método directo.** Este método no requiere de muchos parámetros, basta con analizar la energía que entra al generador QrI (Input) y la energía que sale del mismo QrO (Output).

En palabras más específicas y técnicas, se refiere a la medición del calor absorbido por el fluido de trabajo y la energía que entra en el generador: el flujo del combustible y el poder calorífico superior del combustible empleado.

Para ello se necesita encontrar los siguientes parámetros: el flujo másico de vapor de agua que sale del generador; por continuidad será igual al agua que entra al mismo, sin embargo la presión se puede despreciar, ya que para la entalpia del agua, solo se requiere de la temperatura de entrada y la calidad. En este punto y para encontrar el flujo másico se puede hacer de dos maneras: la primera por balance de energía entre dos puntos y la otra es por medición directa del caudal en función del tiempo.

**3.4.3 Método indirecto.** Este método es mas minucioso y requiere de parámetros medidos por equipos más sofisticados, permite determinar la magnitud de las pérdidas de energía individuales

A continuación se va a realizar una comparación entre las ventajas y desventajas que presentan los métodos de performance.

Tabla 47. Comparación de la determinación de la eficiencia.

	Ventajas	Desventajas
<b>Método de entrada/salida</b>	Los parámetros primarios para la definición de la eficiencia (entrada - salida) son medidos directamente	El flujo del combustible, el poder calorífico, el flujo de vapor y las propiedades del vapor necesitan ser medidos muy cuidadosamente para minimizar la incertidumbre
	Requiere menos mediciones	No posibilita la localización de las fuentes de posible ineficiencia
	No requiere estimación de pérdidas inconmensurables	Requiere usar el cálculo metodológico del balance de energía para corregir los resultados de la prueba para estandarizar o garantizar las condiciones.
<b>Método balance de energía</b>	Las mediciones primarias (análisis de gases y temperaturas de gases) pueden ser realizados muy precisamente.	Requiere más mediciones
	Permite corregir los resultados de las pruebas para garantizar o estandarizar las condiciones	No genera automáticamente la capacidad y los datos de salida
	La eficiencia comprobada a menudo tiene una menor incertidumbre debido a que las cantidades medibles (pérdidas) solo representan una pequeña fracción de la energía total	Algunas pérdidas son prácticamente inconmensurables y los valores deberían ser estimados.
	Los efectos de errores bastantes importantes en mediciones secundarias y valores estimados son mínimos	
	Se identifican las fuentes de grandes pérdidas	

Fuente: (AMERICAN Society of Mechanical Engineers, 2008)



**3.4.1.1** *Cálculo del método directo (entrada/salida).* Todas las ecuaciones utilizadas en este método están recopiladas del código ASME PTC 4.0:2008.

$$EF = 100 \frac{QrO}{QrF}, \% \quad (2)$$

Donde:

EF: Eficiencia

QrO: Output

QrF: Input

Entonces:

$$QrO = MrSt31(HSt31 - HW24) \quad (3)$$

$$QrI = MrF * HHVF \quad (4)$$

Dónde:

HHVF: Poder calorífico superior del combustible

MrF: Flujo másico del combustible

MrSt31: Flujo másico del vapor

HSt31: Entalpía de vapor de saturación

HW24: Entalpía del agua saturada

Solución:

HHVF:  $41\,800 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ . Referencia ANEXO P

MrF:  $0,0025 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$

MrSt31:  $0,01831 \frac{\text{kg}}{\text{seg}}$

HSt31:  $2784,228 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

HW24:  $101,841 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$$EF = 100 \frac{QrO}{MrF * HHVF} \quad (5)$$

$$EF = 46,97 \%$$

**3.4.4 Método indirecto.** Este método requiere de varios parámetros que necesitan ser medidos, pero a diferencia del anterior, este método proporciona o brinda un análisis más exhaustivo y es el estándar a nivel global. A diferencia del método directo, el método de las pérdidas indica o localiza en qué lugar se pierde energía.

Con este análisis se puede identificar cada punto de pérdida de calor para realizar las mejoras necesarias y aumentar la eficiencia. La desventaja se da por la gran cantidad de mediciones que se realiza y los cálculos asociados a las mismas. Lo que supone también un error debido a la toma de datos.

**3.4.4.1 Pérdida por gases secos ( $Q_{pLDFg}$ ), porcentaje.** Esta pérdida está asociada con los gases de escape que salen del generador a una temperatura muy elevada (calor sensible), dicha cantidad de calor que es disponible no es aprovechado y no se convierte en energía o calor útil. El mismo que genera la mayor cantidad de pérdida en la caldera y oscila entre el 5% y 30%.

$$Q_{pLDFg} = 100 * (M_{qDFg} * H_{DFgLvCr}), \quad \% \quad (6)$$

Donde:

$M_{qDFg}$ : Flujo másico de gas seco a la salida del generador  $\left(\frac{kg}{J}\right)$

$H_{DFgLvCr}$ : Entalpía del gas seco a la temperatura de salida de los gases de chimenea  $\left(\frac{J}{kg}\right)$

$$H_{DFgLvCr} = C_0 + C_1T + C_2T^2 + C_3T^3 + C_4T^4 + C_5T^5, \quad \left(\frac{J}{kg}\right) \quad (7)$$

Coeficientes para entalpía de gas seco a la temperatura de salida del generador (484 °F). Así mismo estos coeficientes se encuentran especificados dentro de la sección 7 del código ASME PTC 4.0:2008.

$$C_0 = -0,1231899E + 03$$

$$C_1 = +0,4065568E + 00$$

$$C2 = +0,5795050E - 05$$

$$C3 = +0,6331121E - 07$$

$$C4 = -0,2924434E - 10$$

$$C5 = +0,2491009E - 14$$

Para hallar las pérdidas que se producen dentro del generador de vapor se tiene que analizar los flujos máscicos de cada uno de los componentes: Tanto del aire como del combustible.

MFrWDA: Humedad en el aire  $\left(\frac{\text{LbmH2O}}{\text{Lbm aire seco}}\right)$

La siguiente ecuación evalúa la cantidad de humedad existente en situ (ambiente)

$$MFrWDA = 0,622 \left(\frac{PpWvA}{Pa - PpWvA}\right), \left(\frac{\text{LbmH2O}}{\text{Lbm aire seco}}\right) \quad (8)$$

Dónde:

$$PpWvA = 0,01 * RHMz * PsWv * Tdb, \quad (\text{psia}) \quad (9)$$

Donde:

PpWvA: Presión parcial del vapor de agua (psia)

$$PsWvTz = C1 + C2 * T + C3 * T^2 + C4 * T^3 + C5 * T^4 + C6 * T^5, \quad (\text{psia}) \quad (10)$$

Dónde: Los coeficientes se obtuvieron del código ASME PTC 4.0:2008, sección 7. La temperatura de referencia para estos coeficientes es de 298 °K

$$C1 = 0,019257$$

$$C2 = 1,289016E - 6$$

$$C3 = 1,211220E - 5$$

$$C4 = 4,534007E - 7$$

$$C5 = 6,841880E - 11$$

$$C6 = 2,197092E - 11$$

Pa: Presión Barométrica, (11,977 psia)

RHMz: Humedad relativa locación z, (0,51)

Tdbz: Temperatura de aire (bulbo seco) locación z, (77°F)

$$PpWvA = 0,1804 \text{ psia}$$

$$MFrWDA = 0,0095 \left( \frac{\text{LbmH2O}}{\text{Lbm aire seco}} \right)$$

MqThACr: Aire Teórico (Corregido)

$$MqThA = \frac{MFrThA}{HHVF}, \quad \left( \frac{\text{Kg}}{\text{KJ}} \right) \quad (11)$$

Donde:

MFrThA: Porcentaje másico de aire teórico

$$MFrThA = 0,1151MpCF + 0,3429MpH2F + 0,0431MpECF - 0,0432MpO2F, \quad \left( \frac{\text{Kg}}{\text{Kgcombustible}} \right) \quad (12)$$

Composición del aire en porcentajes másicos de los constituyentes

$$MFrThA = 14,385 \left( \frac{\text{Kg}}{\text{Kgcombustible}} \right)$$

$$MqThA = 0,000344097 \left( \frac{\text{Kg}}{\text{KJ}} \right)$$

MqDAz: Aire seco

$$MqDAz = MqThACr * \left( 1 + \frac{XpAz}{100} \right), \quad \left( \frac{\text{Kg}}{\text{KJ}} \right) \quad (13)$$

Dónde:

XpAz: Exceso de aire, porcentaje

$$MqDAz = 0,00049137 \left( \frac{\text{Kg}}{\text{KJ}} \right)$$

MrAz: Aire húmedo

$$MrAz = MqAz * QrF, \left( \frac{\text{Kg}}{\text{seg}} \right) \quad (14)$$

Dónde:

$$MqAz = (1 + MFrWA) * MqDAz, \quad \left(\frac{Kg}{KJ}\right) \quad (15)$$

$$MqAz = 0,000496042 \left(\frac{Kg}{KJ}\right)$$

$$MrAz = 0,051753428 \left(\frac{Kg}{seg}\right)$$

MqWAz: Humedad en el aire

$$MqWAz = MFrWDA * MqDAz, \quad \left(\frac{Kg}{KJ}\right) \quad (16)$$

$$MqWAz = 4,67192E - 06 \left(\frac{Kg}{KJ}\right)$$

MqWH2F: Humedad proveniente de la combustión de H2 en el combustible

$$MqWH2F = \frac{8,937 * MpH2F}{100 * HHVF}, \quad \left(\frac{Kg}{KJ}\right) \quad (17)$$

Dónde:

MpH2F: Porcentaje de masa de hidrógeno en el combustible

$$MqWH2F = 2,76876E - 05 \left(\frac{Kg}{KJ}\right)$$

MqWF: Humedad proveniente del agua en el combustible

$$MqWF = \frac{MpH2OF}{100 * HHVF}, \quad \left(\frac{Kg}{KJ}\right) \quad (18)$$

Dónde:

MpWF: Porcentaje másico de agua en el combustible. Referencia norma NTE INEN 1489: 2012

$$MqWF = 4,78469E - 11 \left(\frac{Kg}{KJ}\right)$$

Una vez que se obtiene los datos anteriores, necesario para el cálculo, se procede hallar las pérdidas que se producen en el generador de vapor.

### **QpLDFg: Pérdidas por gases secos**

$$QpLDFg = 100 * (MqDFg * HDFgLvCr), \quad \% \quad (19)$$

Dónde:

MqDFg: Cantidad de aire seco  $\left(\frac{Kg}{KJ}\right)$

HDFgLvCr: Entalpia de gas seco a temperatura de salida del generador  $\left(\frac{kJ}{kg}\right)$

T: Temperatura de salida de los gases de la chimenea (484 °F)

Coefficientes: Los coeficientes de obtuvieron del código ASME PTC 4.0:2008, sección 7

C0: - 0,001310658

C1: 0,4581304

C2: - 0,001075033

C3: 1,77885E - 06

C4: - 9,24866E - 10

C5: 1,68203E - 13

$$HDFgLvCr = C0 + C1T + C2T^2 + C3T^3 + C4T^4 + C5T^5 \quad (20)$$

$$HDFgLvCr = 291,450356 \left(\frac{Kg}{KJ}\right)$$

$$QpLDFg = 15,75 \%$$

### **QpLH2F: Pérdidas por agua formada en la combustión de H2 en el combustible**

$$QpLH2F = 100 * MqWH2F * (HStLvCr - HWRe), \quad \% \quad (21)$$

Dónde:

MqWH2F: Humedad proveniente de la combustión de H2 en el combustible  $\left(\frac{Kg}{KJ}\right)$

HStLvCr: Entalpia de vapor a la temperatura de salida de los gases de combustión  $\left(\frac{KJ}{Kg}\right)$

HWRe: Entalpia de agua a la temperatura de referencia a 32°F  $\left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}\right)$

T: Temperatura de salida de los gases (484 °F)

$$\text{HStLvCr} = 0.4329 * T + 3.9858E - 05 * T^2 + 1062.2 , \quad \left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}\right) \quad (22)$$

$$\text{HStLvCr} = 2979,59542 \left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}\right)$$

$$\text{QpLH2F} = 7,959977275 \%$$

### **QpLWF: Pérdidas por H2O en un combustible sólido o líquido**

$$\text{QpLWF} = 100 * \text{MqWF}(\text{HStLvCr} - \text{HWRe}), \quad \% \quad (23)$$

Dónde:

MqWF: Humedad proveniente del H2O en el combustible  $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{KJ}}\right)$

HStLvCr: Entalpía de vapor a la temperatura de salida de los gases de combustión  $\left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}\right)$

HWRe: Entalpía de agua a la temperatura de referencia (32 °F). Código ASME

T: Temperatura de salida de los gases (484 °F)

$$\text{QpLWF} = 1,37556E - 05 \%$$

### **QpLWA: Pérdida por humedad en el aire**

$$\text{QpLWA} = 100 * \text{MFrWA} * \text{MqDA} * \text{HWvLvCr}, \quad \% \quad (24)$$

Dónde:

MFrWA: Fraccion de masa de humedad / masa de combustible  $\left(\frac{\text{Lbm}}{\text{Lbm combustible}}\right)$

MqDA: Cantidad de aire seco entrando al generador de vapor locación z  $\left(\frac{\text{Kg}}{\text{KJ}}\right)$

HWvLvCr: Entalpia del vapor de agua a la temperatura de salida de los gases  $\left(\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}}\right)$

T: Temperatura de salida de los gases (484 °F)

$$HWvLvCr = 0,4408T + 2,381 \times 10^{-05}T^2 + 9,638 \times 10^{-09}T^3 - 34,1 \left( \frac{KJ}{Kg} \right) \quad (25)$$

$$HWvLvCr = 432,444316 \left( \frac{KJ}{Kg} \right)$$

$$QpLWA = 0,202034333 \%$$

### **QpLUbC: Pérdida por carbono no quemado**

$$QpLUbC = MpUbc \frac{HHVCRs}{HHVF}, \quad \% \quad (26)$$

Dónde:

MpUbc: Carbono no quemado, %

HHVCRs: Poder calorífico del carbono en el residuo  $\left( \frac{KJ}{Kg} \right)$

HHVF: Poder calorífico superior del combustible  $\left( \frac{KJ}{Kg} \right)$

$$QpLUbC = 0,000181263 \%$$

### **QrLsrc: Pérdidas por radiación y convección**

$$QrLsrc = C1 \sum (Hcaz + Hraz) Afz (TMnAfz - TMnAz), \quad \left( \frac{Btu}{H} \right) (W) \quad (27)$$

Hcaz: Coeficiente de transferencia de calor por convección  $\left( \frac{Btu}{ft^2 hF} \right)$

$$Hcaz = 0,2(TMnAfz - TMnAz)^{0,33}, \quad \left( \frac{Btu}{ft^2 hF} \right) \quad (28)$$

$$Hcaz = 0,962354777 \left( \frac{Btu}{ft^2 hF} \right)$$

Hraz: Coeficiente de transferencia de calor por radiación  $\left( \frac{Btu}{ft^2 hF} \right)$

$$Hraz = 0,847 + 2,367 \times 10^{-03}Tdi + 2,94 \times 10^{-06}Tdi^2 + 1,37 \times 10^{-09}Tdi^3, \left( \frac{Btu}{ft^2 hF} \right) \quad (29)$$



$$H_{\text{raz}} = 1,1636955942 \left( \frac{\text{Btu}}{\text{ft}^2 \text{hF}} \right)$$

Afz: Área circunferencial por superficie circular, ft<sup>2</sup>

$$A_{\text{fz}} = 46,895 \text{ ft}^2$$

TMnAfz: Promedio de temperatura de la superficie de área, °F

$$T_{\text{MnAfz}} = 193,84^\circ\text{F}$$

TMnAz: Promedio de temperatura ambiente del aire, °F

$$T_{\text{MnAz}} = 77^\circ\text{F}$$

C1: Coeficiente  $1,0 \frac{\text{Btu}}{\text{H}}$ , 0.293W. El coeficiente de obtuvo del código ASME PTC 4.0: 2008

$$Q_{\text{rLsrc}} = 11\,649,08219 \frac{\text{Btu}}{\text{H}} = 3\,411,6667 \text{ W}$$

$$Q_{\text{rLsrc}} = 32,699848 \%$$

**Créditos.**

**QpBDA: Porcentaje de aire seco a la entrada**

$$Q_{\text{pBDA}} = 100M_{\text{qDA}} * H_{\text{DAEn}}, \quad \% \quad (30)$$

Dónde:

MqDA: Cantidad de aire seco en la entrada al generador de vapor locación z  $\left( \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right)$

HDAEn: Entalpia del aire seco a la entrada (EES)  $\left( \frac{\text{KJ}}{\text{Kg}} \right)$

$$Q_{\text{pBDA}} = 2,498615756 \%$$

**QpBWA: Humedad en el aire de entrada**

$$Q_{\text{pBWA}} = 100M_{\text{FrWA}} * M_{\text{qDA}} * H_{\text{WvEn}}, \quad \% \quad (31)$$

Dónde:

MFrWA: Fracción de masa de humedad

$$/ \text{ masa de combustible} \left( \frac{\text{Lbm}}{\text{Lbm combustible}} \right)$$

MqDA: Cantidad de aire seco que entra al generador de vapor locación z  $\left( \frac{\text{kg}}{\text{kJ}} \right)$

HWvEn: Entalpía de vapor de agua a la temperatura de entrada (EES).  $\left( \frac{\text{kg}}{\text{kJ}} \right)$

$$QpBWA = 1,189609858 \%$$

**QpBF: Calor sensible en el combustible**

$$QpBF = \frac{100}{HHVF} HFEn, \quad \% \quad (32)$$

Dónde:

HHVF: Poder calorífico superior  $\left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$

HFEn: Entalpía del combustible a la temperatura del combustible  $\left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$

HFo: Entalpía del combustible:

$$HFo = C1 + C2 * API + C3 * T + C4 * API * T + (C5 + C6 * API) * T^2 \quad (33)$$

$$API = (141,5 - 131,5 * Sg) / Sg \quad (34)$$

$$Sg = Dn / 62,4 \quad (35)$$

Donde:

API: Grado API

Sg: Gravedad específica

T: Temperatura, 75,38 °F

Dn: Densidad,  $\left( \frac{\text{Lbm}}{\text{ft}^3} \right)$

Coefficientes:

C1: - 30,016

C2: – 0,11426

C3: 0,373

C4: 0,0143

C5: 0,002184

C6: 0,7E – 07

$$Q_{pBF} = 0,265772767 \%$$

#### **3.4.4.2 Cálculo por el método del balance de energía.**

$$\text{Eficiencia} = 100 - Q_{pL} + Q_{pB}, \quad \% \quad (36)$$

Donde:

$Q_{pL}$ : Calor por pérdidas

$Q_{pB}$ : Calor por créditos

$$\text{Eficiencia} = 47,399 \%$$

Como se pudo constatar la eficiencia por el método directo resultó de aproximadamente 47%, con el método indirecto es muy similar y tiene un valor de 47%; lo que quiere decir que los procedimientos empleados (metodología) y los datos obtenidos están correctos.

### **3.5 Distribución de vapor (Pérdidas de calor en las tuberías de distribución de vapor).**

Las pérdidas ocasionadas en la distribución de vapor son muy elevadas, ya que no poseen aislamientos térmicos. A continuación se va a realizar el análisis de las pérdidas por la falta de utilización de este importante recurso.

Se detalla cada tramo de tubería que conduce vapor a cada uno de los usos finales. Los tramos en cuestión tienen como referencia numerales que van desde el 1 hasta el 5, que respectivamente corresponden: sauna, turco, hidromasaje exterior, piscina para niños y agua termal.

### 3.6 *Transferencia de calor en tuberías (Pérdida de calor en tuberías).*

Para el cálculo de las pérdidas ocasionadas por la transferencia de calor hacia el exterior se va a utilizar la teoría y ecuaciones del libro de Holman e Incropera.

#### **Datos generales:**

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4} \right): \text{Constante de Stefan Boltzmann. ANEXO T}$$

Emisividad del material:

$$\varepsilon = 0,61 \rightarrow \text{hierro aherrumbrado, ANEXO E}$$

$$\varepsilon_1 = 0,63 \rightarrow \text{concreto, ANEXO E}$$

#### **3.6.1 Condiciones atmosféricas locales.**

$$\text{Gravedad: } g = 9,81 \left( \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$$

$$\text{Altura: } H_{\text{amt}} = 1\,695 \text{ msnm, ANEXO V}$$

$$\text{Presión: } P_{\text{atm}} = 11,977 \text{ psia} \rightarrow 82,578 \text{ kPa}$$

**3.6.2 Condiciones térmicas en la tubería.** Estas condiciones fueron obtenidas con el instrumento de medición de temperatura, pirómetro.

$$\text{Temperatura en la superficie: } T_w = 144,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatura ambiente: } T_o = 25 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{Humedad relativa} = 0,51$$

$$\text{Presión manométrica: } P_g = 48 \text{ psig} \rightarrow 330,948 \text{ kPa}$$

**3.6.3 Propiedades termofísicas del aire a temperatura fílmica y presión local.** Estas propiedades son utilizadas en las zonas 1, 2, 3, 4 y el tramo 1 de la zona 5.

Temperatura fílmica:

$$T_f = \frac{T_w + T_o}{2}, \quad \text{ }^\circ\text{K} \quad (37)$$

$$T_f = 84,8 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 357,8 \text{ }^\circ\text{K}$$

Propiedades del aire obtenidas mediante programación en el EES

$$c_p = 1,009 \left( \frac{\text{KJ}}{\text{kg} - \text{ }^\circ\text{K}} \right)$$

$$k = 0,02986 \left( \frac{\text{W}}{\text{m} - \text{ }^\circ\text{K}} \right)$$

$$\mu = 2,12 \times 10^{-5} \left( \frac{\text{N} - \text{s}}{\text{m}^2} \right)$$

$$\rho = 0,8041 \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\text{Pr} = 0,7148$$

**3.6.4 Propiedades termofísicas del líquido saturado a temperatura de saturación (a presión absoluta).** Estas propiedades son utilizadas para las zonas 1, 2, 3, 4 y 5.

Calidad:

$$x = 0,92 \text{ asumida}$$

Presión absoluta:

$$P = P_o + P_g, \quad \text{kPa} \quad (38)$$

Donde:

$P_o$ : Presión local

$$P = 82,578 + 330,948$$

$$P = 413,526 \text{ kPa}$$

Propiedades del fluido de trabajo obtenidas mediante programación en EES.

$$T_{\text{sat}} = 144,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

Calor específico:

$$c_{p_f} = 4,299 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg} - \text{ }^\circ\text{K}} \right)$$

Conductividad térmica del fluido:

$$k_f = 0,669 \left( \frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right)$$

Conductividad térmica del gas (vapor de agua):

$$k_g = 0,03078 \left( \frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right)$$

Viscosidad dinámica del fluido:

$$\mu_f = 1,90 \times 10^{-4} \left( \frac{N \cdot s}{m^2} \right)$$

Viscosidad dinámica del gas (vapor de agua):

$$\mu_g = 1,38 \times 10^{-5} \left( \frac{N \cdot s}{m^2} \right)$$

Densidad del fluido:

$$\rho_f = 921,8 \left( \frac{kg}{m^3} \right)$$

Densidad del gas (vapor de agua):

$$\rho_g = 2,231 \left( \frac{kg}{m^3} \right)$$

Entalpía del fluido:

$$h_f = 610\,100 \left( \frac{J}{kg \cdot ^\circ K} \right)$$

Entalpía del gas (vapor de agua):

$$h_g = 2\,700\,000 \left( \frac{J}{kg \cdot ^\circ K} \right)$$

Entalpía de saturación:

$$h_{fg} = h_g - h_f, \left( \frac{J}{kg \cdot ^\circ K} \right) \quad (39)$$

Donde:

$h_g$ : Entalpía específica de vapor saturado

$h_f$ : Entalpía específica de líquido saturado

$$h_{fg} = 2\,700\,000 - 610\,100$$

$$h_{fg} = 2\,129\,900 \left( \frac{\text{J}}{\text{kg} - ^\circ\text{K}} \right)$$

Entalpía: Evaporación por condensación (Tubería horizontal)

$$h'_{fg} = h_{fg} + \frac{3}{8} c_{pf} * (T_{\text{sat}} - T_w), \quad \left( \frac{\text{J}}{\text{kg} - ^\circ\text{K}} \right) \quad (40)$$

$$h'_{fg} = 2\,129\,900 + \frac{3}{8} (4,299)(144,8 - 144,6)$$

$$h'_{fg} = 2\,130\,222,425 \left( \frac{\text{J}}{\text{kg} - ^\circ\text{K}} \right)$$

Coefficiente C: Coeficiente tomado del libro de Holman

$$C = 0,729 \text{ (Tuberías horizontales)}$$

### 3.6.5 Pérdidas de calor en tuberías que conducen a la zona del sauna (Zona 1).

Condiciones geométricas en la tubería:

Longitud de la tubería:  $L_1 = 5 \text{ m}$

Diámetro nominal:  $\phi = 1/2 \text{ in}$

Diámetro interior:  $D_i = 0,015198 \text{ m}$

Área lateral interior:

$$A_i = \pi D_i L_1$$

$$A_i = \pi(0,015198)(5)$$

$$A_i = 0,248 \text{ m}^2$$

Diámetro exterior:  $D_o = 0,021336 \text{ m}$

Área lateral exterior:

$$A_o = \pi D_o L_1$$

$$A_o = \pi(0,021336)(5)$$

$$A_o = 0,335 \text{ m}^2$$

### 3.6.5.1 Convección.

Convección natural: tubería-medio ambiente (aire)

Viscosidad cinemática (para las zonas 1, 2, 3,4 y el tramo 1 de la zona 5):

$$v = \frac{\mu}{\rho}, \quad \left( \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right) \quad (41)$$

$$v = \frac{2,12 \times 10^{-5}}{0,8041}$$

$$v = 2,63 \times 10^{-5} \left( \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right)$$

Coefficiente de dilatación volumétrica (para las zonas 1, 2, 3, 4 y 5):

$$\beta = \frac{1}{T_{o,abs}}, \quad \left( \frac{1}{^\circ\text{K}} \right) \quad (42)$$

$$\beta = \frac{1}{(25 + 273)^\circ\text{K}}$$

$$\beta = 3,356 \times 10^{-3} \left( \frac{1}{^\circ\text{K}} \right)$$

Número de Grashof (para las zonas 1, 2, 3 y el tramo 1 de la zona 5):

$$\text{Gr} = \frac{g\beta(T_w - T_o)L^3}{v^2} \quad (43)$$

$$\text{Gr} = \frac{g\beta(T_w - T_o)L^3}{v^2}$$

$$\text{Gr} = \frac{(9,81)(3,356 \times 10^{-3})(144,6 - 25)(0,021336)^3}{(2,63 \times 10^{-5})^2}$$

$$\text{Gr} = 5,52 \times 10^4$$

Número de Rayleigh (para las zonas 1, 2, 3 y el tramo 1 de la zona 5):



$$Ra = Gr * Pr \quad (44)$$

$$Ra = (5,52 \times 10^4)(0,7148)$$

$$Ra = 3,95 \times 10^4$$

Número de Nusselt (para las zonas 1, 2, 3 y el tramo 1 de la zona 5):

$$Nu = cRa^n \quad (45)$$

$$Nu = (0,53)(3,95 \times 10^4)^{0,25}$$

$$Nu = 7,4705$$

Ambiente convectivo exterior (para las zonas 1, 2, 3 y el tramo 1 de la zona 5):

$$h_{\infty_o} = \frac{k_f Nu}{D_o}, \quad \left( \frac{W}{m^2 - ^\circ K} \right) \quad (46)$$

$$h_{\infty_o} = \frac{(0,02986)(7,4705)}{(0,021336)}$$

$$h_{\infty_o} = 10,455 \left( \frac{W}{m^2 - ^\circ K} \right)$$

Resistencia térmica exterior:

$$Ro = \frac{1}{h_{\infty_o} A_o}, \quad \left( \frac{^\circ K}{W} \right) \quad (47)$$

$$Ro = \frac{1}{(10,455)(0,33514)}$$

$$Ro = 2,85 \times 10^{-1} \left( \frac{^\circ K}{W} \right)$$

**CONVECCIÓN POR CONDENSACIÓN:** Vapor-tubería.

Ambiente convectivo interior (para las zonas 1, 2, 3 y 5):

$$h_{\infty_i} = C \left[ \frac{g \rho_f (\rho_f - \rho_g) k_f^3 h'_{fg}}{\mu_f (T_{sat} - T_w) D_i} \right]^{1/4}, \quad \left( \frac{W}{m^2 - ^\circ K} \right) \quad (48)$$

$$h_{\infty_i} = 0,729 \left[ \frac{(9,81)(921,8)(921,8 - 2,231)(0,669)^3(2\ 130\ 222,425)}{(1,90 \times 10^{-4})(144,8 - 144,6)(0,015198)} \right]^{1/4}$$

$$h_{\infty_i} = 39\,770,406 \left( \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right)$$

Resistencia térmica interior:

$$R_i = \frac{1}{h_{\infty_i} A_i}, \quad \left( \frac{^\circ K}{W} \right) \quad (49)$$

$$R_i = \frac{1}{(39\,770,406)(0,24816)}$$

$$R_i = 10,132 \times 10^{-5} \left( \frac{^\circ K}{W} \right)$$

### 3.6.5.2 Conducción.

Conducción: tubería de acero

$$k_T = 74,015 \left( \frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right): \text{Conductividad del acero. ANEXO Q}$$

Resistencia térmica por conducción.

$$R_c = \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi k_T L_1}, \quad \left( \frac{^\circ K}{W} \right) \quad (50)$$

$$R_c = \frac{\ln((0,021\,36/2)/(0,015198/2))}{2\pi(74,015)(5)}$$

$$R_c = 12,921 \times 10^{-5} \left( \frac{^\circ K}{W} \right)$$

### 3.6.5.3 Radiación.

$$q_r = \varepsilon \sigma A_o (T_w^4 - T_o^4), \quad W \quad (51)$$

$$q_r = (0,61)(5,67 \times 10^{-8})(0,33514)[(417,6)^4 - (298)^4]$$

$$q_r = 261,109 \text{ W}$$

Entonces, la pérdida total de calor en la zona 1 será:

$$q_1 = q_r + \frac{\Delta T}{\Sigma R_T}, \quad W \quad (52)$$

$$q_1 = 261,109 + \frac{(144,8 - 25)}{(2,85 \times 10^{-1} + 10,132 \times 10^{-5} + 12,921 \times 10^{-5})}$$

$$q_1 = 680,545 \text{ W}$$

### 3.6.6 Pérdida de calor en tuberías que conducen a la zona del turco (Zona 2).

Zona 2: Condiciones geométricas en la tubería

Longitud de la tubería:  $L_2 = 4 \text{ m}$

Diámetro nominal:  $\phi = 1/2 \text{ in}$

Diámetro interior:  $D_i = 0,015198 \text{ m}$

Diámetro exterior:  $D_o = 0,021336 \text{ m}$

Área lateral interior:

Área lateral exterior:

$$A_i = \pi D_i L_2$$

$$A_o = \pi D_o L_2$$

$$A_i = \pi(0,015198)(4)$$

$$A_o = \pi(0,021336)(4)$$

$$A_i = 0,1985 \text{ m}^2$$

$$A_o = 0,2681 \text{ m}^2$$

#### 3.6.6.1 Convección.

Convección natural: Tubería-medio ambiente (aire)

Resistencia térmica exterior: Utilizando la fórmula (46)

$$R_o = \frac{1}{h_{\infty o} A_o}, \quad \left( \frac{^\circ\text{K}}{\text{W}} \right)$$

$$R_o = \frac{1}{(10,455)(0,2681)}$$

$$R_o = 3,57 \times 10^{-1} \left( \frac{^\circ\text{K}}{\text{W}} \right)$$

Convección por condensación: vapor-tubería, se utiliza el mismo valor que se halló en la fórmula (47)

Resistencia térmica interior: Utilizando la fórmula (48)

$$R_i = \frac{1}{h_{\infty i} A_i}, \quad \left( \frac{^\circ\text{K}}{\text{W}} \right)$$

$$Ri = \frac{1}{(39\,770,406)(0,1985)}$$

$$Ri = 12,665 \times 10^{-5} \left( \frac{^{\circ}K}{W} \right)$$

### 3.6.6.2 Conducción.

Conducción: tubería de acero

$$k_T = 74,015 \left( \frac{W}{m - ^{\circ}K} \right): \text{Conductividad del acero. ANEXO Q}$$

Resistencia térmica por conducción: Utilizando la fórmula (49)

$$R_c = \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi k_T L_2}, \quad \left( \frac{^{\circ}K}{W} \right)$$

$$R_c = \frac{\ln((0,021336/2)/(0,015198/2))}{2\pi(74,015)(4)}$$

$$R_c = 16,152 \times 10^{-5} \left( \frac{^{\circ}K}{W} \right)$$

### 3.6.6.3 Radiación.

$$q_r = \varepsilon \sigma A_o (T_w^4 - T_o^4)$$

$$q_r = (0,61)(5.67 \times 10^{-8})(0,2681)[(417,6)^4 - (298)^4]$$

$$q_r = 208,887 \text{ W}$$

Pérdida de calor total en la zona 2: Utilizando la fórmula (51)

$$q_2 = q_r + \frac{\Delta T}{\Sigma R_T}$$

$$q_2 = 208,887 + \frac{(144,8 - 25)}{(3,57 \times 10^{-1} + 12,665 \times 10^{-5} + 16,152 \times 10^{-5})}$$

$$q_2 = 544,436 \text{ W}$$

### 3.6.7 Pérdidas de calor en tuberías que conducen a la zona del hidromasaje (Zona 3).

Zona 3: Condiciones geométricas en la tubería

Longitud de la tubería:  $L_3 = 10$  m

Diámetro nominal:  $\phi = 1/2$  in

Diámetro interior:  $D_i = 0,015198$  m

Diámetro exterior:  $D_o = 0,021336$  m

Área lateral interior:

Área lateral exterior:

$$A_i = \pi D_i L_3$$

$$A_o = \pi D_o L_3$$

$$A_i = \pi(0,015198)(10)$$

$$A_o = \pi(0,021336)(10)$$

$$A_i = 0,4963 \text{ m}^2$$

$$A_o = 0,6702 \text{ m}^2$$

#### 3.6.7.1 Convección.

Convección natural: Tubería-medio ambiente (aire)

Resistencia térmica exterior: Utilizando la fórmula (46)

$$R_o = \frac{1}{h_{\infty_o} A_o}, \quad \left( \frac{^\circ\text{K}}{\text{W}} \right)$$

$$R_o = \frac{1}{(10,455)(0,6702)}$$

$$R_o = 1,43 \times 10^{-1} \left( \frac{^\circ\text{K}}{\text{W}} \right)$$

Convección por condensación: Vapor-tubería.

Resistencia térmica interior: Utilizando la fórmula (48)

$$R_i = \frac{1}{h_{\infty_i} A_i}$$

$$R_i = \frac{1}{(39\,770,406)(0,4963)}$$

$$R_i = 5,066 \times 10^{-5} \left( \frac{^\circ\text{K}}{\text{W}} \right)$$

### 3.6.7.2 Conducción.

Conducción: tubería de acero

$$k_T = 74,015 \left( \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{K}} \right): \text{Conductividad del acero. ANEXO Q}$$

Resistencia térmica por conducción: Utilizando la fórmula (49)

$$R_c = \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi k_T L_3}, \quad \left( \frac{^\circ\text{K}}{\text{W}} \right)$$

$$R_c = \frac{\ln((0,021336/2)/(0,015198/2))}{2\pi(74,015)(10)}$$

$$R_c = 6,46 \times 10^{-5} \left( \frac{^\circ\text{K}}{\text{W}} \right)$$

### 3.6.7.3 Radiación.

$$q_r = \varepsilon \sigma A_o (T_w^4 - T_o^4)$$

$$q_r = (0,61)(5,67 \times 10^{-8})(0,6702)[(417,6)^4 - (298)^4]$$

$$q_r = 522,219 \text{ W}$$

Pérdida de calor total en la zona 3:

$$q_3 = q_r + \frac{\Delta T}{\Sigma R_T}$$

$$q_3 = 522,219 + \frac{(144,8 - 25)}{(1,43 \times 10^{-1})}$$

$$q_3 = 1\,361,09 \text{ W}$$

### 3.6.8 Pérdidas de calor en tuberías que se conducen a la zona de la piscina para niños (Zona 4).

Zona 4: Condiciones geométricas en la tubería

Longitud de la tubería:  $L_4 = 37 \text{ m}$

Diámetro nominal:  $\phi = 1$  in

Diámetro interior:  $D_i = 0,02664$  m

Diámetro exterior  $D_o = 0,0334$  m

Área lateral interior:

Área lateral exterior:

$$A_i = \pi D_i L_4$$

$$A_o = \pi D_o L_4$$

$$A_i = \pi(0,02664)(37)$$

$$A_o = \pi(0,0334)(37)$$

$$A_i = 3,0966 \text{ m}^2$$

$$A_o = 3,882 \text{ m}^2$$

### 3.6.8.1 Convección.

Convección natural: Tubería-medio ambiente (aire)

Número de Grashof: Utilizando la formula (42)

$$Gr = \frac{g\beta(T_w - T_o)L^3}{\nu^2}$$

$$Gr = \frac{(9,81)(3,356 \times 10^{-3})(144,6 - 25)(0,0334)^3}{(2,63 \times 10^{-5})^2}$$

$$Gr = 2,12 \times 10^5$$

Número de Rayleigh: Utilizando la formula (43)

$$Ra = Gr * Pr$$

$$Ra = (2,12 \times 10^5)(0,7148)$$

$$Ra = 1,51 \times 10^5$$

Número de Nusselt: Utilizando la formula (44)

$$Nu = cRa^n$$

$$Nu = (0,53)(3,95 \times 10^4)^{0,25}$$

$$Nu = 10,455$$

Ambiente convectivo exterior: Utilizando la formula (45)

$$h_{\infty_o} = \frac{k_f \text{Nu}}{D_o}, \quad \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2 - ^\circ\text{K}} \right)$$

$$h_{\infty_o} = \frac{(0,02986)(10,455)}{(0,0334)}$$

$$h_{\infty_o} = 9,346 \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2 - ^\circ\text{K}} \right)$$

Resistencia térmica exterior: Utilizando la formula (46)

$$R_o = \frac{1}{h_{\infty_o} A_o}$$

$$R_o = \frac{1}{(9,346)(3,882)}$$

$$R_o = 2,76 \times 10^{-2} \left( \frac{^\circ\text{K}}{\text{W}} \right)$$

Convección por condensación. Vapor-tubería.

Ambiente convectivo interior: Utilizando la fórmula (47)

$$h_{\infty_i} = C \left[ \frac{g \rho_f (\rho_f - \rho_g) k_f^3 h_{fg}}{\mu_f (T_{\text{sat}} - T_w) D_i} \right]^{1/4}, \quad \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2 - ^\circ\text{K}} \right)$$

$$h_{\infty_i} = 0,729 \left[ \frac{(9,81)(921,8)(921,8 - 2,231)(0,669)^3(2\ 130\ 222,425)}{(1,90 \times 10^{-4})(144,8 - 144,6)(0,02664)} \right]^{1/4}$$

$$h_{\infty_i} = 34\ 900,5688 \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2 - ^\circ\text{K}} \right)$$

Resistencia térmica interior: Utilizando la fórmula (48)

$$R_i = \frac{1}{h_{\infty_i} A_i}, \quad \left( \frac{^\circ\text{K}}{\text{W}} \right)$$

$$R_i = \frac{1}{(34\ 900,5688)(3,0966)}$$

$$R_i = 9,253 \times 10^{-6} \left( \frac{^\circ\text{K}}{\text{W}} \right)$$



### 3.6.8.2 Conducción.

Conducción: tubería de acero

$k_T = 74,015 \left( \frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right)$ : Conductividad del acero. ANEXO Q

Resistencia térmica por conducción: Utilizando la fórmula (49)

$$R_c = \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi k_T L_4}, \quad \left( \frac{^\circ K}{W} \right)$$

$$R_c = \frac{\ln((0,0334/2)/(0,02664/2))}{2\pi(74,015)(37)}$$

$$R_c = 1,314 \times 10^{-5} \left( \frac{^\circ K}{W} \right)$$

### 3.6.8.3 Radiación.

$$q_r = \varepsilon \sigma A_o (T_w^4 - T_o^4)$$

$$q_r = (0,61)(5,67 \times 10^{-8})(3,882)[(417,6)^4 - (298)^4]$$

$$q_r = 3\,024,74 \text{ W}$$

Pérdida de calor total en la zona 4: utilizando la fórmula (51)

$$q_4 = q_r + \frac{\Delta T}{\Sigma R_T}$$

$$q_4 = 3\,024,74 + \frac{(144,8 - 25)}{(2,76 \times 10^{-2})}$$

$$q_4 = 7\,368,546 \text{ W}$$

## 3.6.9 Pérdidas de calor en tuberías que conducen a la zona de agua termal (Zona 5).

ZONA 5

### 3.6.9.1 Tramo 1: Condiciones geométricas en la tubería

Longitud tubería expuesta al ambiente:  $L_{5A} = 4,8 \text{ m}$

Diámetro nominal:  $\phi = 1/2 \text{ in}$

Diámetro interior:  $D_i = 0,015198 \text{ m}$

Diámetro exterior:  $D_o = 0,021336 \text{ m}$

Área lateral interior:

Área lateral exterior:

$$A_i = \pi D_i L_{5A}$$

$$A_o = \pi D_o L_{5A}$$

$$A_i = \pi(0,015198)(4,8)$$

$$A_o = \pi(0,021336)(4,8)$$

$$A_i = 0,2382 \text{ m}^2$$

$$A_o = 0,3217 \text{ m}^2$$

### **Convección.**

Convección natural: Tubería-medio ambiente (aire)

Resistencia térmica exterior: Utilizando la fórmula (46)

$$R_o = \frac{1}{h_{\infty_o} A_o}, \quad \left( \frac{^\circ\text{K}}{\text{W}} \right)$$

$$R_o = \frac{1}{(10,455)(0,3217)}$$

$$R_o = 2,97 \times 10^{-1} \left( \frac{^\circ\text{K}}{\text{W}} \right)$$

Convección por condensación: Vapor-tubería

Resistencia térmica interior: Utilizando la fórmula (48)

$$R_i = \frac{1}{h_{\infty_i} A_i}, \quad \left( \frac{^\circ\text{K}}{\text{W}} \right)$$

$$R_i = \frac{1}{(39\,770,406)(0,2382)}$$

$$R_i = 10,55 \times 10^{-5} \left( \frac{^\circ\text{K}}{\text{W}} \right)$$

### **Conducción.**

Conducción: tubería de acero

$$k_T = 74,015 \left( \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{K}} \right): \text{Conductividad del acero. ANEXO Q}$$

Resistencia térmica por conducción: Utilizando la fórmula (49)

$$R_c = \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi k_T L_3}, \quad \left(\frac{^\circ\text{K}}{\text{W}}\right)$$

$$R_c = \frac{\ln((0,021336/2)/(0,015198/2))}{2\pi(74,015)(4,8)}$$

$$R_c = 13,46 \times 10^{-5} \left(\frac{^\circ\text{K}}{\text{W}}\right)$$

**Radiación.**

$$q_r = \varepsilon \sigma A_o (T_w^4 - T_o^4)$$

$$q_r = (0,61)(5,67 \times 10^{-8})(0,3217)[(417,6)^4 - (298)^4]$$

$$q_r = 250,655 \text{ W}$$

Pérdida de calor en el tramo 1: Utilizando la fórmula (51)

$$q_{5A} = q_r + \frac{\Delta T}{\Sigma R_T}$$

$$q_{5A} = 250,655 + \frac{(144,8 - 25)}{(2,98 \times 10^{-1})}$$

$$q_{5A} = 653,323 \text{ W}$$

**3.6.9.2 Tramo 2.** Condiciones geométricas en la tubería

Longitud recubierta por pared:  $L_{5R} = 3,5 \text{ m}$

Diámetro nominal:  $\phi = 1/2 \text{ in}$

Diámetro interior:  $D_i = 0,015198 \text{ m}$

Diámetro exterior:  $D_o = 0,021336 \text{ m}$

Área lateral interior:

Condiciones geométricas en la pared

$$A_i = \pi D_i L_{5C}$$

Espesor de enlucido:  $e = 0,01 \text{ m}$

$$A_i = \pi(0,015198)(3,5)$$

Ancho del ladrillo:  $a_L = 0,08 \text{ m}$

$$A_i = 0,1737 \text{ m}^2$$

$$\text{Espesor de ladrillo: } e_1 = 0,08 - 0,021336 = 0,029332 \text{ m}$$

Longitud diametral:  $a = 0,021336 \text{ m}$

Área lateral recubierta de pared:

$$A_{RP} = a * L_{5R}$$

$$A_{RP} = (0,021336)(3,5)$$

$$A_{RP} = 0,07467 \text{ m}^2$$

Propiedades termofísicas del aire a temperatura fílmica y presión local

Temperatura en la superficie de la pared:  $T_{w_1} = 39,7 \text{ }^\circ\text{C}$

Temperatura fílmica: Utilizando la fórmula (36)

$$T_f = \frac{T_{w_1} + T_o}{2}$$

$$T_f = 32,35 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 305,35 \text{ }^\circ\text{K}$$

Propiedades del aire obtenidas mediante programación en el EES

$$c_p = 1,005 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{ }^\circ\text{K}} \right)$$

$$k_f = 0,02604 \left( \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{ }^\circ\text{K}} \right)$$

$$\mu = 1,88 \times 10^{-5} \left( \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \right)$$

$$\rho = 0,9422 \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$\text{Pr} = 0,7263$$

### **Convección.**

Convección natural: Pared (enlucido)-medio ambiente (aire)

Viscosidad cinemática: Utilizando la fórmula (40)

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

$$v = \frac{1,88 \times 10^{-5}}{0,9422}$$

$$v = 2 \times 10^{-5} \left( \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right)$$

Coefficiente de dilatación volumétrica: Utilizando la fórmula (41)

$$\beta = \frac{1}{T_{o,abs}}$$

$$\beta = \frac{1}{25 + 273}$$

$$\beta = 3,356 \times 10^{-3} \left( \frac{1}{\text{°K}} \right)$$

Número de Grashof: Utilizando la fórmula (42)

$$Gr = \frac{g\beta(T_w - T_o)(L = a)^3}{v^2}$$

$$Gr = \frac{(9,81)(3,356 \times 10^{-3})(39,7 - 25)(0,021\ 336)^3}{(2 \times 10^{-5})^2}$$

$$Gr = 1,18 \times 10^4$$

Número de Rayleigh: Utilizando la fórmula (43)

$$Ra = Gr * Pr$$

$$Ra = (1,18 \times 10^4)(0,7263)$$

$$Ra = 8,56 \times 10^4$$

Número de Nusselt: Utilizando la fórmula (44)

$$Nu = cRa^n$$

$$Nu = (0,53)(8,56 \times 10^4)^{0,25}$$

$$Nu = 5,097$$

Ambiente convectivo exterior: Utilizando la fórmula (45)

$$h_{\infty_o} = \frac{k_f \text{Nu}}{D_o}, \quad \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2 - ^\circ\text{K}} \right)$$

$$h_{\infty_o} = \frac{(0,02604)(5,097)}{(0,021336)}$$

$$h_{\infty_o} = 6,221 \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2 - ^\circ\text{K}} \right)$$

Resistencia térmica exterior: Utilizando la fórmula (46)

$$R_o = \frac{1}{h_{\infty_o} A_o}$$

$$R_o = \frac{1}{(6,221)(0,07467)}$$

$$R_o = 2,15 \left( \frac{^\circ\text{K}}{\text{W}} \right)$$

Convección por condensación: vapor-tubería

Ambiente convectivo interior: Utilizando la fórmula (47)

$$h_{\infty_i} = C \left[ \frac{g \rho_f (\rho_f - \rho_g) k_f^3 h_{fg}}{\mu_f (T_{\text{sat}} - T_w) D_i} \right]^{1/4}$$

$$h_{\infty_i} = 0,729 \left[ \frac{(9,81)(921,8)(921,8 - 2,231)(0,669)^3(2130222,425)}{(1,90 \times 10^{-4})(144,8 - 144,6)(0,015198)} \right]^{1/4}$$

$$h_{\infty_i} = 39770,406 \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2 - ^\circ\text{K}} \right)$$

Resistencia térmica interior: Utilizando la fórmula (48)

$$R_i = \frac{1}{h_{\infty_i} A_i}$$

$$R_i = \frac{1}{(39770,406)(0,1737)}$$

$$R_i = 14,47 \times 10^{-5} \left( \frac{^\circ\text{K}}{\text{W}} \right)$$

### Conducción.

Conducción: tubería de acero

$$k_{T1} = 74,015 \left( \frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right): \text{Conductividad térmica. ANEXO Q}$$

Resistencia térmica por conducción: Utilizando la fórmula (49)

$$R_{c1} = \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi k_{T1} L_{5R}}, \quad \left( \frac{^\circ K}{W} \right)$$
$$R_{c1} = \frac{\ln((0,021336/2)/(0,015198/2))}{2\pi(74,015)(3,5)}$$
$$R_{c1} = 18,46 \times 10^{-5} \left( \frac{^\circ K}{W} \right)$$

Conducción: tubería-ladrillo

$$k_{T2} = 0,72 \left( \frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right): \text{Conductividad del ladrillo común. ANEXO Q}$$

Resistencia térmica por conducción: Utilizando la fórmula (49)

$$R_{c2} = \frac{2e}{k_{T2} A_{RP}}, \quad \left( \frac{^\circ K}{W} \right)$$
$$R_{c2} = \frac{2(0,0233)}{(0,72)(0,07467)}$$
$$R_{c2} = 1,091 \left( \frac{^\circ K}{W} \right)$$

Conducción: ladrillo-enlucido

$$k_{T3} = 1,4 \left( \frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right): \text{Conductividad del cemento. ANEXO Q}$$

Resistencia térmica por conducción:

$$R_{c3} = \frac{2e_1}{k_{T3} A_{RP}}, \quad \left( \frac{^\circ K}{W} \right)$$

$$Rc_3 = \frac{2(0,0233)}{(1,4)(0,07467)}$$

$$Rc_3 = 0,191 \left( \frac{^{\circ}K}{W} \right)$$

### **Radiación.**

$$q_r = \varepsilon_1 \sigma A_o (T_w^4 - T_o^4)$$

$$q_r = (0,63)(5,67 \times 10^{-8})(0,07467)[(39,7)^4 - (298)^4]$$

$$q_r = 4,468 \text{ W}$$

Pérdida de calor en el tramo 2: Utilizando la fórmula (51)

$$q_{5R} = q_r + \frac{\Delta T}{\Sigma R_T}$$

$$q_{5R} = 4,468 + \frac{(144,8 - 25)}{(2,15 + 14,47 \times 10^{-5} + 18,46 \times 10^{-5} + 1,091 + 0,191)}$$

$$q_{5R} = 39,342 \text{ W}$$

Pérdida de calor total en la zona 5

$$q_5 = q_{5A} + q_{5R}, \quad \text{W} \quad (53)$$

$$q_5 = 692,665 \text{ W}$$

### **3.7 Calor total.**

Es la suma de todos los calores encontrados previamente

$$q = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5, \quad \text{W} \quad (54)$$

$$q = 10\,647,2858 \text{ W}$$



### 3.8 Pérdidas de calor en la caldera (generador de vapor) por radiación y convección en la superficie.

Las pérdidas ocasionadas por radiación y convección en el generador de vapor suelen ser mínimas; sin embargo muchas veces puede ocurrir lo contrario, puesto que el aislamiento térmico que se suele utilizar en las calderas construidas artesanalmente no cuenta con parámetros técnicos ni especificaciones de uso.

#### 3.8.1 Pérdida por radiación.

$$h_{\infty r} = \frac{\varepsilon * \sigma * (T_w^4 - T_{amb}^4)}{T_w - T_{amb}}, \quad \left( \frac{W}{m^2 - ^\circ K} \right) \quad (55)$$

Dónde:

$h_{\infty r}$ : Coeficiente de ambiente convectivo por radiación,  $\left( \frac{W}{m^2 - ^\circ K} \right)$

$\varepsilon$ : Emisividad del material

$\sigma$ : Constante de Stefan Boltzmann,  $\left( \frac{W}{m^2 - ^\circ K^4} \right)$ . ANEXO T

$T_w$ : Temperatura promedio de la superficie de la envoltura: 362,91 °K

$T_{amb}$ : Temperatura promedio del ambiente, 298 °K

$$h_{\infty r} = \frac{0,6 * 5,67 \times 10^{-8} * (362,91^4 - 298^4)}{362,91 - 298}$$

$$h_{\infty r} = 4,958 \left( \frac{W}{m^2 - ^\circ K} \right)$$

#### 3.8.2 Perdida por convección natural: Utilizando:

$$h_{\infty c} = \frac{k_t * N_u}{D}, \quad \left( \frac{W}{m - ^\circ K} \right) \quad (56)$$

Dónde:

$h_{\infty c}$ : Coeficiente de convección natural  $\left( \frac{W}{m - ^\circ K} \right)$

$k_t$ : Conductividad térmica del medio  $\left(\frac{W}{m \cdot ^\circ K}\right)$

$N_u$ : Nusselt

D: Diámetro

Las propiedades del aire se hallaron con el programa EES a temperatura fílmica.

$T_f = 330,455 \text{ } ^\circ K$

$$Gr = \frac{g * \beta * (T_w - T_{amb}) * D_o^3}{\gamma^3}$$

Dónde:

g: Aceleración de la gravedad,  $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

$\beta$ : Coeficiente de dilatación volumétrica,  $\left(\frac{1}{^\circ K}\right)$

$D_o$ : Diámetro de la caldera, m

$\gamma$ : Viscosidad cinemática,  $\left(\frac{m^2}{s}\right)$

$$Gr = \frac{9,81 * 5,67 \times 10^{-8} * (89,91 - 25) * 0,9^3}{(2,295 \times 10^{-5})^2}$$

$$Gr = 2,67 \times 10^9$$

$$Ra = Gr * Pr$$

$$Ra = 1,92 \times 10^9$$

$$Nu = c * Ra^n$$

$$Nu = 1,11 \times 10^2$$

$$h_{\infty c} = \frac{k_t * Nu}{D}$$

$$h_{\infty c} = 3,44 \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}\right)$$

Entonces:

$$h_g = h_{\infty c} + h_{\infty r}, \quad \left( \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right)$$

Dónde:

$h_g$ : Coeficiente global de transferencia de calor  $\left( \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right)$

$$Q = h_g * A * \Delta T$$

$$Q = 2\,376,094 \text{ W}$$

### **3.9 *Análisis de las pérdidas de calor.***

**3.9.1 *Pérdidas de calor en la caldera.*** Las pérdidas de calor en la caldera son de 2 376,094 W: esto al año representa aproximadamente 37 466 250,192 kJ/año, trabajando 12 horas diarias. El análisis económico se especifica en el capítulo 4.

**3.9.2 *Pérdidas de calor en las tuberías.*** Todas las tuberías que distribuyen el vapor para los usos finales se encuentran sin aislamiento térmico, lo que ocasiona una pérdida de calor muy importante. Generando a la vez un desperdicio innecesario de recursos energéticos y pérdidas económicas considerables.

Estas pérdidas de calor son de 10 647,2858 W, esto al año representa aproximadamente 167 886 402,4944 kJ/año. El análisis económico se especifica en el capítulo 4.

### **3.10 *Usos finales.***

En este apartado se va a hallar la eficiencia de los calefones y se podrá apreciar la aplicación de la cámara termográfica FLIR E8 en el sauna y turco, para visualizar la temperatura final en estos servicios. Se hace referencia a usos finales, puesto que la caldera eleva la temperatura del agua en los hidromasajes; consecuentemente ésta es recirculada por los calefones hasta un tope de 40°C.

**3.10.1 *Eficiencia en los calefones.*** El rendimiento térmico en los calefones puede variar dependiendo de la marca y modelo, existe condiciones particulares dentro de este

extracto. Para ello se considera que la temperatura del agua a la entrada del calefón no debe superar los 25°C, ya que la eficiencia resultaría inferior y no tendría sentido.

$$\eta = \frac{\dot{m} * C_p * (T_2 - T_1)}{\dot{M}_g * H_s}, \quad \% \quad (57)$$

Donde:

$\eta$ : Eficiencia del calefón, [%]

$\dot{m}$ : caudal masico de agua  $\left(\frac{\text{kg}}{\text{min}}\right)$

$C_p$ : Calor másico del agua igual a 4,183  $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}\right)$ . Obtenido mediante el software EES

$T_2$ : Temperatura del agua a la salida del calefón, °C

$T_1$ : Temperatura del agua a la entrada del calefón, °C

$\dot{M}_g$ : Caudal másico del GLP  $\left(\frac{\text{kg}}{\text{min}}\right)$

$H_s$ : Poder calorífico superior del GLP  $\left(\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)$ . Ver tabla 49.

$$\eta = \frac{20,1 * 4,183 * (60 - 35)}{0,067 * 50220}$$

$$\eta = 62,47 \%$$

Tabla 48. Clasificación de gases combustibles

Familia	Nombre del Gas	Componente Principal	Observación	Densidad	PCS en volumen kWh/m <sup>3</sup>	PCS en masa kWh/kg	Índice de Wobbe MJ/m <sup>3</sup>	Límites de Inflamabilidad	Odorizante
<b>1ra Familia</b>	Gas Manufacturado	Metano+H <sub>2</sub> +C O	Toxico en desuso	<1	5,23	.....	19,13 a 27,64	6 a 45	
<b>2 da Familia</b>	Gas Natural	Metano	No tóxico	<1	12,2	.....	39,1 a 54,7	5 a 15	Tetrahidrotiofeno
			Inodoro						
			Incoloro						
<b>3 ra Familia</b>	GLP	Propano	No tóxico	>1	27,29	14	72,9 a 87,3	2,4 a 9,5	Mercaptano
			Inodoro						
			Incoloro						
		Butano	No tóxico	>1	36	13,95		1,8 a 8,4	Mercaptano
			Inodoro						
			Incoloro						

Fuente: (NTE INEN 2 260:2010, 2010)

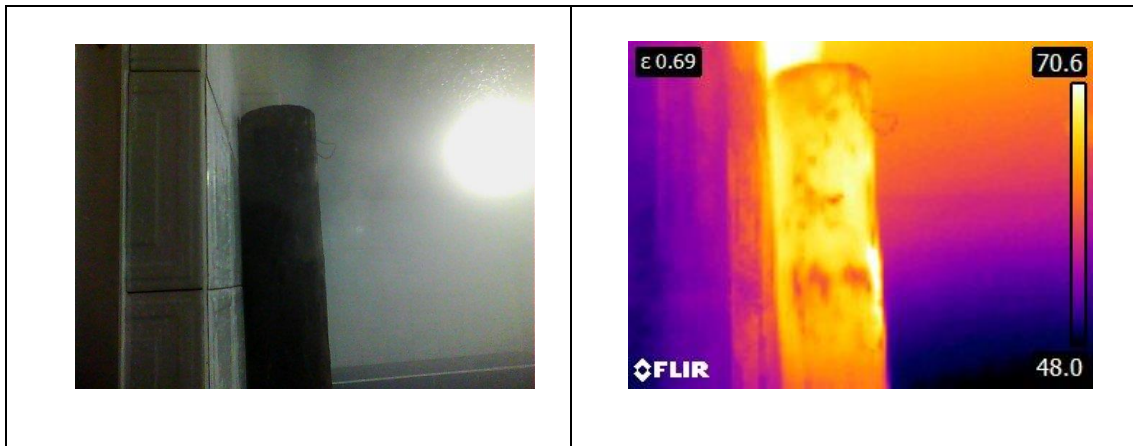
Cabe mencionar o recalcar que la eficiencia calculada en este estudio se determinó una vez que el sistema estuvo en equilibrio, esto quiere decir que las temperaturas indicadas estuvieron operativas durante un periodo de determinado.

### 3.10.2 Termografía.

**3.10.2.1** *Sauna.* Para el análisis termográfico, hay que tomar en cuenta varios parámetros importantes como: la cámara termográfica (resolución, accuracy, etc.), condiciones atmosféricas, conductividad térmica del material a evaluar.

La termografía por lo general sirve para identificar las pérdidas de calor que se generan en los diferentes redes de tuberías, se pueden encontrar fugas de vapor. Es por ello que los lugares más comunes para la realización de la termografía son: empalmes de tuberías, válvulas, trampas de vapor, válvulas de seguridad, bridas.

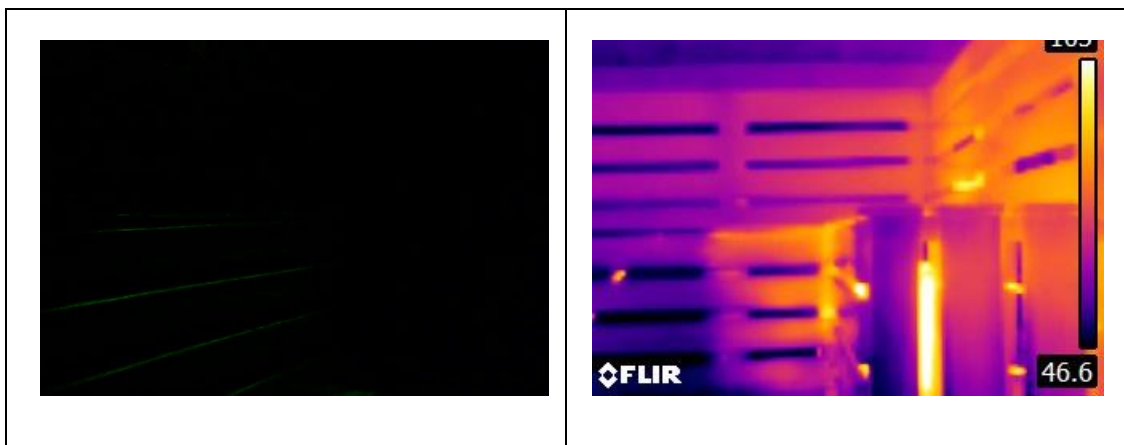
Figura 64. Análisis termográfico, sauna



Fuente: Autores

### 3.10.2.2 *Turco.*

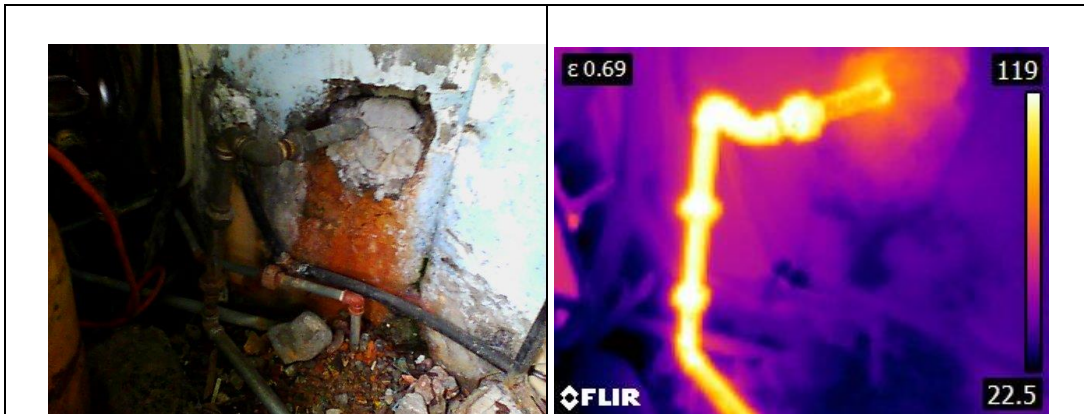
Figura 65. Análisis termográfico, turco



Fuente: Autores

### 3.10.2.3 *Agua termal*

Figura 66. Análisis termográfico, agua termal



Fuente: Autores

### 3.10.2.4 *Distribución de vapor.*

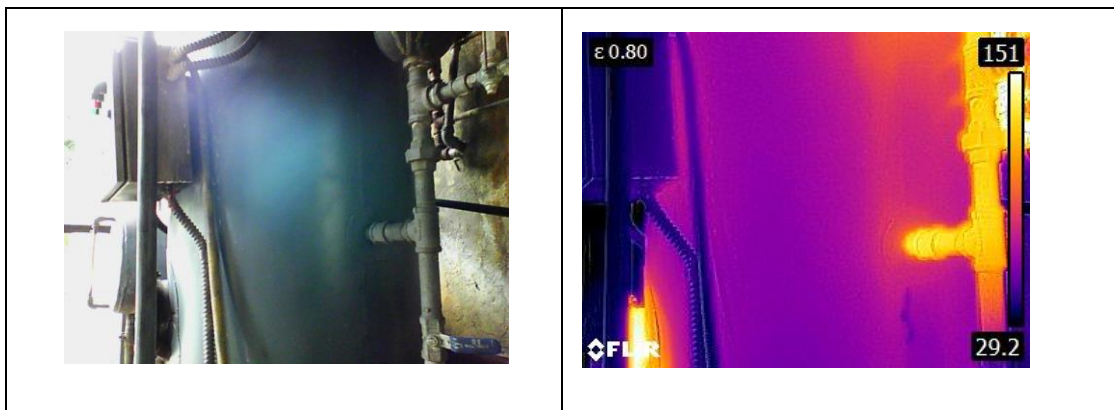
Figura 67. Análisis termográfico, red de tuberías

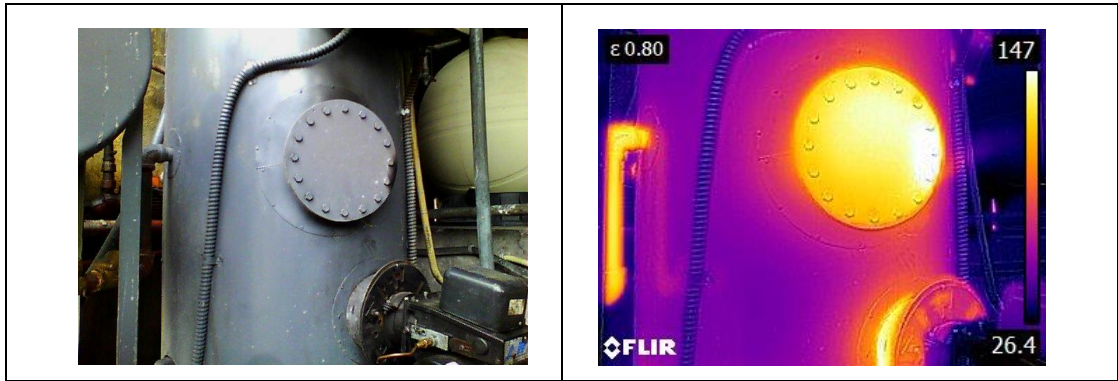


Fuente: Autores

### 3.10.2.5 *Caldero*

Figura 68. Análisis termográfico, caldero

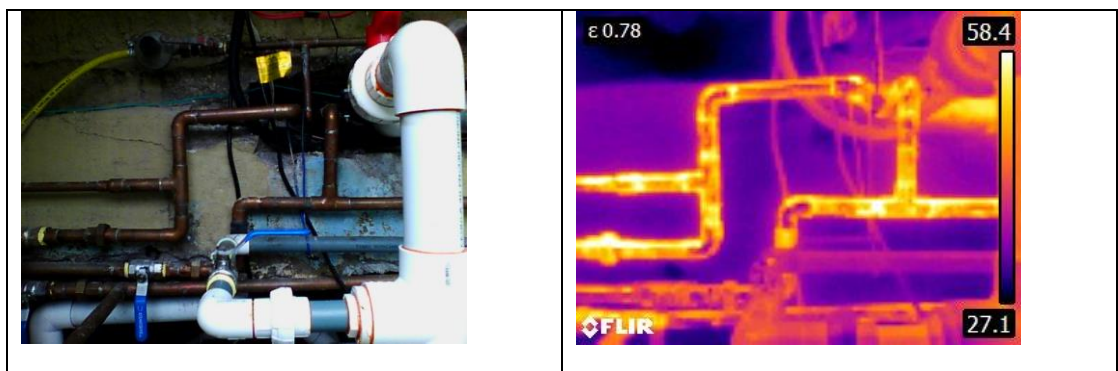




Fuente: Autores

**3.10.2.6** *Tuberías de calefones.* El sistema de tuberías de los calefones es relativamente nuevo, las condiciones de trabajo no son muy adversas en comparación con la red de distribución de vapor, sin embargo, en las uniones pueden ver afectaciones debido a una soldadura mal hecha.

Figura 69. Análisis termográfico, calefones



Fuente: Autores

### 3.11 *Evaluación hidráulica.*

Al igual que se realizó el análisis de la eficiencia de la caldera, el análisis termográfico en las tuberías, de la misma manera se hace la parte hidráulica; misma que comprende gran parte del consumo energético.

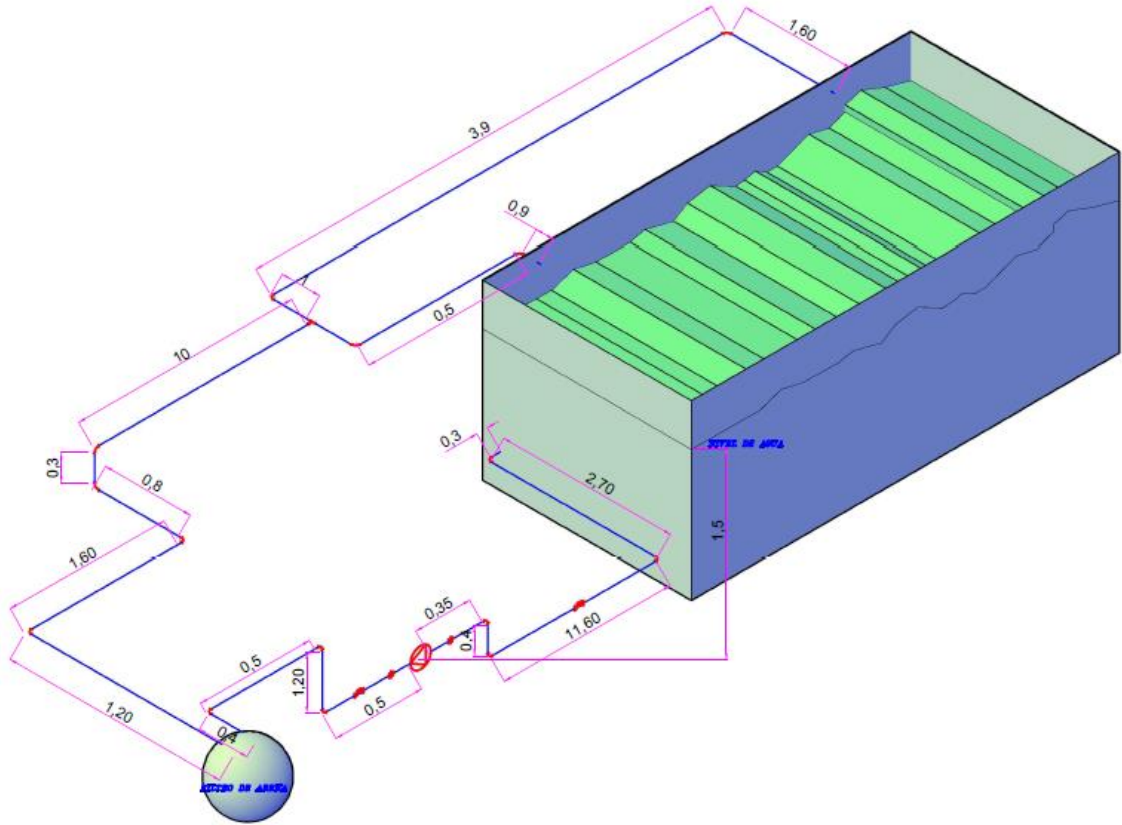
Para el cálculo de la eficiencia o rendimiento de las bombas se utilizará la potencia eléctrica de placa. Además se utilizará el criterio de longitud crítica donde es admitido.



### 3.11.1 Evaluación de la bomba tipo Emaux (bomba de circulación serie SB30).

Datos del sistema 1:

Figura 70. Diagrama de la piscina grande



Fuente: Autores

Ecuación de la continuidad

$$Q_1 = Q_2 \quad (58)$$

$$Q = v * A \rightarrow v = Q/A$$

Donde:

Q: Caudal volumétrico,  $\left(\frac{m^3}{seg}\right)$

v: Velocidad de fluido,  $\left(\frac{m}{seg}\right)$

A: Área de la sección transversal interior de la tubería,  $(m^2)$

#### 3.11.1.1 Succión-Pérdidas



Succión:

Tubería: PVC

Longitud de succión:  $L_{s1} = 0,35$  m

Factor de fricción:  $\lambda_1 = k_{s1} = 0,03$ . Referencia ANEXO O

Diámetro nominal:  $\phi = 25$  mm

Diámetro interior:  $\phi_{int1} = 0,022$  m

Espesor:  $e = 0,0015$  m

Área transversal interior:  $A_{int1} = \frac{\pi}{4} \phi_{int1}^2$

$A_{int1} = 0,00038$  m<sup>2</sup>

Tubería: Acero comercial

Longitud de succión:  $L_{s2} = (0,3 + 2,7 + 11,6 + 0,4) = 15$  m

Factor de fricción:  $\lambda_2 = k_{s2} = 0,023$ . Referencia ANEXO N

Diámetro nominal:  $\phi = 1\ 1/4$  in.

Diámetro exterior:  $\phi_{ext2} = 0,0422$  m

Espesor:  $e = 0,00356$  m

Área transversal interior:  $A_{int2} = \frac{\pi}{4} (\phi_{ext2} - 2e)^2$

$A_{int2} = 0,00096$  m<sup>2</sup>

La pérdida de energía en el flujo de fluidos a través de accesorios está en proporción a la cabeza de velocidad, esto a su vez está relacionado con el coeficiente de resistencia, este último se expresa por la siguiente ecuación (esta ecuación se utilizará en todos los casos que se requiera las pérdidas por accesorios):

$$k = N^{\circ} \left( k_s \frac{L_e}{D} \right) \quad (59)$$

Donde:

k: Coeficiente de resistencia

$k_s$ : factor de fricción

$\frac{L_e}{D}$ : Relación de longitud equivalente respecto al diámetro para pérdidas en accesorios.

Nº: Cantidad del accesorio

Tubería PVC

Tabla 49. Pérdidas por accesorios, Tubería PVC

ACCESORIOS	CANT.	$L_e/D$	$k_s$	K
Codo 90°	2	50*	0,03	3
Universal o unión	1	6**	0,03	0,18
$\Sigma k_1$				3,18
*: ANEXO M				
**: ANEXO S				

Fuente: Autores

Tubería de Acero Comercial

Tabla 50. Pérdidas por accesorios, Tubería de Acero Comercial

ACCESORIOS	CANT.	$L_e/D^*$	$k_s$	k
Codo 90°	2	50	0,023	2,3
Válvula de globo	1	340	0,023	7,82
$\Sigma k_2$				10,12
*: ANEXO M				

Fuente: Autores

***Pérdidas en succión.***

$$H_s = \pm h_{es} + h_{vs} + h_{rs} \pm h_{pms} \quad (60)$$

Altura estática en succión:

$$h_{es} = -1,5 \text{ m}$$

Altura por cabeza de velocidad en succión:

$$h_{vs} = \frac{v^2}{2g} \quad (61)$$

Despejando y dejando en función de Q, se tiene:

$$h_{vs} = \frac{Q^2}{2A_1^2g} + \frac{Q^2}{2A_2^2g}$$

$$h_{vs} = 0,03142 Q^2$$

Altura por pérdidas en longitud de tuberías y accesorios en succión: ecuación de Darcy-Weisbach

$$h_{rs} = \left( \frac{\lambda L}{\phi_{int}} + \Sigma k \right) \frac{v^2}{2g} \quad (62)$$

Donde:

$h_{rs}$ : Pérdidas de carga debido a la fricción

$\lambda$ : Factor de fricción

L: Longitud de tubería

k: Coeficiente de resistencia

v: Velocidad de fluido

g: Aceleración de la gravedad =  $9,81 \left( \frac{m}{seg^2} \right)$

Dejando en función de Q: Para los dos tramos, tanto PVC como para acero comercial, se tiene lo siguiente:

$$h_{rs} = \left( \frac{\lambda_1 L_{s1}}{\phi_{int}} + \Sigma k_1 \right) \frac{Q^2}{2A_1^2g} + \left( \frac{\lambda_2 L_{s2}}{\phi_{int}} + \Sigma k_2 \right) \frac{Q^2}{2A_2^2g}$$

$$h_{rs} = 0,176 Q^2$$

Altura de presión manométrica en succión:

$$h_{pms} = 0 \text{ m}$$

$$H_s = -1,5 + 0,03142 Q^2 + 0,176 Q^2$$

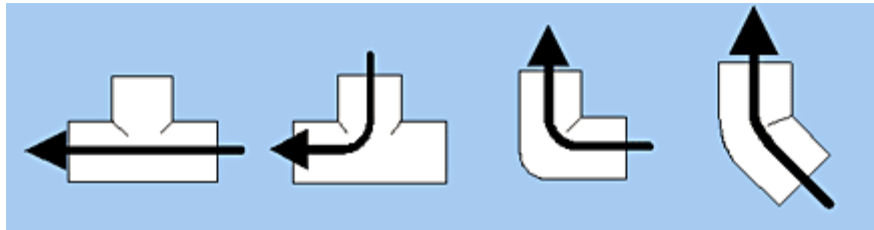
$$H_s = -1,5 + 0,176 Q^2$$

### 3.11.1.2 Descarga-Pérdidas

Descarga:

Tubería: PVC LASCO

Figura 71. Pérdida de fricción en accesorios de PVC LASCO



Size	tee-run	tee-branch	90° ell	45° ell
1/2	1.0	4.0	1.5	0.8
3/4	1.4	5.0	2.0	1.0
1	1.7	6.0	2.3	1.4
1¼	2.3	7.0	4.0	1.8
1½	2.7	8.0	4.0	2.0
2	4.3	12.0	6.0	2.5
2½	5.1	15.0	8.0	3.0
3	6.3	16.0	8.0	4.0
3½	7.3	19.0	10.0	4.5
4	8.3	22.0	12.0	5.0

Fuente: PVC LASCO

Longitud en descarga:  $L_d = (0,5 + 1,2 + 0,5 + 0,4 + 1,2 + 1,6 + 0,8 + 0,3 + 10 + 1 + 3,9 + 1,6) = 23 \text{ m}$

Factor de fricción:  $\lambda = k_s = 0,027$ . Referencia Anexo O

Diámetro nominal:  $\phi = 50 \text{ mm}$

Diámetro interior:  $\phi_{\text{int}} = 0,045 \text{ m}$

Espesor:  $e = 0,0024 \text{ m}$

Área transversal interior:

$$A = \frac{\pi}{4} \phi_{\text{int}}^2$$

$$A = 0,00159 \text{ m}^2$$

Pérdida en accesorios en función de la relación de longitud equivalente: Utilizando la fórmula de coeficiente de resistencia. Fórmula (57)

$$k = N^{\circ} \left( k_s \frac{L_e}{D} \right)$$

Tubería PVC LASCO ( $L_e$  en función del diámetro nominal,  $L_e/D$  en función del diámetro interior (ft)).

Tabla 51. Pérdidas por accesorios, Tubería PVC LASCO

ACCESORIOS	$L_e$ (ft)	$L_e/D$	CANT.	$k_s$	<b>K</b>
Codo 90°	6	40,65*	11	0,027	12,073
Universal		6**	1	0,027	0,162
TE estándar	4,3	29,13*	1	0,027	0,786
<b><math>\Sigma k</math></b>					<b>13,021</b>
*: hallado utilizando la fórmula de proporción de longitud equivalente					
**: ANEXO S					

Fuente: Autores

***Pérdidas en descarga.***

$$H_d = \pm h_{ed} + h_{vd} + h_{rd} \pm h_{pmd} \quad (63)$$

Altura estática en descarga:

$$h_{ed} = 1,5 \text{ m}$$

Altura por cabeza de velocidad en descarga:

$$h_{vd} = \frac{Q^2}{2A^2g}$$

$$h_{vd} = 0,00155 Q^2$$

Altura por pérdidas en longitud de tuberías y accesorios: Utilizando la fórmula (60) ecuación de Darcy-Weisbach

$$h_{rd} = \left( \frac{\lambda L_d}{\phi_{int}} + \Sigma k \right) \frac{Q^2}{2A^2g}$$

$$h_{rd} = 0,0417 Q^2$$

Altura de presión manométrica en descarga:

$$h_{pmd} = 0 \text{ m}$$

Pérdida por filtro de arena = 2,5 m. Referencia ANEXO

$$H_d = 1,5 + 2,5 + 0,00155 Q^2 + 0,0417 Q^2$$

$$H_d = 2,5 + 0,0432 Q^2$$

**3.11.1.3** *Determinación de la curva resistente del sistema instalado.* La curva resistente del sistema instalado estará expresada en función del caudal, la misma que expresa las pérdidas de energía ocasionadas en el interior de las tuberías y accesorios.

Balance de energía: Ecuación de Bernoulli

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + H_B - H_{1-2} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \quad (64)$$

$$H_B = H_s + H_d \quad (65)$$

Altura total de bombeo:

$$H_B = -1,5 + 0,207 Q^2 + 4 + 0,0432 Q^2$$

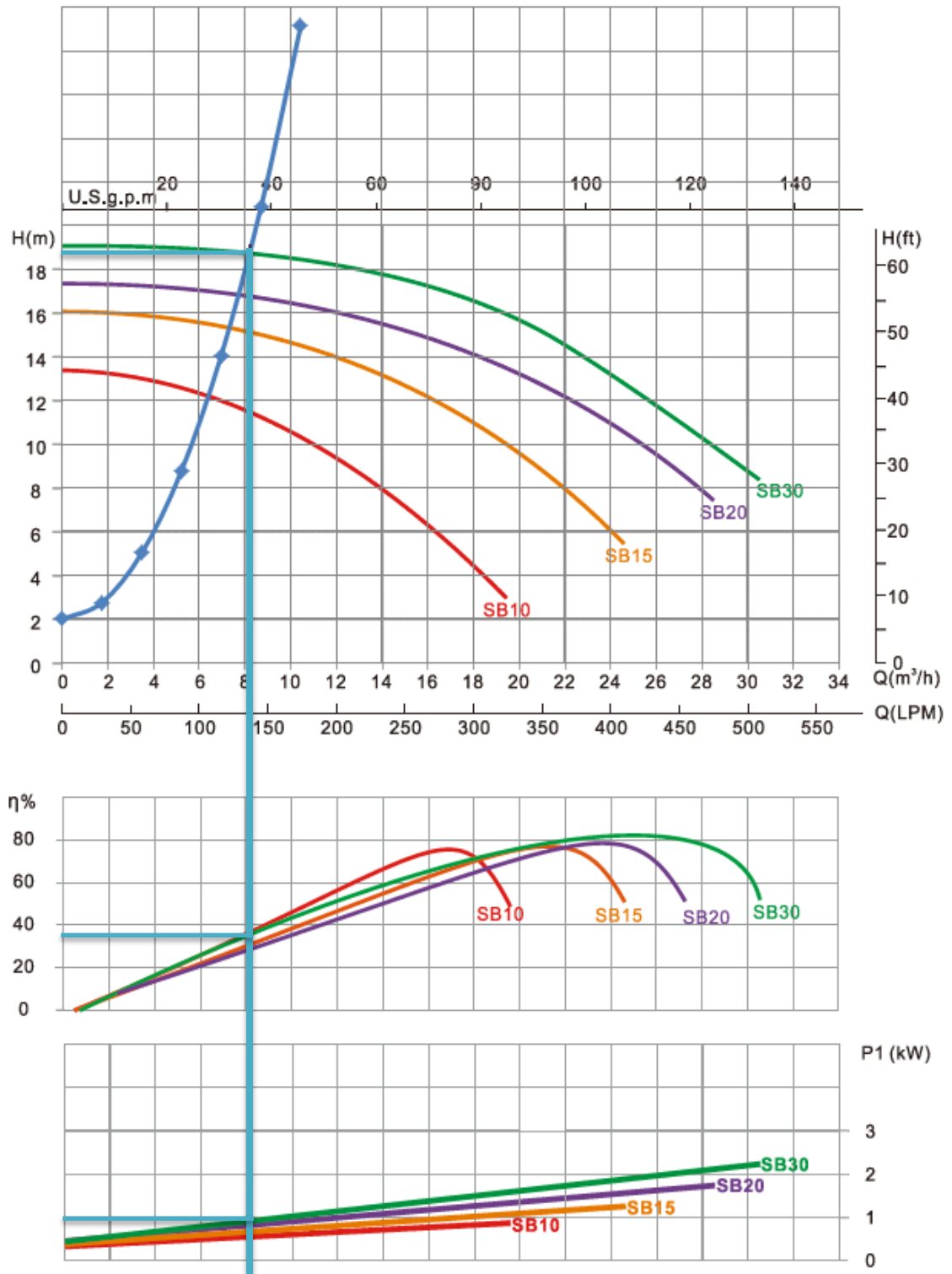
$$H_B = 2,5 + 0,251 Q^2$$

Tabla 52. Determinación del punto de funcionamiento de la bomba tipo EMAUX 3HP

VELOCIDAD	CAUDAL	ALTURA
v(m/s)	Q (m <sup>3</sup> /h)	H <sub>B</sub> (m)
0	0	2,5
0,5	1,7397	3,260422536
1	3,4795	5,541690144
1,5	5,2192	9,343802823
2	6,9589	14,66676058
2,5	8,6986	21,5105634
3	10,4384	29,87521129

Fuente: Autores

Figura 72. Curvas de rendimiento de las bombas EMAUX



Fuente: (EMAUX)

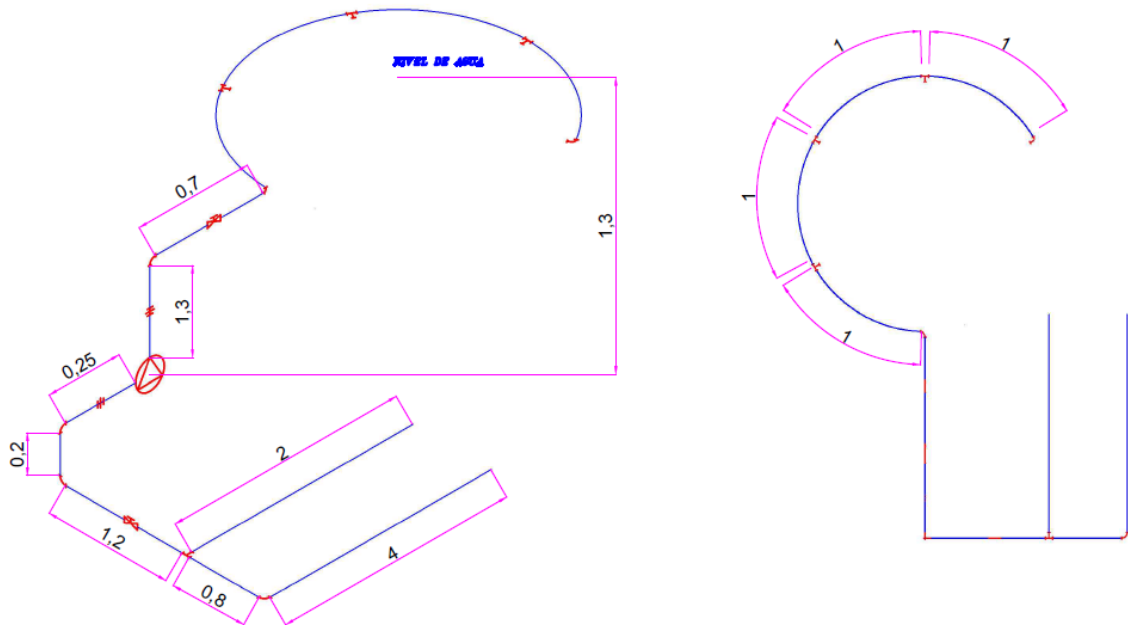
La eficiencia se encuentra aproximadamente en 36%

### 3.11.2 Análisis en el hidromasaje II.

Evaluación de la bomba SWIM POOL tipo hidro SWIM150 2HP

Datos del sistema 2: Las medidas están indicadas en metros

Figura 73. Diagrama del hidromasaje II



Fuente: Autores

Ecuación de la continuidad: utilizando la fórmula: Utilizando la fórmula (56)

$$Q_1 = Q_2$$

$$Q = v * A \rightarrow v = Q/A$$

#### 3.11.2.1 Succión-Pérdidas

Succión:

Tubería: PVC LASCO

Pérdidas en succión:  $Hr_1$

Factor de fricción:  $\lambda = k_s = 0,027$ . Referencia ANEXO 0

Diámetro nominal:  $\phi = 1 \frac{1}{2}$  in

Diámetro interior:  $\phi_{int} = 0,0362$  m



Espesor:  $e = 0,0019 \text{ m}$

Área transversal interior:

$$A = \frac{\pi}{4} \phi_{\text{int}}^2$$

$$A = 0,00102 \text{ m}^2$$

Pérdida en accesorios en función de la relación de longitud equivalente: Utilizando la fórmula (57)

$$k = N^{\circ} \left( k_s \frac{L_e}{D} \right)$$

Tramo 1:

$$\text{Longitud en succión: } L_{s1} = (4 + 0,8 + 1,2) = 6 \text{ m}$$

Tubería PVC LASCO

Tabla 53. Pérdidas por accesorios, Tubería PVC LASCO

ACCESORIOS	$L_e$ (ft)	$L_e/D$	CANT.	$k_s$	<b>K</b>
Codo 90°	4	33,68*	1	0,027	0,909
Val. Globo		340**	1	0,027	9,18
TE estándar	2,7	22,73*	1	0,27	0,613
<b><math>\Sigma k_1</math></b>					10,703
*: Aplicando la ecuación de relación de proporción					
**: ANEXO M					

Fuente: Autores

TRAMO 2:

$$\text{Longitud en succión: } L_{s2} = (0,2 + 0,25) = 0,45 \text{ m}$$

Tubería PVC LASCO

Tabla 54. Pérdidas por accesorios, Tubería PVC LASCO

ACCESORIOS	$L_e$ (ft)	$L_e/D$	CANT.	$k_s$	<b>k</b>
Codo 90°	4	33,68*	2	0,027	1,819
Universal		6**	1	0,027	0,162
<b><math>\Sigma k_2</math></b>					1,98
*: hallado utilizando la fórmula de coeficiente de resistencia					
**: ANEXO S					

Fuente: Autores

**Pérdidas en succión.** Utilizando la fórmula (58)

$$H_s = \pm h_{es} + h_{vs} + h_{rs} \pm h_{pms}$$

Altura estática en succión:

$$h_{es} = -1,3\text{m}$$

Altura por cabeza de velocidad en succión: Utilizando la fórmula (60)

$$h_{vs} = \frac{Q^2}{2A^2g}$$

$$h_{vs} = 0,00371 Q^2$$

Altura por pérdidas en longitud de tuberías y accesorios en succión:

$$h_{rs} = \left( \frac{\lambda L_{s1}}{\phi_{int}} + \Sigma k_1 \right) \frac{Q^2}{2A^2g} + \left( \frac{\lambda L_{s2}}{\phi_{int}} + \Sigma k_2 \right) \frac{Q^2}{2A^2g}$$

$$h_{rs} = 0,0649 Q^2$$

Altura de presión manométrica en succión: Esto debido a que el hidromasaje se encuentra a presión atmosférica.

$$h_{pms} = 0 \text{ m}$$

$$H_s = -1,3 + 0,00371 Q^2 + 0,0649 Q^2$$

$$H_s = -1,3 + 0,0686 Q^2$$

### **3.11.2.2 Descarga-Pérdidas**

Descarga:

Tubería: PVC LASCO

Longitud en descarga:  $L_d = 6 \text{ m}$

Factor de fricción:  $\lambda = k_s = 0,027$  Referencia ANEXO O

Diámetro nominal:  $\phi = 1 \frac{1}{2} \text{ in}$

Diámetro interior:  $\phi_{int} = 0,0362 \text{ m}$

Espesor:  $e = 0,0019 \text{ m}$

Área transversal interior:

$$A = \frac{\pi}{4} \phi_{\text{int}}^2$$

$$A = 0,00102 \text{ m}^2$$

Pérdida en accesorios en función de la relación de longitud equivalente: Utilizando la fórmula de coeficiente de resistencia. Fórmula (57)

$$k = N^{\circ} \left( k_s \frac{L_e}{D} \right)$$

Tubería PVC LASCO

Tabla 55. Pérdidas por accesorios, Tubería PVC LASCO

ACCESORIOS	$L_e$ (ft)	$L_e/D$	CANT.	$k_s$	$k$
Codo 90°	4	33,688*	3	0,027	2,73
Val. Globo		340**	1	0,027	9,18
TE estándar	2,7	22,739*	3	0,027	1,84
Universal		6*	1	0,027	0,162
$\Sigma k_1$					13,91
*: hallado utilizando la fórmula de coeficiente de resistencia					
**: hallado ocupando el ANEXO M					

Fuente: Autores

**Pérdidas en descarga.** Utilizando la fórmula (61)

$$H_d = \pm h_{ed} + h_{vd} + h_{rd} \pm h_{pmd}$$

Altura estática en descarga:

$$h_{ed} = 1,3 \text{ m}$$

Altura por cabeza de velocidad en descarga: Utilizando la fórmula (59)

$$h_{vd} = \frac{Q^2}{2A^2g}$$

$$h_{vd} = 0,00371Q^2$$

Altura por pérdidas en longitud de tuberías y accesorios: Utilizando la fórmula de Darcy- Weisbach. Fórmula (60)

$$h_{rd} = \left( \frac{\lambda L_d}{\phi_{int}} + \Sigma k \right) \frac{Q^2}{2A^2 g}$$

$$h_{rd} = 0,0683$$

Altura de presión manométrica en descarga: Esto se debe a que el hidromasaje se encuentra bajo efecto de presión manométrica

$$h_{pmd} = 0 \text{ m}$$

$$H_d = 1,3 + 0,00371Q^2 + 0,0683Q^2$$

$$H_d = 1,3 + 0,0720Q^2$$

### 3.11.2.3 *Determinación de la curva resistente del sistema instalado.*

Balance de energía: Ecuación de Bernoulli, utilizando la fórmula (62)

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + H_B - H_{1-2} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

$$H_B = H_s + H_d$$

Altura total de bombeo: Utilizando la fórmula (63). La siguiente ecuación representa la curva resistente del sistema instalado

$$H_B = -1,3 + 0,0686Q^2 + 1,3 + 0,0606Q^2$$

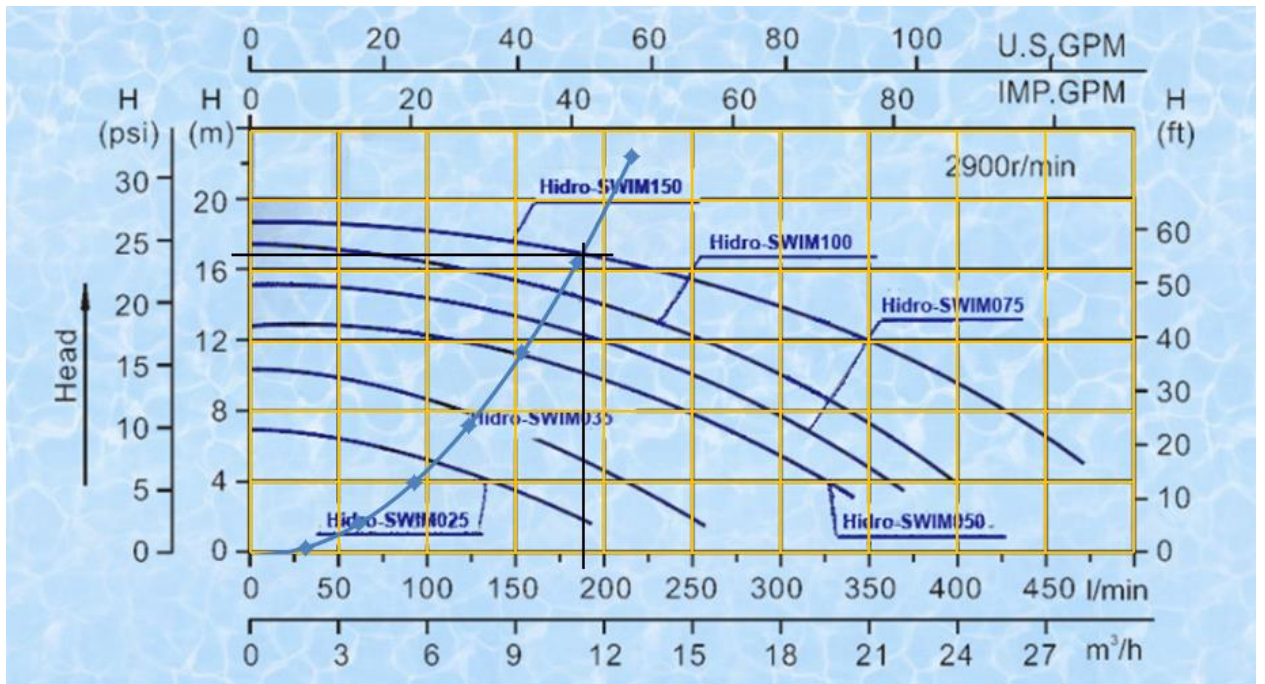
$$H_B = 0,1406Q^2$$

Tabla 56. Determinación del punto de funcionamiento de las bombas Hidro SWIM

VELOCIDAD	CAUDAL	ALTURA
v(m/s)	Q (m <sup>3</sup> /h)	H <sub>B</sub> (m)
0	0	0
0,5	1,8525909	0,48271235
1	3,70518181	1,93084942
1,5	5,55777271	4,34441119
2	7,41036362	7,72339768
2,5	9,26295452	12,0678089
3	11,1155454	17,3776448
3,5	12,9681363	23,6529054

Fuente: Autores

Figura 74. Curvas de rendimiento de las bombas Hidro SWIM



Fuente: (HIDRO TERMAL)

Eficiencia ( $\eta$ ):

$$\eta = \frac{P_H}{P_{elec}} \quad (66)$$

$$\eta = \frac{\rho * g * H_B * Q}{P_{elec}} \quad (67)$$

Aproximadamente:

$$\eta = 0,342$$



Espesor:  $e = 0,0019 \text{ m}$

Área transversal interior:

$$A = \frac{\pi}{4} \phi_{\text{int}}^2$$

$$A = 0,00102 \text{ m}^2$$

Pérdida en accesorios en función de la relación de longitud equivalente: Utilizando la fórmula de coeficiente de resistencia. Fórmula (57)

$$k = N^{\circ} \left( k_s \frac{L_e}{D} \right)$$

Tramo 1:

Longitud en succión:  $L_{s1} = (4 + 0,95) = 4,95 \text{ m}$

Tubería PVC LASCO

Tabla 57. Pérdidas por accesorios, Tubería PVC LASCO

ACCESORIOS	$L_e$ (ft)	$L_e/D$	CANT.	$k_s$	<b>K</b>
Codo 90°	4	33,688*	1	0,027	0,909
Val. Globo		340**	1	0,027	9,18
TE estándar	2,7	22,739*	1	0,027	0,613
<b><math>\Sigma k_1</math></b>					10,703
*: hallado utilizando la fórmula de relación de proporción					
**: ANEXO M					

Fuente: Autores

Tramo 2:

Longitud en succión:  $L_{s2} = (1 + 0,25 + 0,3) = 1,55 \text{ m}$

Tubería PVC LASCO

Tabla 58. Pérdidas por accesorios, Tubería PVC LASCO

ACCESORIOS	$L_e$ (ft)	$L_e/D$	CANT.	$k_s$	<b>K</b>
Codo 90°	4	33,688*	2	0,027	1,819
Universal		6**	1	0,027	0,162
<b><math>\Sigma k_2</math></b>					1,981
*: hallado utilizando la fórmula de relación de proporción					
**: ANEXO S					

Fuente: Autores

**Pérdidas en succión.** Utilizando la fórmula (58)

$$H_s = \pm h_{es} + h_{vs} + h_{rs} \pm h_{pms}$$

Altura estática en succión:

$$h_{es} = -0,95\text{m}$$

Altura por cabeza de velocidad en succión: Utilizando la fórmula (59)

$$h_{vs} = \frac{Q^2}{2A^2g}$$

$$h_{vs} = 0,00371 Q^2$$

Altura por pérdidas en longitud de tuberías y accesorios en succión: Utilizando la fórmula (60)

$$h_{rs} = \left( \frac{\lambda L_{s1}}{\phi_{int}} + \Sigma k_1 \right) \frac{Q^2}{2A^2g} + \left( \frac{\lambda L_{s2}}{\phi_{int}} + \Sigma k_2 \right) \frac{Q^2}{2A^2g}$$

$$h_{rs} = 0,0651Q^2$$

Altura de presión manométrica en succión: Esto se debe a que el hidromasaje se encuentra bajo el efecto de la presión atmosférica.

$$h_{pms} = 0 \text{ m}$$

$$H_s = -0,95 + 0,00371Q^2 + 0,0651Q^2$$

$$H_s = -0,95 + 0,0688Q^2$$

### 3.11.3.2 Descarga-Pérdidas

Descarga:

Tubería: PVC LASCO

Longitud en descarga:  $L_d = 6 \text{ m}$

Factor de fricción:  $\lambda = k_s = 0,027$ . Referencia ANEXO 0

Diámetro nominal:  $\phi = 1 \frac{1}{2} \text{ in}$



Diámetro interior:  $\phi_{\text{int}} = 0,0362 \text{ m}$

Espesor:  $e = 0,0019 \text{ m}$

Área transversal interior:

$$A = \frac{\pi}{4} \phi_{\text{int}}^2$$

$$A = 0,00102 \text{ m}^2$$

Pérdida en accesorios en función de la relación de longitud equivalente: Utilizando la fórmula de coeficiente de resistencia. Fórmula (57)

$$k = N^{\circ} \left( k_s \frac{L_e}{D} \right)$$

Tubería PVC LASCO

Tabla 59. Pérdidas por accesorios, Tubería PVC LASCO

ACCESORIOS	$L_e$ (ft)	$L_e/D$	CANT.	$k_s$	$k$
Codo 90°	4	33,688*	2	0,027	1,82
Val. Globo		340**	1	0,027	9,18
TE estándar	2,7	22,739*	2	0,027	1,22
Universal		6***	1	0,027	0,162
$\Sigma k_1$					12,39
*: hallado utilizando la fórmula de relación de proporción					
**: ANEXO M					
***: ANEXO S					

Fuente: Autores

**Pérdidas en descarga.** Utilizando la fórmula (61)

$$H_d = \pm h_{ed} + h_{vd} + h_{rd} \pm h_{pmd}$$

Altura estática en descarga:

$$h_{ed} = 0,95 \text{ m}$$

Altura por cabeza de velocidad en descarga: Utilizando la fórmula (59)

$$h_{vd} = \frac{Q^2}{2A^2g}$$

$$h_{vd} = 0,00371Q^2$$

Altura por pérdidas en longitud de tuberías y accesorios: Utilizando la fórmula (60)

$$h_{rd} = \left( \frac{\lambda L_d}{\phi_{int}} + \Sigma k \right) \frac{Q^2}{2A^2g}$$

$$h_{rd} = 0,0626Q^2$$

Altura de presión manométrica en descarga: Esto se debe a que el hidromasaje se encuentra bajo los efectos de la presión atmosférica.

$$h_{pmd} = 0 \text{ m}$$

$$H_d = 0,95 + 0,00371Q^2 + 0,0626Q^2$$

$$H_d = 0,95 + 0,0663Q^2$$

### 3.11.3.3 *Determinación de la curva resistente del sistema instalado.*

Balance de energía: Ecuación de Bernoulli, utilizando la fórmula (62)

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + H_B - H_{1-2} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

$$H_B = H_s + H_d$$

Altura total de bombeo: la siguiente ecuación representa la curva resistente del sistema

$$H_B = -0,95 + 0,0688Q^2 + 0,95 + 0,0663Q^2$$

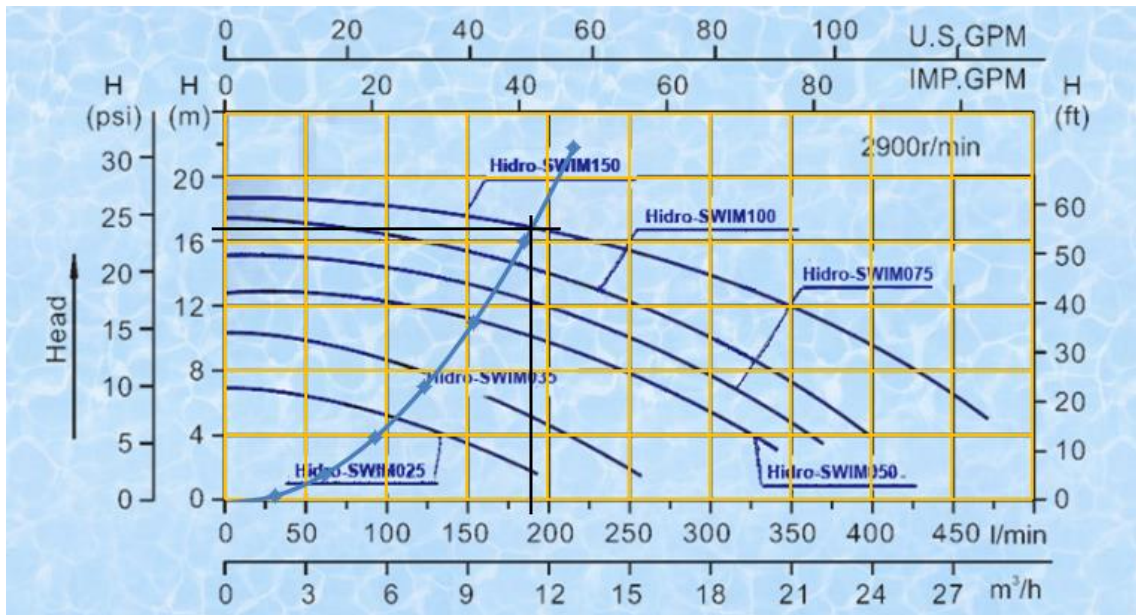
$$H_B = 0,135Q^2$$

Tabla 60. Determinación del punto de funcionamiento de la bomba

VELOCIDAD	CAUDAL	ALTURA
v(m/s)	Q (m <sup>3</sup> /h)	H <sub>B</sub> (m)
0	0	0
0,5	1,8525909	0,46377434
1	3,70518181	1,85509737
1,5	5,55777271	4,17396908
2	7,41036362	7,42038948
2,5	9,26295452	11,5943586
3	11,1155454	16,6958763
3,5	12,9681363	22,7249428

Fuente: Autores

Figura 76. Curvas de rendimiento de las bombas Hidro SWIM



Fuente: (HIDRO TERMAL)

Eficiencia ( $\eta$ ): Utilizando la fórmula (64) y (65)

$$\eta = \frac{P_H}{P_{elec}}$$

$$\eta = \frac{\rho * g * H_B * Q}{P_{elec}}$$

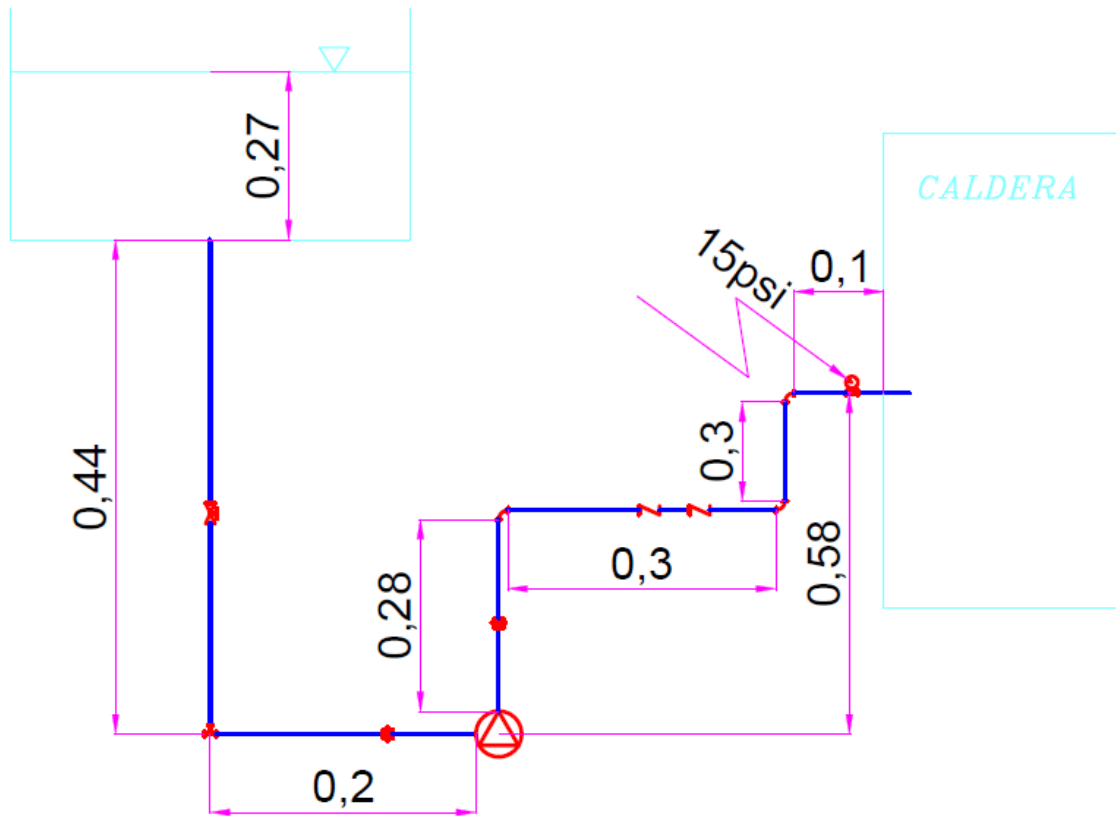
Aproximadamente

$$\eta = 0,3437$$

**3.11.4 Evaluación de la bomba tipo PEDROLLO 0,5HP.** Esta bomba no está considerada dentro del diagrama de priorización efectuado y analizado previamente, sino que se realizó el análisis hidráulico, ya que resulta importante conocer la eficiencia que proporciona el equipo al sistema de generación de vapor.

Datos del sistema 4:

Figura 77. Diagrama del sistema de alimentación a la caldera



Fuente: Autores

Ecuación de la continuidad

$$Q_1 = Q_2$$

$$Q = v * A \rightarrow v = Q/A$$

#### 3.11.4.1 *Succión-Pérdidas*

Succión:

Tubería: Acero comercial

Longitud en la succión:  $L_s = (0,44 + 0,2) = 0,64 \text{ m}$

Factor de fricción:  $\lambda = k_s = 0,023$ . Referencia ANEXO N

Diámetro nominal:  $\phi = 25 \text{ mm}$

Diámetro exterior:  $\phi_{\text{ext}} = 0,0334 \text{ m}$

Espesor:  $e = 0,00338 \text{ m}$

Diámetro interior:

Área transversal interior:

$$\phi_{\text{int}} = \phi_{\text{ext}} - 2e$$

$$A = \frac{\pi}{4} \phi_{\text{int}}^2$$

$$\phi_{\text{int}} = 0,02664 \text{ m}$$

$$A = 0,0005573 \text{ m}^2$$

Pérdida en accesorios en función de la relación de longitud equivalente: Utilizando la fórmula de coeficiente de resistencia. Fórmula (57)

$$k = N^\circ \left( k_s \frac{L_e}{D} \right)$$

$\frac{L_e}{D}$ : Relación de longitud equivalente respecto al diámetro para pérdidas en accesorios.

$N^\circ$ : Cantidad de accesorios existentes.

Tubería: Acero Comercial

Tabla 61. Pérdidas por accesorios, Tubería: Acero Comercial

ACCESORIOS	CANT.	$L_e/D$	$k_s$	<b>K</b>
Universal	1	6*	0,023	0,138
TE estándar	1	60**	0,023	1,38
Val. Globo	1	340**	0,023	7,82
<b><math>\Sigma k</math></b>				9,338
*: ANEXO S				
**: ANEXO M				

Fuente: Autores

### *Pérdidas en succión.*

$$H_s = \pm h_{es} + h_{vs} + h_{rs} \pm h_{pms}$$

Altura estática en succión:

$$h_{es} = -0,71\text{m}$$

Altura por cabeza de velocidad en succión: Utilizando la fórmula (59)

$$h_{vs} = \frac{Q^2}{2A^2g}$$

$$h_{vs} = 0,012658 Q^2$$

Altura debido a las pérdidas en longitud de tuberías y accesorios en succión: Utilizando la fórmula (60)

$$h_{rs} = \left( \frac{\lambda L}{\phi_{int}} + \Sigma k \right) \frac{Q^2}{2A^2g}$$

$$h_{rs} = 0,123 Q^2$$

Altura de presión manométrica en succión: Esto se debe a que el tanque de almacenamiento de agua para la caldera está abierta a la atmósfera.

$$h_{pms} = 0 \text{ m}$$

$$H_s = -0,71 + 0,012658 Q^2 + 0,123 Q^2$$

$$H_s = -0,71 + 0,136 Q^2$$

#### **3.11.4.2**      *Descarga-Pérdidas*

Descarga:

Temperatura: 24,6 °C

Densidad:  $\rho = 997,23 \text{ kg/m}^3$

Gravedad:  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Presión manométrica:  $P_d = 15 \text{ psi} \rightarrow 103\,421,359 \text{ Pa} = 10,571 \text{ m. c. a.}$

Tubería: Acero comercial

Longitud en descarga:  $L_d = 0,98\text{m}$

Factor de fricción:  $\lambda = k_s = 0,023$ . Referencia ANEXO N

Diámetro nominal:  $\phi = 25 \text{ mm}$

Diámetro exterior:  $\phi_{\text{ext}} = 0,0334 \text{ m}$

Espesor:  $e = 0,00338 \text{ m}$

Diámetro interior:

$$\phi_{\text{int}} = \phi_{\text{ext}} - 2e$$

$$\phi_{\text{int}} = 0,02664 \text{ m}$$

Área transversal interior:

$$A = \frac{\pi}{4} \phi_{\text{int}}^2$$

$$A = 0,0005573 \text{ m}^2$$

Pérdida en accesorios en función de la relación de longitud equivalente: Utilizando la fórmula de coeficiente de resistencia. Fórmula (57)

$$k = N^{\circ} \left( k_s \frac{L_e}{D} \right)$$

Tubería: Acero comercial

Tabla 62. Pérdidas por accesorios, Tubería: Acero Comercial

ACCESORIOS	CANT.	$L_e/D$	$k_s$	<b>K</b>
Codo 90°	3	50*	0,023	3,45
Universal	1	6**	0,023	0,138
Val. Check	2	150*	0,023	6,9
<b><math>\Sigma k</math></b>				10,488
*: ANEXO M				
**: ANEXO S				

Fuente: Autores

**Pérdidas en descarga.** Utilizando la fórmula (62)

$$H_d = \pm h_{ed} + h_{vd} + h_{rd} \pm h_{pmd}$$

Altura estática en descarga:

$$h_{ed} = 0,58 \text{ m}$$

Altura por cabeza de velocidad en descarga: Utilizando la fórmula (59)

$$h_{vd} = \frac{Q^2}{2A^2g}$$

$$h_{vd} = 0,012658Q^2$$

Altura por pérdidas en longitud de tuberías y accesorios: Utilizando la fórmula (60)

$$h_{rd} = \left( \frac{\lambda L_d}{\phi_{int}} + \Sigma k \right) \frac{Q^2}{2A^2g}$$

$$h_{rd} = 0,141 Q^2$$

Altura de presión manométrica en descarga: esto se debe a la presión interna manométrica del depósito.

$$h_{pmd} = \frac{P_d}{\gamma} \quad (68)$$

$$h_{pmd} = \frac{103\,421.359}{(997,23)(9,81)}$$

$$h_{pmd} = 10,571 \text{ m}$$

$$H_d = 0,58 + 0,012658 Q^2 + 0,141Q^2 + 10,571$$

$$H_d = 11,151 + 0,153Q^2$$

### 3.11.4.3 *Determinación de la curva resistente del sistema instalado.*

Balance de energía: Ecuación de Bernoulli, utilizando la fórmula (62) y (63)

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + H_B - H_{1-2} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

$$H_B = H_s + H_d$$

Altura total de bombeo: La siguiente ecuación representa la curva resistente del sistema de alimentación de la caldera

$$H_B = -0,71 + 0,136Q^2 + 11,151 + 0,153 Q^2$$

$$H_B = 10,441 + 0,29Q^2$$

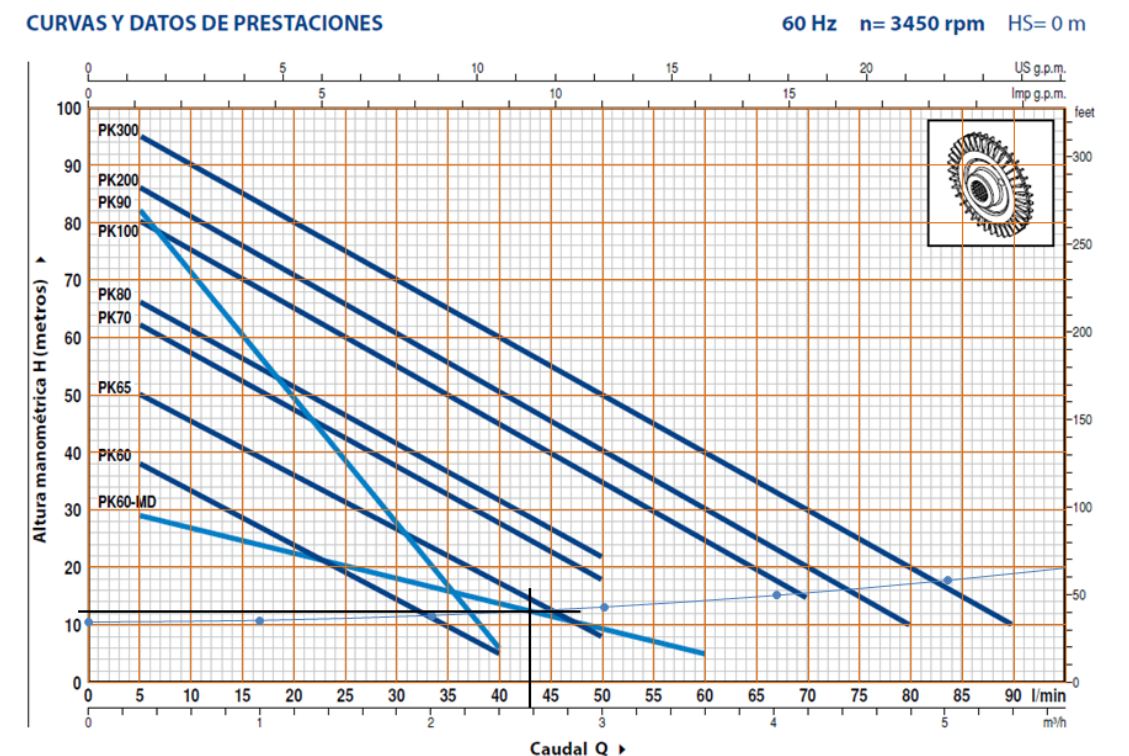


Tabla 63. Determinación del punto de funcionamiento de la bomba tipo PEDROLLO 0.5HP

VELOCIDAD	CAUDAL		ALTURA
v(m/s)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Q (l/min)	H <sub>B</sub> (m)
0	0	0	10,441726
0,5	1,00330004	16,7216673	10,7340498
1	2,00660007	33,4433345	11,6110211
1,5	3,00990011	50,1650018	13,0726399
2	4,01320014	66,8866669	15,1189062
2,5	5,01650018	83,6083363	17,7498201
3	6,01980021	100,330004	20,9653815

Fuente: Autores

Figura 78. Curvas de rendimiento de las bombas Pedrollo TIPO PK



Fuente: (PEDROLLO)

Eficiencia ( $\eta$ ): Utilizando la fórmula (64) y (65)

$$\eta = \frac{P_H}{P_{elec}}$$

$$\eta = \frac{\rho * g * H_B * Q}{P_{elec}}$$

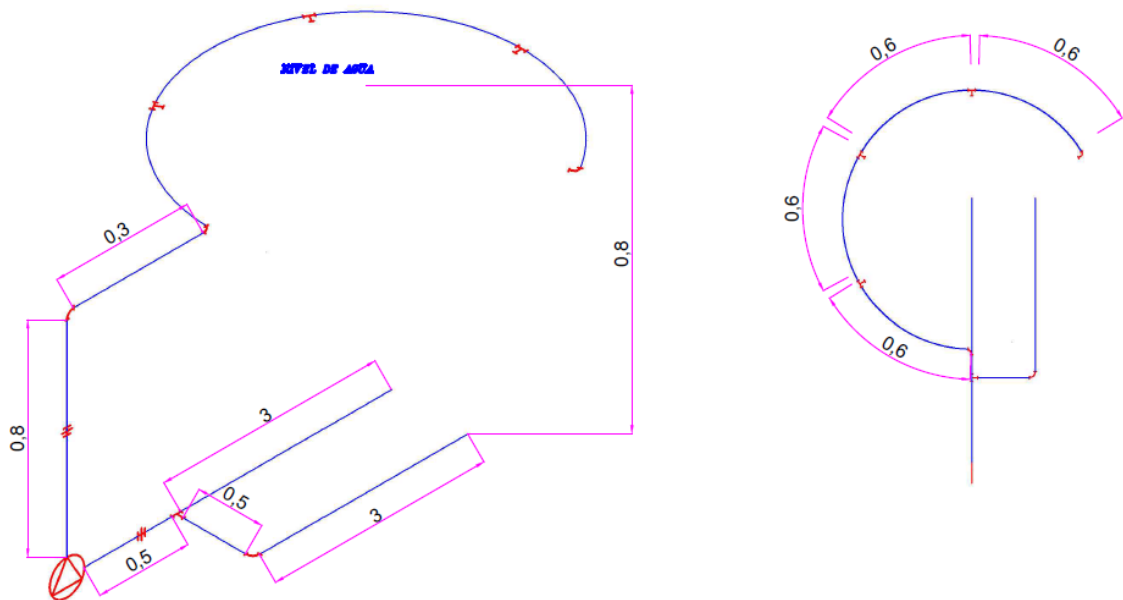
Aproximadamente

$$\eta = 0,146$$

### 3.11.5 Evaluación de la bomba tipo PENTAIR DINAMO 2HP.

Datos del sistema 5: Las medidas están representadas en metros

Figura 79. Diagrama del hidromasaje exterior



Fuente: Autores

Ecuación de la continuidad

$$Q_1 = Q_2$$

$$Q = v * A \rightarrow v = Q/A$$

#### 3.11.5.1 Succión-Pérdidas

Succión

Tubería: PVC

Longitud:  $L_s = (3 + 0,5 + 0,5) = 4 \text{ m}$

$\lambda = k_s = 0,03$ . Referencia ANEXO 0

Diámetro nominal:  $\phi = 50 \text{ mm}$

Diámetro interior:  $\phi_{\text{int}} = 0,0474 \text{ m}$

Espesor:  $e = 0,0013 \text{ m}$

Área transversal interior:

$$A = \frac{\pi}{4} \phi_{\text{int}}^2$$

$$A = 0,00176 \text{ m}^2$$

Pérdida en accesorios en función de la relación de longitud equivalente: Utilizando la fórmula de coeficiente de resistencia. Fórmula (57)

$$k = N^{\circ} \left( k_s \frac{L_e}{D} \right)$$

Tubería PVC

Tabla 64. Pérdidas por accesorios, Tubería PVC

ACCESORIOS	CANT.	$L_e/D^*$	$k_s$	<b>K</b>
Codo 90°	1	50	0,03	1,5
Universal	1	6	0,03	0,18
TE estándar	1	60	0,03	1,8
<b><math>\Sigma k</math></b>				3,48
*: ANEXO M				

Fuente: Autores

**Pérdidas en succión.** Utilizando la fórmula (58)

$$H_s = \pm h_{es} + h_{vs} + h_{rs} \pm h_{pms}$$

Altura estática en succión:

$$h_{es} = -0,8 \text{ m}$$

Altura por cabeza de velocidad en succión: Utilizando la fórmula (59)

$$h_{vs} = \frac{Q^2}{2A^2g}$$

$$h_{vs} = 0,01263 Q^2$$

Altura por pérdidas en longitud de tuberías y accesorios en succión: Utilizando la fórmula de coeficiente de resistencia. Fórmula (60)

$$h_{rs} = \left( \frac{\lambda L}{\phi_{int}} + \Sigma k \right) \frac{Q^2}{2A^2 g}$$

$$h_{rs} = 0,00759 Q^2$$

Altura de presión manométrica en succión: debido a las condiciones atmosféricas (cielo abierto)

$$h_{pms} = 0 \text{ m}$$

$$H_s = -0,8 + 0,01263 Q^2 + 0,00759 Q^2$$

$$H_s = -0,8 + 0,0202 Q^2$$

### 3.11.5.2 Descarga-Pérdidas

Descarga

Tubería: PVC

Longitud de descarga:  $L_d = (0,8 + 0,3 + 2,4) = 3,5 \text{ m}$

Factor de fricción:  $\lambda = k_s = 0,03$ . Referencia ANEXO O

Diámetro nominal:  $\phi = 25 \text{ mm}$

Diámetro interior:  $\phi_{int} = 0,0226 \text{ m}$

Espesor:  $e = 0,0012 \text{ m}$

Área transversal interior:

$$A = \frac{\pi}{4} \phi_{int}^2$$

$$A = 0,000401 \text{ m}^2$$

Pérdida en accesorios en función de la relación de longitud equivalente: Utilizando la ecuación de coeficiente de resistencia. Fórmula (57)

$$k = N^{\circ} \left( k_s \frac{L_e}{D} \right)$$

Tubería PVC

Tabla 65. Pérdidas por accesorios, Tubería PVC

ACCESORIOS	CANT.	$L_e/D^*$	$k_s$	<b>K</b>
Codo 90°	3	50	0,03	4,5
Universal	1	6	0,03	0,18
TE estándar	3	60	0,03	5,4
<b><math>\Sigma k</math></b>				10,08
*: ANEXO M				

Fuente: Autores

**Pérdidas en descarga.** Utilizando la fórmula (61)

$$H_d = \pm h_{ed} + h_{vd} + h_{rd} \pm h_{pmd}$$

Altura estática en descarga:

$$h_{ed} = 0,8 \text{ m}$$

Altura por cabeza de velocidad en descarga: Utilizando la fórmula (59)

$$h_{vd} = \frac{Q^2}{2A^2g}$$

$$h_{vd} = 0,024438Q^2$$

Altura por pérdidas en longitud de tuberías y accesorios: Utilizando la fórmula (60)

$$h_{rd} = \left( \frac{\lambda L}{\phi_{int}} + \Sigma k \right) \frac{Q^2}{2A^2g}$$

$$h_{rd} = 0,3598Q^2$$

Altura de presión manométrica en descarga:

$$h_{pmd} = 0 \text{ m}$$

$$H_d = 0,8 + 0,024438 Q^2 + 0,3598Q^2$$

$$H_d = 0,8 + 0,384Q^2$$

**3.11.5.3** *Determinación de la curva resistente del sistema instalado.*

Balance de energía: Utilizando la fórmula (62) y (63)

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 + H_B - H_{1-2} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2$$

$$H_B = H_s + H_d$$

Altura total de bombeo: La siguiente expresión representa la curva resistente en el sistema

$$H_B = -0,8 + 0,00759 Q^2 + 0,8 + 0,384 Q^2$$

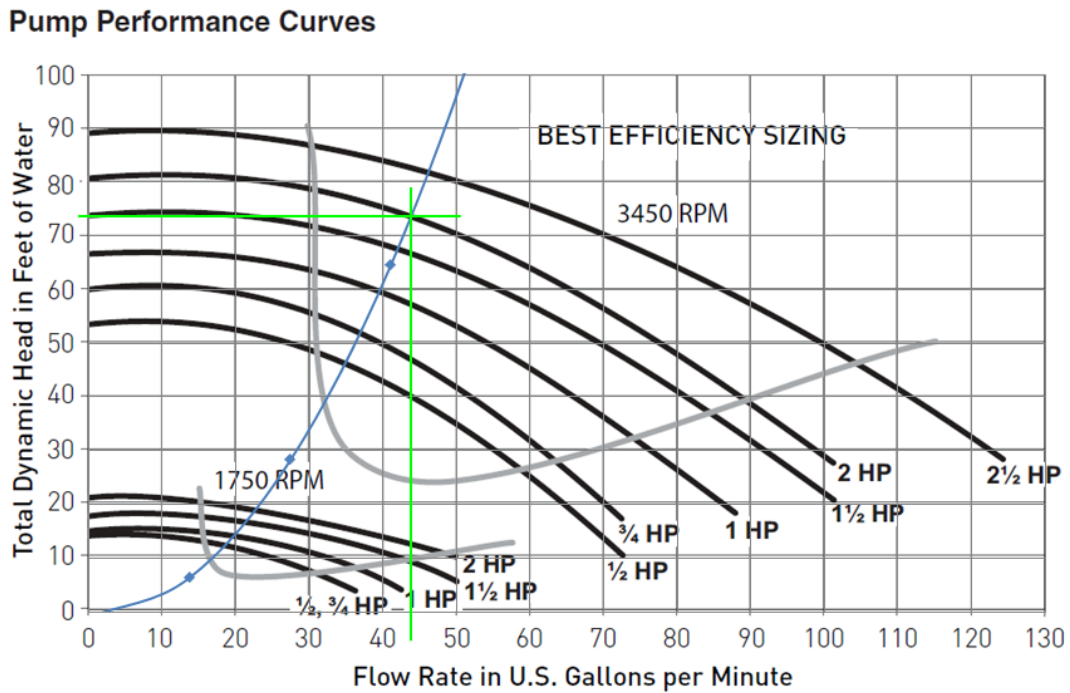
$$H_B = 0,393 Q^2$$

Tabla 66. Determinación del punto de funcionamiento de la bomba tipo PENTAIR 2HP

VELOCIDAD	CAUDAL		ALTURA		
	v(m/s)	Q (m <sup>3</sup> /h)	Q(GPM)	H <sub>B</sub> (m)	H <sub>B</sub> (ft)
0	0	0	0	0	0
0,5	3,17628212	13,6789766	3,96673211	13,0108813	13,0108813
1	6,35256424	27,3579532	15,8669284	52,0435252	52,0435252
1,5	9,52884636	41,0369297	35,700589	117,097932	117,097932
2	12,7051285	54,7159063	63,4677137	208,174101	208,174101
2,5	15,8814106	68,3948829	99,1683026	325,272033	325,272033
3	19,0576927	82,0738595	142,802356	468,391727	468,391727
3,5	22,2339748	95,752836	194,369873	637,533184	637,533184

Fuente: Autores

Figura 80. Curvas de rendimiento de las bombas Pentair Dynamo



Fuente: (PENTAIR)

Eficiencia ( $\eta$ ): Utilizando la fórmula (64) y (65)

$$\eta = \frac{P_H}{P_{elec}}$$

$$\eta = \frac{\rho * g * H_B * Q}{P_{elec}}$$

Aproximadamente

$$\eta = 0,304$$

### 3.12 Análisis del punto de funcionamiento de las bombas

Para el análisis del punto de funcionamiento de las bombas que generan o tienen un mayor uso y consumo energético, se procede a detallar en un bosquejo el sistema operativo de cada uno de los mismos, esto con la finalidad de sacar los aspectos o especificaciones técnicas de cada uno de los elementos que lo componen.

Para esto se hace necesario calcular las pérdidas que se generan en cada uno de los tramos, tanto en succión como en descarga.

Las pérdidas ocasionadas (ecuación generada por las pérdidas en las tuberías y accesorios) reflejarán una curva característica, la cual, para parámetros invariables (caudal y altura neta de bombeo) y la intersección con la curva característica de la bomba centrífuga siempre determinará el régimen de trabajo, o llamado punto de funcionamiento

Cabe mencionar que dentro de estos parámetros se hace necesario tomar en cuenta las velocidades con las que trabaja el sistema, ya que ésta genera otra pérdida importante en el desempeño hidráulico. A continuación se detalla las velocidades recomendadas para diferentes instalaciones hidráulicas que originan diseños más económicos.

Tabla 67. Velocidad media en tuberías que origina diseños más económicos según Richter

	Tipo tubería	Velocidad media m/s	
		Mínima	Máxima
•	<b>Tuberías de succión en bombas centrífugas, de acuerdo con la carga de succión, longitud, temperatura del agua (&lt;70°C)</b>	0.5	1.0
•	<b>Tuberías de descarga en bombas</b>	1.5	2.0
•	<b>Redes de distribución para agua potable e industrial:</b>		
	Tuberías principales	1.0	2.0
	Tuberías laterales	0.5	0.7
	Tuberías muy largas	1.5	3.0
•	<b>Tuberías en instalaciones hidroeléctricas con turbinas:</b>		
	Con inclinación y diámetro pequeño	2.0	4.0
	Con inclinación y diámetro grande	3.6	8.0
	Horizontales y gran longitud	1.0	3.0

Fuente: (SOTELO, 1997)

Además de esta tabla, varios autores denotan otras velocidades que se utilizan con mayor frecuencia, para ello se resumió las siguientes velocidades habitualmente utilizadas.



Tabla 68. Resumen de velocidades de flujo utilizadas habitualmente

fluido	Utilización		Velocidad
Agua	Agua en general	aspiración	0,5 - 1,5
		impulsión	1,0 - 3,0
	Distribución en poblaciones	línea principal	1,0 - 2,0
		red de distribución	0,5 - 1,2
	Turbinas	baja altura	3,0
		gran altura	3,0 - 7,0
	Alimentación de calderas	aspiración	0,3 - 0,5
		impulsión	2,0 - 2,5
Con sólidos en suspensión			0,5 - 2,0
Aceites	ligeros		1,0 - 2,0
	pesados (dependiendo de la necesidad)		0,5 - 2,0
Aire	baja presión		12 - 15
	alta presión		20 - 25

Fuente: Autores

Tabla 69. Análisis del punto de funcionamiento de los sistemas.

Sistemas	Modelo de la bomba	Caudal	Velocidad entrada	Velocidad salida	Rendimiento bomba catálogo	Rendimiento sistema de trabajo	Porcentaje de pérdida ocasionada
		Q [m <sup>3</sup> /h]	v1[m/s]	v2[m/s]	η [%]	η [%]	%
Sistema 1	EMAUX SB 30	8,2	2,3566	1,43	82	36	56
Sistema 2	HIDRO SWIM 150	23,5	2,5579	2,5579	75	33	56
Sistema 3	HIDRO SWIM 150	23,5	2,5579	2,5579	75	34	55
Sistema 4	PK60-MD	2,58	1,29	1,29	22	14	36
Sistema 5	PENTAIR DINAMC	9,766	1,5374	6,76	75	30	60

Fuente: Autores

### 3.13 Evaluación en iluminación.

**3.13.1 Cálculo del índice de la eficiencia energética.** Para hacer el análisis o evaluación en iluminación se requiere encontrar el índice de eficiencia energética y verificar el rendimiento que se tiene en cada una de las áreas del hotel. El índice de eficiencia energética permite cuantificar un parámetro del valor óptimo, medio y/o máximo permisible en cada una de las áreas de la organización.

El índice de eficiencia energética (IEE) es un factor que mide la eficiencia energética de una instalación de alumbrado, y que al mismo tiempo, ayuda al responsable del proyecto a realizar un autocontrol del trabajo realizado (CÓMITE ESPAÑOL DE ILUMINACIÓN, 2001), este a la vez se expresa en función de los vatios instalados por cada metro cuadrado para un nivel referenciado a 100 lux.

$$IEE = \frac{W}{m^2} * 100lux \quad (69)$$

La tabla 50, resume los valores de índice de eficiencia energética.

Tabla 70. Índice de eficiencia energética.

Tipo	IEE Optimo	IEE Medio	IEE Máximo
Colmena	2	3,5	4,5
Celda	2,5	4	5
Club	2	3,5	5
Reunión	-	-	-
Lobby	3	4	5

Fuente: (CÓMITE ESPAÑOL DE ILUMINACIÓN, 2001)

### 3.13.2 Cálculo del IEE en la zona de administración.

$$IEE = \frac{W}{m^2} * 100lux$$

$$IEE = \frac{134}{77} * \frac{100}{322}$$

$$IEE = 0,54$$

Nota: la zona de administración cuenta con 2 pisos de funcionamiento, la zona de recepción es la que se tomó en cuenta para el cálculo del IEE.

### 3.13.3 Cálculo del IEE en la zona de lavandería.

$$IEE = \frac{W}{m^2} * 100lux$$

$$IEE = \frac{270}{28} * \frac{100}{433}$$

$$IEE = 2,22$$

**3.13.4 Cálculo del IEE en la zona de vestidores e hidromasajes.**

$$IEE = \frac{W}{m^2} * 100lux$$

$$IEE = \frac{1000}{120} * \frac{100}{548}$$

$$IEE = 1,52$$

**3.13.5 Cálculo del IEE en la zona del bar.**

$$IEE = \frac{W}{m^2} * 100lux$$

$$IEE = \frac{196}{24} * \frac{100}{419}$$

$$IEE = 1,95$$

**3.13.6 Cálculo del IEE en la zona del comedor.**

$$IEE = \frac{W}{m^2} * 100lux$$

$$IEE = \frac{1288}{104} * \frac{100}{549}$$

$$IEE = 2,25$$

**3.13.7 Cálculo del IEE en la zona de eventos.**

$$IEE = \frac{W}{m^2} * 100lux$$

$$IEE = \frac{3600}{600} * \frac{100}{451}$$

$$IEE = 1,33$$

**3.13.8 Cálculo del IEE en la zona de cocina.**

$$IEE = \frac{W}{m^2} * 100lux$$

$$IEE = \frac{856}{68} * \frac{100}{378}$$

$$IEE = 3,33$$

**3.13.9 Cálculo del IEE en la zona de cabañas.** Para la zona de cabañas se tiene dos casos: una habitación para 5 personas y dos habitaciones para 4 personas. Por lo tanto se realiza el cálculo de IEE por separado, manteniendo el mismo criterio.

$$IEE = \frac{W}{m^2} * 100lux$$

Caso uno:

$$IEE = \frac{140}{23} * \frac{100}{429}$$

$$IEE = 1,42$$

Caso dos:

$$IEE = \frac{120}{21} * \frac{100}{403}$$

$$IEE = 1,42$$

**3.13.10 Cálculo del IEE en la zona del hotel.** Para el hotel se va a realizar el análisis tomando en cuenta dos espacios que son: el baño y el dormitorio. Además de esto, el análisis se realizó previamente considerando el promedio de uso y consumo energético inmerso de las habitaciones que componen el mismo.

Espacio 1: dormitorio

$$IEE = \frac{W}{m^2} * 100lux$$

$$IEE = \frac{282}{18} * \frac{100}{407}$$

$$IEE = 3,85$$

Espacio 2: baño

$$IEE = \frac{W}{m^2} * 100lux$$

$$IEE = \frac{38}{7,5} * \frac{100}{508}$$

$$IEE = 1$$

### 3.13.11 *Cálculo del IEE en la zona del Spa.*

$$IEE = \frac{W}{m^2} * 100lux$$

$$IEE = \frac{468}{48} * \frac{100}{378}$$

$$IEE = 2,58$$

Tabla 71. Análisis del EEI en la estratificación del hotel

Sector		Área [m <sup>2</sup> ]	Wattios instalados	lux	IEE	EEI óptimo	EEI medio	EEI máximo
Administración		77	134	322	0,54	X		
Lavandería		28	270	433	2,22	X		
Vestidores e hidros		120	1 000	548	1,52	X		
Bar		24	196	419	1,95	X		
Comedor		104	1 288	549	2,25	X		
Salón de eventos		600	3 600	451	1,33	X		
Cocina		68	856	378	3,33		X	
Cabañas	Caso 1	23	140	429	1,42	X		
	Caso 2	21	120	403	1,42	X		
Hotel	Dormitorio	18	282	427	3,85		X	
	Baño	7,5	38	508	1	X		
Spa		48	468	378	2,58	X		

Fuente: Autores

## CAPTÍTULO IV

### 4. EVALUACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA DE AHORRO Y MEDIDAS APLICABLES

En este capítulo se va a evaluar las medidas técnicas y económicas que representaría la implementación, si sería el caso, de nuevas tecnologías, así como el potencial reemplazo de equipos que están causando la pérdida de energía.

Tanto en el caso de nuevas tecnologías, así como en el caso de adquisición de equipos nuevos por obsoletos, supone en valor que muchas de las veces sobrepasa el presupuesto o alcance de las organizaciones, es por esta razón que varios de los proyectos en marcha de la mismas se estancan y no existe la posibilidad de evidenciar el potencial ahorro que se generaría por la propuesta de mejoras.

Entonces resulta necesario realizar un balance técnico económico que profundice la realidad y el probable rendimiento que significa la implementación de estas propuestas, para ello se hace importante el análisis de varias alternativas que sustenten lo indicado.

Dentro de este contexto se va a insistir en la necesidad de llevar a cabo procedimientos que garanticen la introducción de metodologías para alcanzar un equilibrio energético en la empresa. Con esto se puede promover un SGE<sub>n</sub> que viabilice la eficiencia energética.

Para el caso del área húmeda se va a analizar el consumo específico y el costo de generación de vapor.

#### 4.1 *Consumo específico.*

Este se define como el coeficiente entre la cantidad total de gasto de un insumo o materia (diésel, GLP, gasolina, etc.) y el volumen total de producción. Este último, a la vez se define como la cantidad total de producto producido en un tiempo determinado o ciclo determinado. Por consiguiente se tiene la siguiente expresión:

$$CE = \frac{n_g * PCI}{h_v - h_a} \quad (70)$$

Dónde:

CE: Consumo específico de combustible [kg/kg<sub>c</sub>]

n<sub>g</sub>: Eficiencia de caldera [%]

PCI: Poder calorífico inferior del combustible [kJ/kg<sub>c</sub>]

h<sub>v</sub>: Entalpia del vapor a la presión de trabajo [kJ/kg]

h<sub>a</sub>: Entalpia del agua de alimentación [kJ/kg]

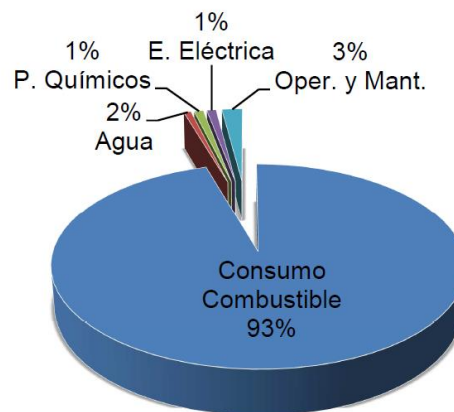
$$CE = \frac{0,4877 * 43\,090,858}{2\,740 - 103,1}$$

$$CE = 7,9697 \text{ [kg}_v\text{/kg}_c\text{]}$$

#### 4.2 Costo de generación de vapor.

Los costos que influyen directamente en la generación de vapor están ligados a las variables que son agua, productos químicos, electricidad, operación y mantenimiento.

Figura 81. Porcentajes de costos en la generación de vapor.



Fuente: (CÓRDOVA, 2013)

El precio del diésel en el mercado se encuentra en 1,037 USD,

Posteriormente se procede a calcular el precio por unidad de masa que representa el combustible:

$$P = 1,037 \frac{\text{USD}}{\text{gal}}$$

1 galón de combustible diésel = 7,213 lb

$$P = 0,317 \frac{\text{USD}}{\text{kg}}$$

Entonces para conocer el precio que tiene la producción de masa de vapor, se multiplica el costo del combustible por la unidad de masa que se tiene.

$$7,9697 \left[ \frac{\text{kg}_v}{\text{kg}_c} \right] * \frac{1\text{kg}_c}{0,317\text{USD}} = 5,14 \frac{\text{kg}_v}{\text{USD}}$$

El costo por unidad de masa, en kilogramo producido, será

$$0,0398 \frac{\text{USD}}{\text{kg}_v}$$

El costo de kilo Joule será:

$$1,452 * 10^{-5} \frac{\text{USD}}{\text{kJ}}$$

Con este análisis previo se va a proceder a calcular el costo que ocasionan las pérdidas que se generan en cada uno de las zonas y usos del área húmeda.

### **4.3 Costos ocasionados por las pérdidas de calor**

**4.3.1 Pérdidas económicas en las tuberías de distribución.** Las potenciales pérdidas económicas que se ocasionan por la falta de aislamiento térmico en las tuberías de distribución de vapor son muy representativas si se considera que el producir un kilo Joule equivale a un gasto de porcentaje económico en dólares. Se toma en cuenta, primero estas pérdidas, puesto que no están especificadas técnicamente y además son las que mayor pérdida de calor ocasionan; esto quiere decir que no se realizó un estudio previo para el montaje de las mismas.

$$1,452 * 10^{-5} \frac{\text{USD}}{\text{kJ}} * 167\,886\,402,4944 \frac{\text{kJ}}{\text{año}} = 2\,437,7105 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

**4.3.2 Pérdidas económicas ocasionadas en la caldera.** Las pérdidas económicas en la caldera se deben principalmente a la radiación y a la convección. Cabe recalcar que



en la caldera se tiene un orificio de 0.5 pulgadas de diámetro por donde se fuga una parte importante de calor.

$$1,452 * 10^{-5} \frac{\text{USD}}{\text{kJ}} * 37\,466\,250,192 \frac{\text{kJ}}{\text{año}} = 544,0099 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

#### **4.4 Medidas aplicables de ahorro.**

Cuando se realiza un diagnóstico o auditoría energética también en forma paralela a ésta, se puede ir evaluando los parámetros más importantes que potencialmente se orientan a cumplir varias expectativas que satisfagan el cumplimiento y/o lineamiento de un SGE. Por esta razón se hace imprescindible contar con las medidas técnicas económicas más adecuadas y que se ajusten a un presupuesto establecido para ello.

Para garantizar un equilibrio en el consumo de los energéticos que se dan en las diferentes áreas del hotel, que previamente se han analizado, hay que resaltar que el área que mayor expectativa genera es la del área húmeda, puesto que dentro de esta área se produce el mayor desperdicio de energía.

Para ello se ha realizado la sectorización; con este sistema se puede visualizar de mejor manera y agrupar a los sistemas y equipos de tal forma que converja hacia un mismo punto, el cual tiene como prioridad mejorar la eficiencia energética. Sin embargo para las medidas de ahorro que puedan aplicarse se ha realizado tres secciones: área húmeda, iluminación y equipos.

**4.4.1 Área húmeda.** En esta área se va a sugerir cambios importantes en tres aspectos fundamentales: generación, distribución y usos finales con el fin de optimizar los recursos energéticos y maximizar la eficiencia.

**4.4.1.1 Generación.** Con la utilización de la norma ASME PTC4.0:2008, se pudo evidenciar los puntos a tomar en consideración, ya que para el cálculo de la eficiencia de la caldera se analizó punto a punto las pérdidas que se generan durante el proceso, y de esa manera se puede evaluar técnicamente las medidas alcanzables para mejorar su eficiencia. En consecuencia se tiene el siguiente análisis para evitar tener un exceso de pérdidas en la generación de vapor.

El primer cambio que se potencializa es el de un quemador de menor consumo de combustible diésel, la propuesta es que el consumo no debe ser mayor a 2 galones por hora.

Tabla 72. Ahorro anual económico en la generación de vapor

Áreas	Consumo actual [gal/h]	Consumo Propuesta de mejora [gal/h]	Eficiencia actual [%]	Propuesta, Mejora eficiencia [%]	Ahorro combustible [%]	Gasto promedio anual actual [USD]	Gasto promedio mejora [USD]
Generación de vapor	2,86	2	47,34	67,49	30	10 442,38	7 309,66

Fuente: Autores

### **Pérdidas por gases secos**

A mayor cantidad de aire seco mayor es la pérdida que se genera, por lo tanto hay que tomar las siguientes consideraciones: presión de atomización, operar con el mínimo permisible de aire (del 20 al 35 %) dependiendo del combustible, la capacidad adecuada del quemador; operarlo entre el 65 y 85 de carga, presión y temperatura adecuada del combustible.

### **Pérdidas por agua formada en la combustión de H<sub>2</sub> en el combustible**

El porcentaje de masa de hidrógeno en el combustible debe ser lo mas bajo posible.

### **Pérdidas por H<sub>2</sub>O en el combustible sólido o líquido**

Se debería verificar que el recipiente donde se deposite el combustible esté libre de agua. El recipiente debe estar cubierto; el mismo debe ser ubicado en un ambiente seco para evitar cualquier formación de punto de rocío, esto evitará que alguna de estas partículas de formación de agua penetre en el recipiente.

### **Pérdidas por humedad en el aire**

Tiene que haber un precalentamiento de aire; éste debe ser anexo a la caldera para utilizar parte de la energía de la combustión.

### **Pérdidas por carbono no quemado**

La incorporación de exceso de aire evita la combustión incompleta

Relación óptima entre combustible-comburente, esto permitirá operar con el mínimo de exceso de aire; esto por el efecto refrigerante que ocasiona el nitrógeno en el proceso de combustión.

### **Pérdidas por radiación y convección**

Asegurarse que la superficie de la caldera esté con el correcto aislamiento térmico.

En lo concerniente a la pérdida por radiación, hay que tener claro que está ligada directamente con la temperatura de la flama y el exceso de aire; esto quiere decir que conforme aumenta el exceso de aire la temperatura de flama se reduce. “a mayor temperatura de flama, la transferencia de calor por radiación es más intensa; por lo mismo, si la temperatura en la sección de radiación de la caldera se reduce por bajar la temperatura de flama, habrá una menor transferencia de calor por radiación” (CONUEE, 2009). Esto no permitirá aprovechar parte del calor del combustible, consecuentemente los gases de la chimenea saldrán a mayor temperatura reduciendo la eficiencia.

Se puede conseguir ahorro de combustible y pérdidas basados en la variación de la eficiencia. El incremento de un punto porcentual en la eficiencia del generador de vapor representa 1,25% en ahorro en combustible. (CONUEE, 2009)

**4.4.1.2 Distribución.** Las tuberías de distribución no presentan aislamiento térmico, por lo tanto generan pérdidas de calor a lo largo de los tramos que conducen a los usos finales. Se recomienda usar un aislamiento térmico adecuado que permita optimizar el calor y tener un ahorro sustancial en el consumo de combustible.

Para esto se propone usar manta de lana de mineral de roca que proporciona las especificaciones adecuadas para el requerimiento. A continuación se detalla las especificaciones técnicas del material.

Tabla 73. Propiedades del producto ROCKWOOL 159

**Product properties**



	Performance												Norms
Thermal conductivity	T [°C]	50	100	150	200	250	300	350	400	500	600	660	EN 12667
	λ [W/mK]	0.039	0.045	0.052	0.059	0.068	0.078	0.089	0.102	0.131	0.167	0.191	ASTM C177
Maximum Service Temperature	660°C (1220°F) 750°C (1382°F)												EN 14706 ASTM C411
Reaction to fire	EuroClass A1 Surface burning characteristics; Flame spread = passed, Smoke development = Passed												EN 13501-1 ASTM E84 (UL 723)
Nominal density	100 kg/m <sup>3</sup> (6.2 lb/ft <sup>3</sup> ) EN 1602												EN 1602
Water leachable chloride content	Chloride content < 10 ppm (AS - Quality) Conforms to the stainless steel corrosion specification as per ASTM test methods C 692 and C 871 < 10 mg/kg (ph-value neutral to slightly alkaline)												EN 13468 ASTM C795 ASTM C871
Water absorption	< 1 kg/m <sup>2</sup> Water vapour absorption (Vapor sorption) ± 0.02% vol												EN 1609 ASTM C1104/ C1104M
Water vapour diffusion resistance	μ = 1												EN 14303
Air Flow Resistivity	> 60 kPa.s/m <sup>2</sup>												EN 29053
Designation code	MW EN 14303-T2-ST(+)-660-WS1-CL10												EN 14303

Fuente: (DESITEC)

Para este producto existen diferentes dimensiones. En este caso se utilizará las siguientes dimensiones: 8 metros de largo por 1 metro de ancho y un espesor de 30 milímetros. Con ello se realiza el cálculo pertinente que permita evidenciar el ahorro porcentual en pérdidas de calor y posteriormente el ahorro económico que representa estos cambios.

Tabla 74. Porcentaje de ahorro en función de pérdidas de calor, SAUNA.

CÁLCULO DE PÉRDIDA DE CALOR EN LA TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE VAPOR AL SAUNA		
	sin aislante	con aislante
Diámetro de la tubería (mm)	21,336	81,336
Espesor del aislante (mm)	-	30
Longitud de tubería (m)	5	5
Flujo de calor perdido (W/m)	136,109	25,718
Calor neto (W)	680,546	128,591
Porcentaje de ahorro (%)	81,10466351	

Fuente: Autores

Tabla 75. Porcentaje de ahorro en función de pérdidas de calor, TURCO.

CÁLCULO DE PÉRDIDA DE CALOR EN LA TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE VAPOR AL TURCO		
	sin aislante	con aislante
Diámetro de la tubería (mm)	21,336	81,336
Espesor del aislante (mm)	-	30
Longitud de tubería (m)	4	4
Flujo de calor perdido (W/m)	136,109	25,718
Calor neto (W)	544,437	102,873
Porcentaje de ahorro (%)	81,10468347	

Fuente: Autores

Tabla 76. Porcentaje de ahorro en función de pérdidas de calor, HIDROMASAJES.

CÁLCULO DE PÉRDIDA DE CALOR EN LA TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE VAPOR A LOS HIDROMASAJES		
	sin aislante	con aislante
Diámetro de la tubería (mm)	21,336	81,336
Espesor del aislante (mm)	-	30
Longitud de tubería (m)	10	10
Flujo de calor perdido (W/m)	136,109	25,718
Calor neto (W)	1 361,0913	257,1828
Porcentaje de ahorro (%)	81,10466212	

Fuente: Autores

Tabla 77. Porcentaje de ahorro en función de pérdidas de calor, PISCINA NIÑOS.

CÁLCULO DE PÉRDIDA DE CALOR EN LA TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE VAPOR A LA PISCINA DE NIÑOS		
	sin aislante	con aislante
Diámetro de la tubería (mm)	33,4	93,34
Espesor del aislante (mm)	-	30
Longitud de tubería (m)	37	37
Flujo de calor perdido (W/m)	199,149	32,221
Calor neto (W)	7 368,5463	1 192,2009
Porcentaje de ahorro (%)	83,82040566	

Fuente: Autores

Tabla 78. Porcentaje de ahorro en función de pérdidas de calor, AGUA TERMAL.

CÁLCULO DE PÉRDIDA DE CALOR EN LA TUBERÍA DE CONDUCCIÓN DE VAPOR AL AGUA TERMAL		
	sin aislante	con aislante
Diámetro de la tubería (mm)	21,336	81,336

Tabla 78. Continuación

Espesor del aislante (mm)	-	30
Longitud de tubería (m)	4,8	4,8
Flujo de calor perdido (W/m)	136,109	25,718
Calor neto (W)	692,66	123,4477
Porcentaje de ahorro (%)	82,17	

Fuente: Autores

**4.4.1.3 Usos finales.** Es necesario realizar el recubrimiento de las líneas de distribución de vapor hacia los usos finales con aislamiento térmico, las válvulas no son las adecuadas para el trabajo, por lo cual el cambio es inminente.

Se debería incorporar intercambiadores de calor en los usos finales, a excepción del sauna; donde el vapor ingresa de manera directa. El contacto de la tubería de conducción de vapor con el agua de manera directa, hace que la corrosión se origine a corto tiempo y provoca el fenómeno llamado piting (picaduras originadas por la corrosión en puntos específicos).

#### **4.5 Análisis económico y financiero del sistema de generación y distribución de vapor.**

**4.5.1 Costos de materiales y accesorios.** Los costos detallados a continuación están proporcionados por la empresa DESITEC (Soluciones industriales) el 13 de enero de 2017.

Los costos de los diferentes materiales pueden variar en el tiempo, por lo cual se recomienda que a partir de un tiempo, no mayor a los 3 meses, se proceda de la misma manera a detallar una proforma de venta.

**4.5.1.1 Manta de lana mineral de roca.** Se hace muy importante insistir en la protección térmica de las tuberías, estas son las que mayor perjuicio económico ocasionan dentro del área húmeda.

Se hace necesario mencionar que dentro de los costos que se proporcionan no se considera la mano de obra que se necesita para la eventual implementación de las mejoras.

Tabla 79. Precio manta de lana mineral de roca.

Cantidad	Descripción	Precio unitario (USD)	Observación
4	Manta de lana mineral de roca 8 metros de largo x 1 de ancho. Densidad 80 kg/m <sup>3</sup>	134,45	No está incluido mano de obra
Total		537,80	

Nota. Este aislamiento se lo puede cortar en las dimensiones requeridas para las tuberías y accesorios.

Fuente: (DESITEC)

**4.5.1.2 Tuberías.** La tubería que conducen o distribuyen el vapor a los usos finales, a excepción de la tubería de conducción de vapor a la piscina de niños, necesitan un cambio necesario para un óptimo funcionamiento.

Tabla 80. Precio de tuberías.

Cantidad (m)	Descripción	Precio unitario (USD)	Observación
55	Tubería ½ pulgada ASTM/A53 C40 GRB AC	3,58	No está incluido mano de obra
Total		196,9	

Nota. También se puede utilizar a tubería SC ASTM A53/A106 C40. Los precios son muy similares.

Fuente. La Llave

**4.5.1.3 Trampas de vapor.** Las trampas de vapor cumplen una función muy importante en el sistema de retorno de condensado. Hay que tomar en cuenta los parámetros para determinar la trampa de vapor más adecuada o idónea para cumplir las especificaciones de trabajo.

Las trampas de vapor se tienen que seleccionar siguiendo varios criterios técnicos y únicamente con personal calificado. Los pasos para la selección de trampas de vapor son los siguientes: carga de condensado en kg/h, factor de seguridad, diferencia de presiones y la presión máxima emitida.

Tabla 81. Precio de las trampas de vapor.

Cantidad (m)	Descripción	Precio unitario (USD)	Observación
2	Trampa de vapor ½ Trampa termodinámica TD52	222,71	No está incluido mano de obra
Total		445,42	
Nota. Responden a los cambios de temperatura, un fuelle (con un líquido volátil) o una banda bimetálica cierran la válvula con vapor a alta temperatura, al recopilar el condensado (por lo general, sub-enfriado), el fuelle se contrae y abre la válvula para permitir el drenaje del condensado, dejan entrar condensado subenfriado, permiten recuperara la energía del condensado, alta capacidad de extracción de aire.			

Fuente. La Llave

**4.5.1.4 Válvulas.** Las válvulas deben tener las especificaciones técnicas necesarias y suficientes para el trabajo pertinente, esto con la finalidad de minimizar las pérdidas de presión en las tuberías de conducción de vapor. Las válvulas de compuerta están diseñadas para trabajar con apertura total o cierre total, sin estrangulamiento, el uso es inusual, resistencia mínima a la circulación.

Tabla 82. Precio de válvulas.

Cantidad (m)	Descripción	Precio unitario (USD)	Observación
5	Válvulas de compuerta ½ BR VAL COMP NTP C150S	77,34	No está incluida mano de obra
Total		386,69	
Nota. Control deficiente de circulación, produce cavitación con baja caída de presión.			

Fuente. La Llave

Tabla 83. Costos de accesorios

Cantidad	Descripción	Precio unitario (USD)	Precio total (USD)
50	Tupy ACC NEG 150 1/2x90	0,58	29
20	Tupy ACC NEG 150 3/4x90	0,93	18,6
8	Tupy ACC NEG 150 1x90	1,32	10,56
8	Tupy ACC TEE 150 ½	0,79	6,32
10	Tupy ACC TEE 150 ¾	1,35	13,5
7	Tupy ACC TEE 150 1	1,85	12,95
7	Tupy ACC NEG UNION 150 ½	0,58	4,06
8	Tupy ACC NEG UNION 150 ¾	0,79	6,32
3	Tupy ACC NEG UNION 150 1	1,1	3,3
	Implementos adicionales para instalación (pegas, teflón, etc.)		28,39
TOTAL			133,00

Fuente: La Llave



Tabla 84. Ahorro anual en la generación y distribución de vapor

Áreas		Ahorro [%]	Ahorro [USD]
Generación de vapor		30	3 132,72
Distribución de vapor	Sauna	81,1	117,82
	Turco	81,1	126,65
	Hidromasajes	81,1	319,63
	Piscina niños	83,8	1 713,04
	Agua termal	82,17	160,58
TOTAL			5 570,44

Fuente: La Llave

#### 4.5.2 Costos de la inversión.

La inversión en el sistema de generación y distribución de vapor y los costos inherentes a la reparación y adecuación de los nuevos accesorios y materiales se presentan a continuación.

Tabla 85. Costos de la inversión en la generación y distribución de vapor

Áreas	Equipos y accesorios	Modelo	Costo [USD]
Generación de vapor	Quemador	SUNTEO A2VA-7116 2GPH 150-200 Psi	650
	Bomba centrífuga	KSB Etabloc 050-032-200.1	115
	Aislamiento térmico	Rockwool 159 80kg/m <sup>3</sup>	117,94
Distribución de vapor	Mantas	Rockwool 159 80kg/m <sup>3</sup>	537,8
	Tuberías	½ ASTM-A53-C40-GRB-AC	196,9
	Trampas de vapor	Termodinámica TD 52	445,42
	Válvulas de compuerta	BR VAL COMP NTP C150S	386,69
	Accesorios	Descritos en la tabla N. 82	133
TOTAL			2 582,75

Fuente: Autores

#### 4.6 Análisis económico y financiero del sistema de bombeo

Las pérdidas energéticas ocasionadas por la incorrecta utilización de los equipos de bombeo generan un perjuicio económico que en un periodo de tiempo resulta relevante. Las medidas alcanzables de ahorro se presentan a continuación. Previamente se realizó y se detalló el porcentaje de pérdida de energía en el que se incurre.

Tabla 86. Consumo energético según catálogos.

Modelo de las bombas	Consumo [kWh]	Rendimiento según catálogo [%]	Rendimiento en el sistema [%]
EMAUX SB 30	2,18	82	36
HIDRO SWIM 150	1,5	75	33
HIDRO SWIM 150	1,5	75	34
PK60-MD	0,675	22	14
PENTAIR DINAMO	1,5	75	30

Fuente: Autores en base a catálogos

Según el análisis previo se determinó el rendimiento de cada una de las bombas en sus diferentes sistemas de funcionamiento, en base a lo cual se determina la pérdida de energía que se produce.

Debido a la correcta instalación y utilización de los accesorios en cada uno de los sistemas; esto es pérdidas secundarias, así como los tramos de tuberías en los mismos; esto es pérdidas primarias, no es recomendable modificar dichos parámetros. Para alcanzar un rendimiento óptimo lo ideal es seleccionar la bomba que cumpla con las características que presenta el sistema.

Dentro de la industria y los diferentes campos de aplicación existen varias alternativas para seleccionar una bomba acorde al sistema que se presente. Para este caso específico se va a trabajar con los catálogos de las bombas Hidro-termal y KSB debido a que sus características de diseño y de trabajo son superiores en comparación a otras marcas, así mismo proporcionan de una manera más explícita los parámetros de consumo energético y rendimiento.

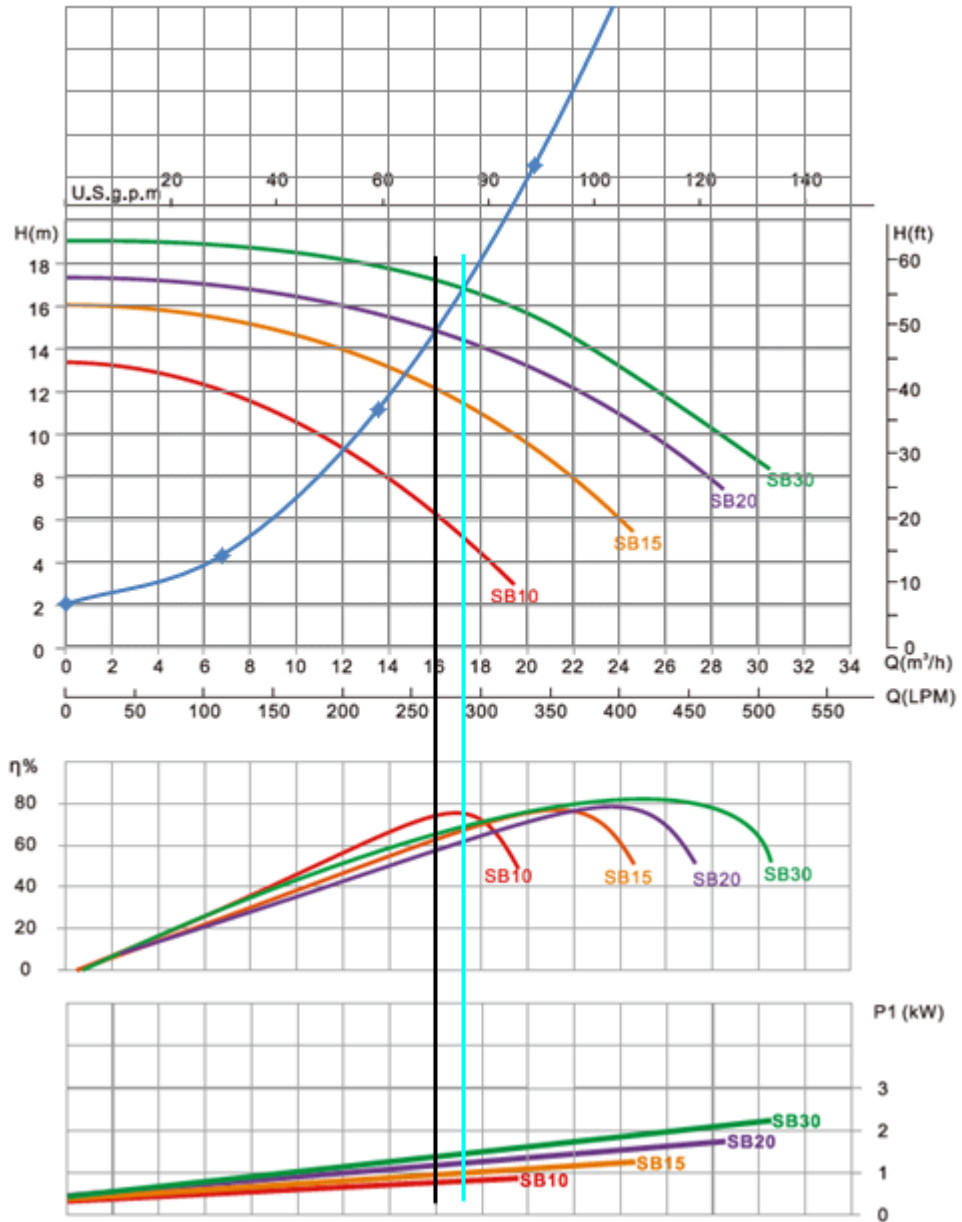
Alternativas para la selección de bombas para los sistemas mostrados.

*Sistema 1:* este sistema presenta un diseño erróneo en la red de tubería, en el tramo de succión; ya que nunca se debería tener un diámetro menor al diámetro de descarga. Si el tubo de succión es menor que la admisión en la bomba, existiría altas pérdidas de carga.

La curva resistente del sistema instalado está realizada con una tubería de 3 pulgadas en el tramo de admisión, quedando de esta manera, adecuada al sistema e indicada por la siguiente ecuación:

$$H_B = 2,5 + 0,049938 Q^2$$

Figura 82. Curvas de rendimientos de las bombas EMAUX SB



Fuente: (EMAUX)

Tabla 87. Datos comparativos bombas SB30 vs. EMAUX SB 20

TIPO DE BOMBA		EMAUX SB30	EMAUX SB20	OBSERVACIÓN	
PARÁMETROS				A	NA
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Q	17,2	16	X	
Vel. Admisión(m/s)	V1	1,27	1,18	X	
Vel. Descarga(m/s)	V2	3	2,795	X	
Rendimiento cat.(%)	$\eta$	82	79	X	
Rendimiento sist.(%)	$\eta$	70	59	X	
Potencia de entrada	kW	2,18	1,8	Ahorro 0,38 kW	

**NOTA:** Hay que tomar en cuenta que la curva de funcionamiento tiende a inclinarse hacia la derecha, lo que genera una mayor eficiencia de la bomba, las pérdidas secundarias generadas por los accesorios convergen en la misma dirección. En este caso para una mayor exactitud en los cálculos se tendría que incluir dichos parámetros, con lo cual supondría un alto rendimiento en el sistema. Se debe tener en cuenta que los valores (pérdidas primarias y secundarias) que se generan por los cambios efectuados (aumento en el diámetro de admisión) en el sistema van a ser relativamente pequeños.

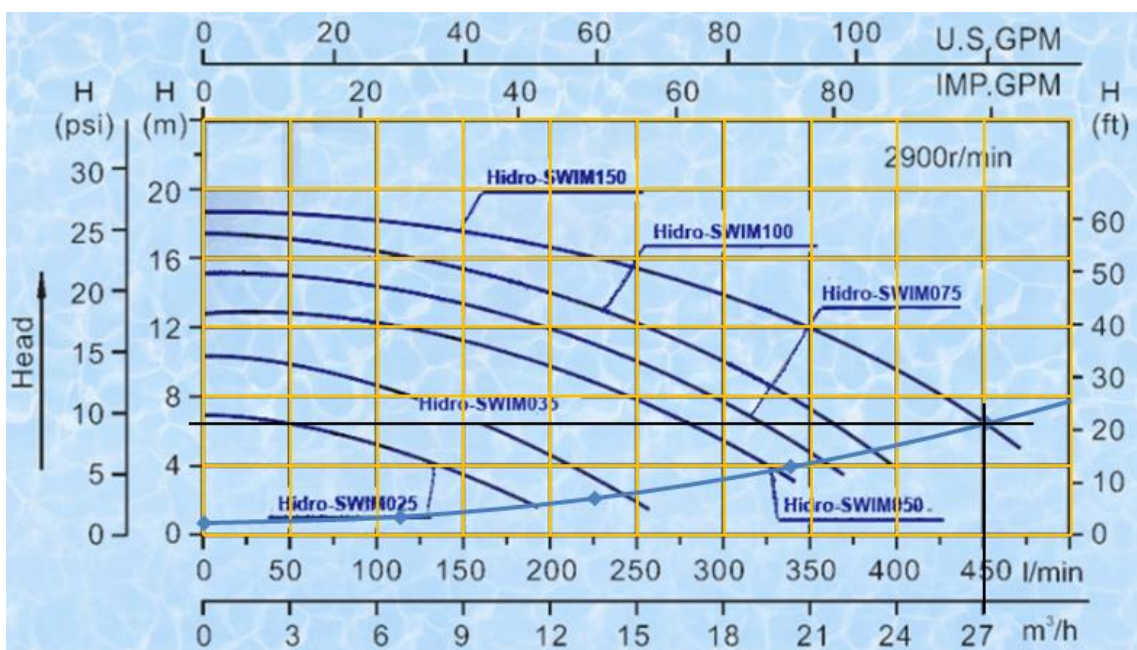
Fuente: Autores

*Sistema 2 y sistema 3:* El análisis se realizó con la utilización de una bomba para los dos hidromasajes; para estos sistemas se verifica que no es procedente realizar un cambio de diámetro de tuberías, ya que la eficiencia no presenta mejora e incluso tiende a disminuir, lo cual se puede observar en la siguiente gráfica:

La expresión de la curva resistente se presenta a continuación:

$$H_B = 0,0078 Q^2$$

Figura 83. Curvas de rendimiento de las bombas Hidro SWIM



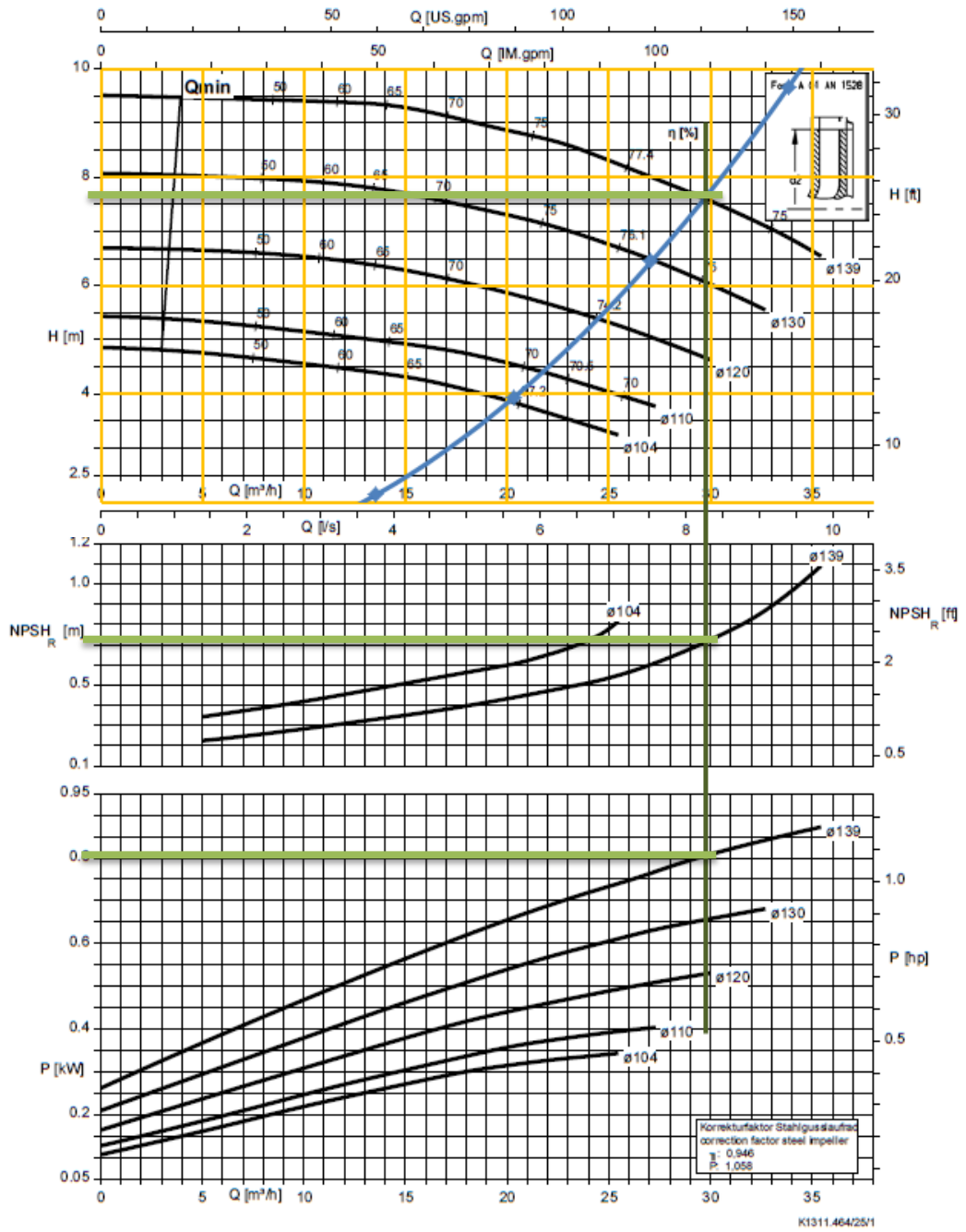
Fuente: (HIDRO TERMAL)

Nota: dentro de este análisis no está considerada las pérdidas generadas por los accesorios debido al cambio de diámetro de la tubería, pero no es pérdida que tenga mayor relevancia en este caso, y que modifique de una manera abrupta la curva de funcionamiento del sistema.

A continuación se procederá a seleccionar una bomba adecuada para los sistemas que garanticen la mejor eficiencia. Esta selección se hará en base al caudal que se dispone.

Figura 84. Curvas de rendimiento de las bombas Etanorm

Etanorm 065-040-125, n = 1750 rpm  
 Etanorm V, Etabloc



Fuente: (KSB)

Tabla 88. Comparación bomba Hidro SWIM150 vs. KSB 40-125

TIPO DE BOMBA		Hidro-SWIM150	KSB 40-125	OBSERVACIÓN	
PARÁMETROS				A	NA
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Q	27	30	X	
Vel. Admisión(m/s)	V1	2	2.18	X	
Vel. Descarga(m/s)	V2	2	2.18	X	
Rendimiento cat.(%)	$\eta$	75	77.4	X	
Rendimiento sist.(%)	$\eta$	32	76	X	
Potencia de entrada	kW	3	1,23	Ahorro 1,77 kW	
<p><b>NOTA:</b> Para hacer la comparación de estos sistemas se asumió una tubería de admisión de 3 pulgadas, pese a este cambio la eficiencia de la bomba no presenta mejora. Para mejorar el rendimiento se seleccionó una bomba acorde a las especificaciones del esquema de instalaciones. Cabe recalcar que se va a utilizar una bomba para los dos hidromasajes, quedando a criterio de la administración en base a las sugerencias y parámetros que exige este tipo de servicio, ya que la presión dentro de este servicio, queda a criterio de la administración.</p>					

Fuente: Autores

*Sistema 4:* El sistema de bombeo para la caldera, probablemente requiera un cambio; como se puede observar en el análisis hidráulico, se tiene un punto de funcionamiento que arroja un dato de eficiencia muy por debajo de la media. Por lo mismo necesita ser estudiado de forma iterativa para expresar en términos más exactos el caudal y la velocidad real que arroja el sistema.

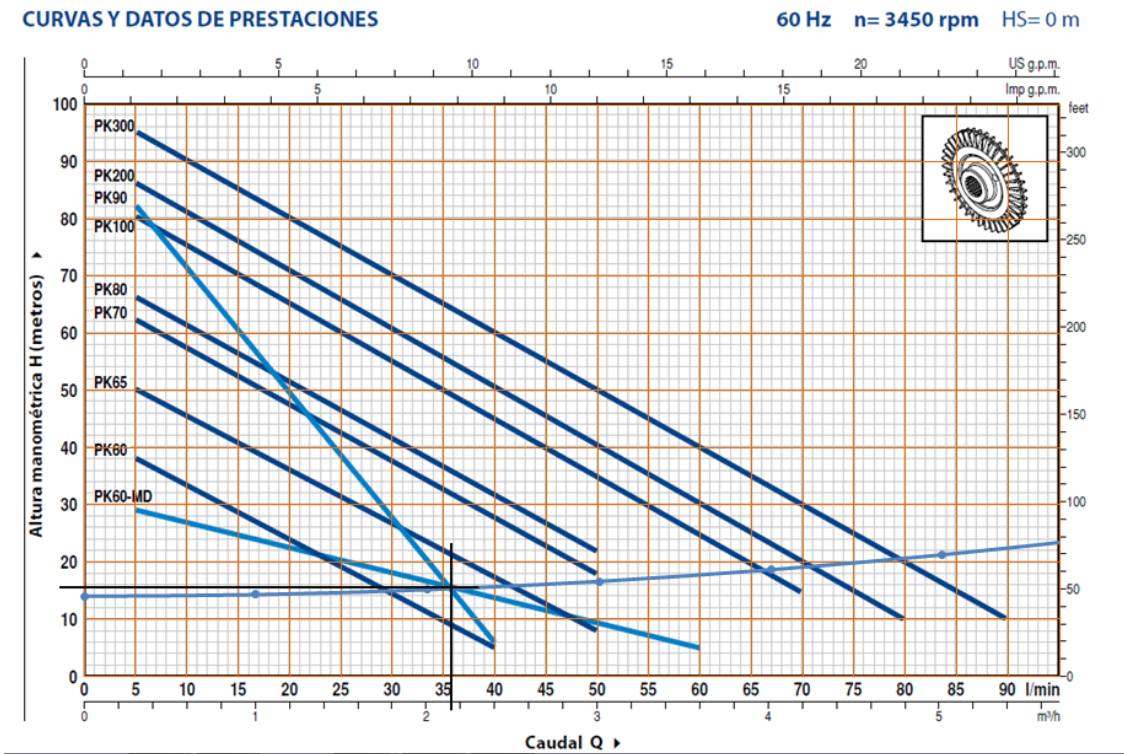
En consecuencia se analizará la comparación con una bomba de similares características, pero con un mejor rendimiento.

Bomba tipo: Pedrollo PK60-MD

La ecuación característica está expresada por la siguiente ecuación

$$H_B = 13,96 + 0,29Q^2$$

Figura 85. Curvas de rendimiento de las bombas Pedrollo TIPO PK

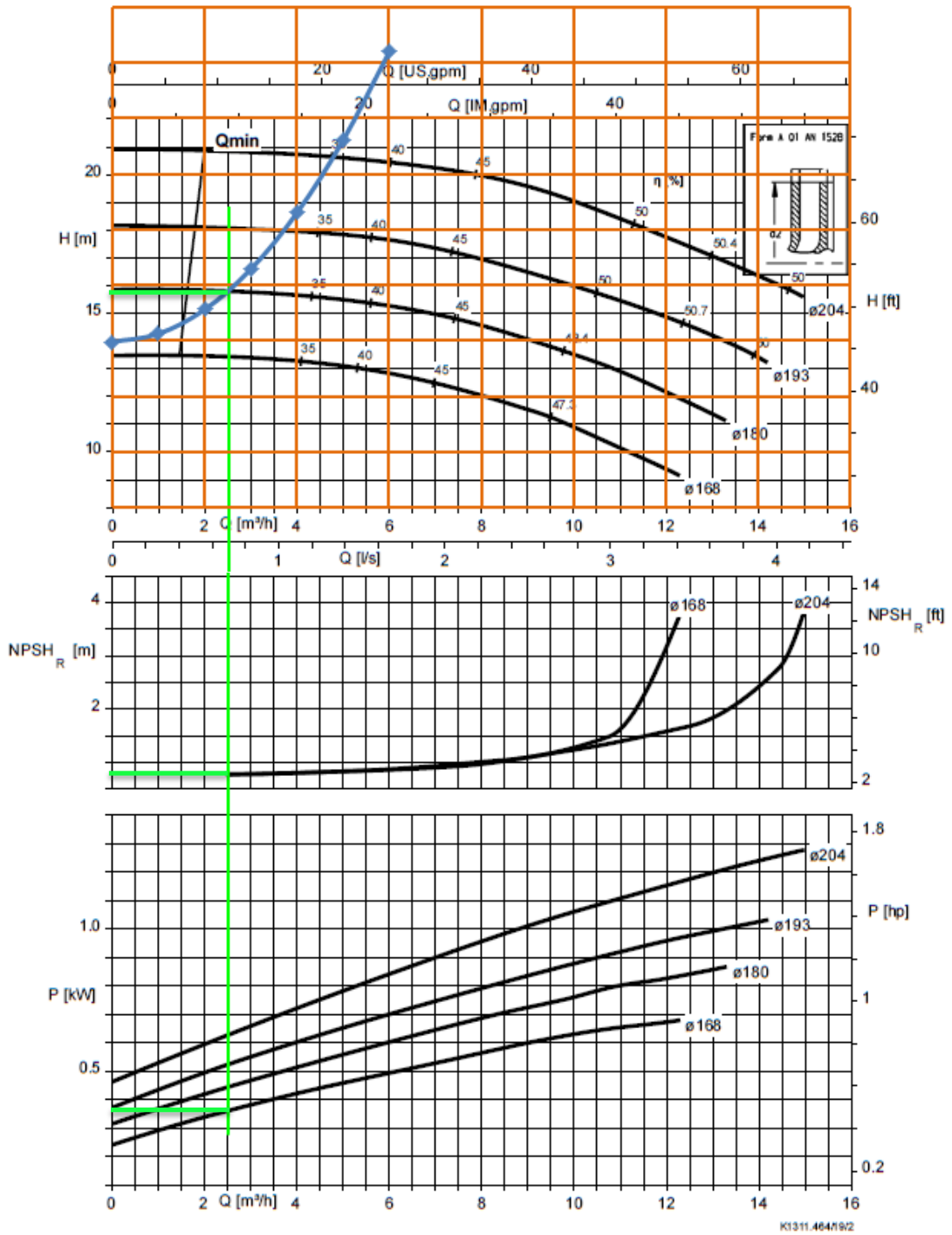


Fuente: (PEDROLLO)

Bomba KSB tipo: Etabloc 050-032-200.1



Figura 86. Curvas de rendimiento de las bombas KSB modelo Etabloc



Fuente: (KSB)

Tabla 89. Comparación bomba Pedrollo PK60-MD vs. KSB Etabloc 050-032-200.1

TIPO DE BOMBA		Etabloc 050-032- 200.1	Pedrollo PK60-MD	OBSERVACIÓN	
PARÁMETROS				A	NA
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Q	6,6	5,6	X	
Vel. Admisión(m/s)	V1	1,25	1,1	X	
Vel. Descarga(m/s)	V2	1,25	1,1	X	
Rendimiento cat.(%)	$\eta$	48,4	22	X	
Rendimiento sist.(%)	$\eta$	30	14	X	
Potencia de salida	kW	0,375	0,375	Ahorro kW	

**NOTA:** Como se puede visualizar, la potencia de salida es la misma, pero el rendimiento de la bomba KSB Etabloc 050-032-200.1 es más relevante. Eroga mayor caudal y la altura de bombeo está dentro de los parámetros establecidos por el sistema. El ahorro muy probablemente se verá reflejado en la planilla eléctrica.

Fuente: Autores

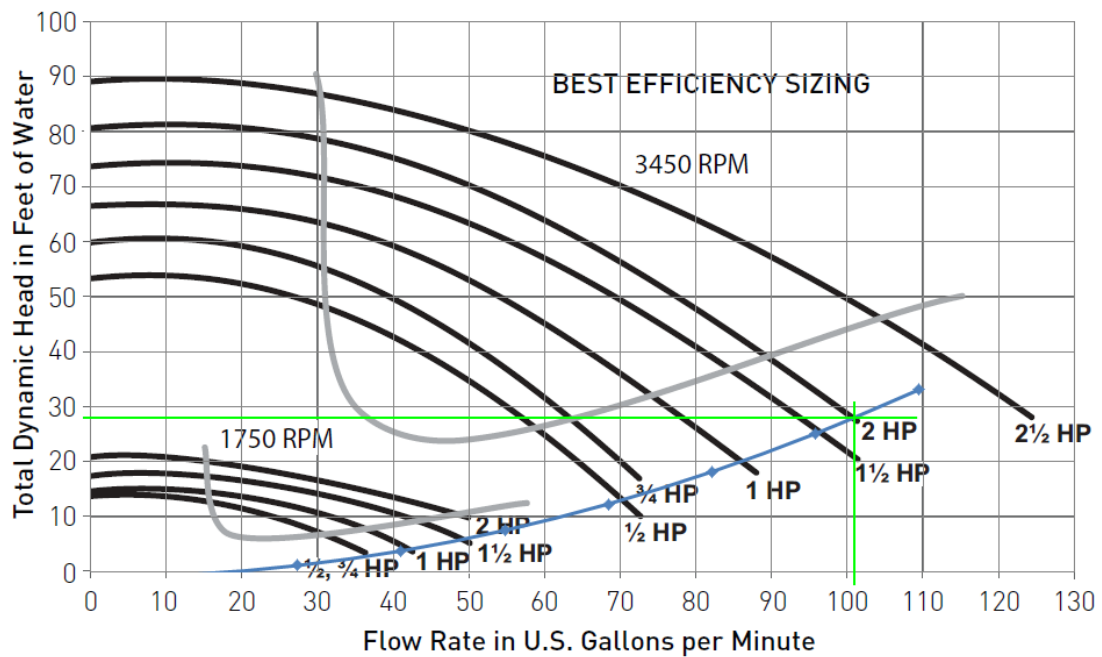
*Sistema 5:* Para este sistema se va realizar la selección de la bomba que optimice el rendimiento del equipo de bombeo y por supuesto del sistema.

$$H_B = 0,016Q^2$$

Bomba tipo: Pentair Dynamc 2 hp

Figura 87. Curvas de rendimiento de la bomba Pentair Dynamo

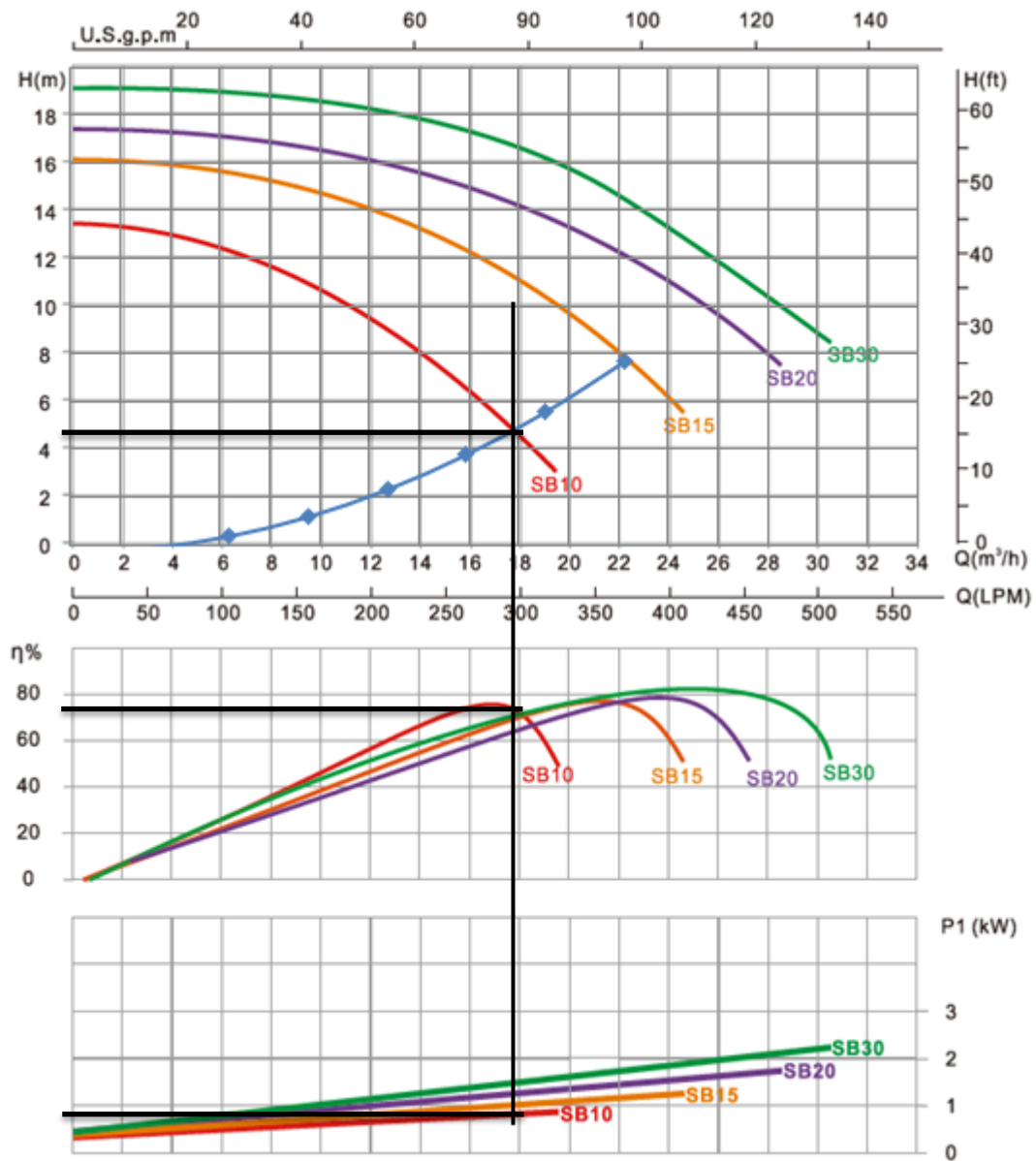
### Pump Performance Curves



Fuente: (PENTAIR)

Bomba tipo: EMAUX SB10

Figura 88. Curvas de rendimiento de las bombas EMAUX SB



Fuente: (EMAUX)

Tabla 90. Comparación bomba Pentair Dynamic vs. EMAUX SB10

PARÁMETROS		BOMBA		OBSERVACIÓN	
		Pentair Dynamic	EMAUX SB10	PentairDynamic	EMAUX SB10
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Q	22,23	18	A	A
Vel. Admisión(m/s)	V1	3,5	2,83	NA	A
Vel. Descarga(m/s)	V2	3,5	2,83	NA	A
Rendimiento cat.(%)	η	75	77	A	A

Tabla 90. Continuación

Rendimiento sist.(%)	$\eta$	35	73	NA	A
Potencia de entrada	kW	1,5	0,97	Ahorro 0,53 kW	
<b>NOTA:</b> como se puede visualizar; en la curva característica de la bomba seleccionada (EMAUX SB10), la eficiencia energética se incrementa de tal forma que tiende a trabajar en el punto óptimo o máximo de la misma. Cabe recalcar que los parámetros obtenidos y que determinan la nueva curva de trabajo se realizó con los cambios adecuados para el mejoramiento del sistema.					

Fuente: Autores

En conclusión se tiene lo siguiente: Sistema de bombeo

Tabla 91. Porcentaje global de ahorro sistema de bombeo

Sistema	Bomba Actual	Bomba Propuesta de mejora	Consumo mensual actual kWh	Consumo mensual propuesta kWh	Ahorro %
1	EMAUX SB30	EMAUX SB20	926,288	764,82	17
2 Y 3	HIDRO SWIM 150	KSB 40-125	912	373,92	59
4	Pedrollo PK60 –MD	KSB Etabloc 050-032-200.1	26	26	-
5	Pentair Dynamo	EMAUX SB10	487,312	316,75	35

Fuente: Autores

Tabla 92. Ahorro económico anual en los sistemas de bombeo

Sistemas	Consumo mensual actual kWh	Consumo mensual propuesta kWh	Ahorro %	Pérdida Anual [kWh]	Costo [USD]	Pérdida Anual [USD]
1	926,288	764,82	17	161,47	0,15	290,64
2 y 3	912	373,92	59	538,08	0,15	968,54
4	26	26	-	-	-	-
5	487,312	316,75	35	170,56	0,15	307,01
<b>TOTAL</b>						<b>1 566,19</b>

Fuente: Autores

Como se mencionaba anteriormente, en los costos por la posible implementación de las mejoras, no se considera mano de obra.

Tabla 93. Costos derivados por la propuesta de mejora en los sistemas de bombeo

Áreas	Equipos y accesorios	Modelo	Costo [USD]
Sistemas de bombeo	Sistema 1	EMAUX SB 20	920
	Sistema 2 y 3	KSB Etanorm 40-125	777
	Sistema 4	KSB Etabloc 050- 032-200.1	115
	Sistema 5	EMAUX SB 10	721
TOTAL			2 533

Fuente: Autores

#### 4.7 *Análisis económico y financiero del sistema de iluminación.*

En lo concerniente al sistema de iluminación se pretende cuantificar el potencial ahorro que se puede obtener si se toman las medidas necesarias en base a parámetros establecidos en normas nacionales e internacionales, mismas que establecen criterios de calidad en lo referente al confort visual, creación de ambientes agradables y confortables para los usuarios de las instalaciones y uno de los objetos más importantes; la racionalización del uso y consumo de la energía con instalaciones que garanticen la mayor eficiencia energética posible.

Dentro de este contexto se hace necesario entender los criterios de eficiencia energética en la instalación, explotación, mantenimiento, control y gestión energética. Estos son: maniobra y selectividad de la instalación, sistemas de regulación y control, mantenimiento y gestor energético; cada uno de ellos con sus respectivos criterios establecidos estandarizados.

**4.7.1 Zona de administración.** En la zona de administración (recepción) se está utilizando tecnología led para la iluminación, por consiguiente no se requiere cambios en dicha zona. Las bombillas ahorradoras de 20 W se están utilizando en la parte exterior de la zona en mención.

Nivel de iluminancia: 322 lux

Potencia instalada: 134 W

Horas de utilización: 4 380 horas

Consumo energético: 586,92 kWh/año

**4.7.2 Zona de lavandería.** Para esta zona se proyecta la utilización de tecnología led, para ello se tiene lo siguiente:

Nivel de iluminancia: 433 lux

Potencia instalada: 192 W

Horas de utilización: 2 190 horas

Consumo energético: 420,48 kWh/año

Propuesta de reforma: se proyecta un cambio de luminaria que proporcione la mejor estabilidad energética, garantizando el confort visual, un mejor reparto de flujo que permita reducir la potencia instalada por punto de luz y a la vez el número total de luminarias, ésta será prevista de tecnología led compuesta de 6 bombillas GLS A60 de 9 W. Las bombillas ahorradoras (20 W), que constan dentro del inventario de la zona en discusión se encuentran en el exterior de la zona de lavandería y limpieza en seco.

Tabla 94. Valores de iluminación en lavanderías y limpieza en seco

Edificios industriales	Iluminación Lux	Factor de luz natural
<b>37. Lavanderías y limpieza en seco</b>		
a) recepción, clasificación, lavado secado, planchado (aprensador) y despacho.	200	2,50
b) limpieza en seco y trabajo de maquinaria pesada	200	2,50
c) planchado fino a mano, prensado, inspección, zurcido y desmanchado.	300	3,75

Fuente: (INEN, 2012)

Nivel de iluminancia: 172,71 lux.

Debido a la contribución de luz natural, se prevee llegue a los 200 lux establecidos en la norma.

Potencia total a instalar: 54 W

IEE: 1,12

Horas de utilización: 2 190 horas

Consumo energético: 118,26 kWh/año

En resumen se tiene lo siguiente:

Tabla 95. Porcentaje de ahorro, lavandería

	Actual	Propuesta
Iluminancia	322	200
IEE	2,22	1,12
Ahorro de energía (%)		72

Fuente: Autores

**4.7.3 Zona de vestidores e hidromasajes.** Para esta zona se proyecta la utilización de tecnología led, para ello se tiene lo siguiente:

Nivel de iluminancia: 548 lux

Potencia instalada: 1 000 W

Horas de utilización: 1 326 horas

Consumo energético: 1 326 kWh/año

Propuesta de reforma: se proyecta un cambio de luminaria que proporcione la mejor estabilidad energética, garantizando el confort visual, un mejor reparto de flujo que permita reducir la potencia instalada por punto de luz y a la vez el número total de luminarias, ésta será prevista de tecnología led compuesta de 20 lámparas refLED GU5.3 de 5 W, así mismo las bombillas ahorradoras de 20 W por las bombillas GLS A60 de 5 W, que de la misma manera incluyen 20 de ellas.

Tabla 96. Valores recomendados de iluminación en áreas generales (vestuarios)

Edificios industriales	Iluminación Lux	Factor de luz natural
<b>1. Áreas generales de fábricas</b>		
a) bares	150	1,88
b) Vestuarios	100	1,25
c) Entradas, corredores y escaleras.	100	1,25
<b>2. Fábricas de aviones y hangares de mantenimiento.</b>		
a) producción de repuestos	450	5,62
b) perforación, remachado, fijación de tornillos, disposición de hojas de aluminio y trabajos de atemperación, aleros de las cubiertas, soldadura, subensamblado, ensamblado final e inspección, mantenimiento y reparaciones (hangares)	300	3,75

Fuente: (INEN, 2012)

Nivel de iluminancia: 254,37 lux.

Potencia total a instalar: 200 W

IEE: 0,65

Horas de utilización: 1 326 horas

Consumo energético: 265,2 kWh/año

En resumen se tiene lo siguiente:

Tabla 97. Porcentajes de ahorro, vestidores e hidromasajes

	Actual	Propuesta
Iluminancia	548	254,37
IEE	1,52	0,65
Ahorro de energía (%)		80

Fuente: Autores

**4.7.4 Zona de bar.** Para esta zona se proyecta la utilización de tecnología led, para sustituir las bombillas ahorradoras, para ello se tiene lo siguiente:

Nivel de iluminancia: 419 lux

Potencia instalada: 100 W

Horas de utilización: 600 horas

Consumo energético: 60 kWh/año

Propuesta de reforma: se proyecta un cambio de luminaria que proporcione la mejor estabilidad energética, garantizando el confort visual, un mejor reparto de flujo que permita reducir la potencia instalada por punto de luz y a la vez el número total de luminarias, ésta será prevista de tecnología led compuesta de 5 bombillas GLS A60 de 9 W.



Tabla 98. Valores de iluminación en áreas generales (bares)

Edificios industriales	Iluminación Lux	Factor de luz natural
<b>1. Áreas generales de fábricas</b>		
a) bares.	150	1,88
b) Vestuarios	100	1,25
c) Entradas, corredores y escaleras.	100	1,25
<b>2. Fábricas de aviones y hangares de mantenimiento.</b>		
a) producción de repuestos	450	5,62
b) perforación, remachado, fijación de tornillos, disposición de hojas de aluminio y trabajos de atemperación, aleros de las cubiertas, soldadura, sub-ensamblado, ensamblado final e inspección, mantenimiento y reparaciones (hangares)	300	3,75

Fuente:(INEN, 2012)

Nivel de iluminancia: 167,91 lux.

Potencia total a instalar: 45 W

IEE: 1,12

Horas de utilización: 600 horas

Consumo energético: 27 kWh/año

En resumen se tiene lo siguiente:

Tabla 99. Porcentajes de ahorro, bar

	Actual	Propuesta
Iluminancia	419	167,91
IEE	1,95	1,12
Ahorro de energía (%)		55

Fuente: Autores

**4.7.5 Zona de comedor restaurante.** Para esta zona se proyecta la utilización de tecnología led, para este caso se va a tomar en cuenta solo las bombillas ahorradoras, ya que las otras bombillas utilizadas poseen tecnología led (refLED GU5.3) de 6 W.

Nivel de iluminancia: 549 lux

Potencia instalada: 1 060 W

Horas de utilización: 1 200 horas

Consumo energético: 1 272 kWh/año

Propuesta de reforma: se proyecta un cambio de luminaria que proporcione la mejor estabilidad energética, garantizando el confort visual, un mejor reparto de flujo que permita reducir la potencia instalada por punto de luz y a la vez el número total de luminarias, ésta será prevista de tecnología led compuesta de 53 bombillas GLS A60 de 5 W.

Tabla 100. Valores de iluminación en áreas generales (comedores)

Edificios industriales	Iluminación Lux	Factor de luz natural
<b>1. Áreas generales de fábricas</b>		
a) bares.	150	1,88
b) Vestuarios	100	1,25
c) Entradas, corredores y escaleras.	100	1,25
<b>2. Fábricas de aviones y hangares de mantenimiento.</b>		
a) producción de repuestos	450	5,62
b) perforación, remachado, fijación de tornillos, disposición de hojas de aluminio y trabajos de atemperación, aleros de las cubiertas, soldadura, sub-ensamblado, ensamblado final e inspección, mantenimiento y reparaciones (hangares)	300	3,75

Fuente:(INEN, 2012)

Nivel de iluminancia: 149,2 lux.

Potencia total a instalar: 265 W

IEE: 1,7

Horas de utilización: 1 200 horas

Consumo energético: 318 kWh/año

En resumen se tiene lo siguiente:

Tabla 101. Porcentajes de ahorro, comedor restaurant

	Actual	Propuesta
Iluminancia	549	149,2
IEE	2,25	1,7
Ahorro de energía (%)		75

Fuente: Autores

**4.7.6 Zona del salón de eventos.** Para esta zona se proyecta la utilización de tecnología led, para este caso se va a tomar en cuenta solo las bombillas ahorradoras, los otros sistemas comprenden: bombillas con tecnología led (refLED GU5.3) de 6 W, además de juegos de luces robóticas que se adecúan para este tipo de ambiente.

Nivel de iluminancia: 451 lux

Potencia instalada: 3 600 W

Horas de utilización: 388,8 horas

Consumo energético: 1 399,68 kWh/año

Propuesta de reforma: se proyecta un cambio de luminaria que proporcione la mejor estabilidad energética, garantizando el confort visual, un mejor reparto de flujo que permita reducir la potencia instalada por punto de luz y a la vez el número total de luminarias. (Ver Tabla 63), ésta será prevista de tecnología led compuesta de 180 bombillas GLS A60 de 9 W.

Nivel de iluminancia: 241,8 lux.

Potencia total a instalar: 1 620 W

IEE: 1,12

Horas de utilización: 388,8 horas

Consumo energético: 629,85 kWh/año

En resumen se tiene lo siguiente:

Tabla 102. Porcentajes de ahorro, salón de eventos

	Actual	Propuesta
Iluminancia	451	241,8
IEE	1,33	1,12
Ahorro de energía (%)		55

Fuente: Autores

Tabla 103. Parámetros de iluminación recomendados

Tipo dependencia o actividad	Iluminancia media Horizontal (lux)	Clase de calidad al deslumbramiento	Índice de reproducción cromática (Ra)
Cartografía	700	B	70-85
Dibujo técnico	700	B	80-90
Sala de ordenadores	400	B	70-85
Secretaría	500	B	70-85
Compras- ventas	500	B	70-85
Administración	500	B	70-85
Contabilidad	500	B	70-85
Publicidad	500	B	70-85
Facturación	500	B	70-85
Oficina personal	500	B	70-85
Servicios jurídicos y financieros	500	B	70-85
Cálculo	500	B	70-85
Organización	500	B	70-85
Despachos de gerencia y dirección:	500	B	70-85
Sala de conferencias	300	C	70-85
Recepción	300	C	70-85
Despachos atención al público	300	C	70-85
Laboratorios	500	B	70-85
Talleres	500	B	70-85
Cámaras acorazadas	400	C	70-85
Archivo	200	C	70
Centralita	300	C	70
Correos	300	C	70
Cocina	300	C	70-85
Locales auxiliares	150	C	70
Áreas de servicio	150	C	70
Recepción / expedición	150	C	70
Sala de exposiciones	200	-	90
Sala de demostraciones	100 - 1000	-	90
Sala de conferencias	300	C	70-85
Sala de visitas	300	C	70-85
Sala de descanso	200	C	70-85
Cafetería/comedor	200	C	70-85
Vestibulos	200	C	70-85
Pasillos	150	C	70-85
Aseos	150	D	70-85
Almacenes	100	D	70

Fuente: (CÓMITE ESPAÑOL DE ILUMINACIÓN, 2001)

**4.7.7 Zona de cocina.** Para esta zona se proyecta la utilización de tecnología led.

Nivel de iluminancia: 378 lux

Potencia instalada: 856 W

Horas de utilización: 1 606 horas

Consumo energético: 1 374,74 kWh/año

Propuesta de reforma: se proyecta un cambio de luminaria que proporcione la mejor estabilidad energética, garantizando el confort visual, un mejor reparto de flujo que permita reducir la potencia instalada por punto de luz y a la vez el número total de luminarias. (ver Tabla 63), ésta será prevista de tecnología led compuesta de 28 bombillas GLS A60 de 9 W.

Nivel de iluminancia: 320 lux.

Potencia total a instalar: 252 W

IEE: 1,16

Horas de utilización: 1 606 horas

Consumo energético: 404,7 kWh/año

En resumen se tiene lo siguiente:

Tabla 104. Porcentajes de ahorro, cocina

	Actual	Propuesta
Iluminancia	378	320
IEE	3,33	1,16
Ahorro de energía (%)		70

Fuente: Autores

**4.7.8 Zona de cabañas.** Para esta zona se proyecta la utilización de tecnología led. Previamente se analizó 2 casos: una habitación para 5 personas y dos habitaciones para 4 personas. El análisis esta hecho de forma individual, esto quiero decir que el ahorro se verá reflejado por 12 cabañas.

Caso 1

Nivel de iluminancia: 429 lux

Potencia instalada: 160 W

Horas de utilización: 300 horas

Consumo energético: 48 kWh/año

Propuesta de reforma: se proyecta un cambio de luminaria que proporcione la mejor estabilidad energética, garantizando el confort visual, un mejor reparto de flujo que permita reducir la potencia instalada por punto de luz y a la vez el número total de luminarias. (Ver Tabla 63), ésta será prevista de tecnología led compuesta de 8 bombillas GLS A60 de 9 W.

Nivel de iluminancia: 280,34 lux.

Potencia total a instalar: 72 W

IEE: 1,12

Horas de utilización: 300 horas

Consumo energético: 21,6 kWh/año

En resumen, en el caso 1, se tiene lo siguiente:

Tabla 105. Porcentajes de ahorro, cabañas caso 1

	Actual	Propuesta
Iluminancia	429	280,34
IEE	1,42	1,12
Ahorro de energía (%)		55

Fuente: Autores

Caso 2:

Nivel de iluminancia: 403 lux

Potencia instalada: 140 W

Horas de utilización: 300 horas

Consumo energético: 42 kWh/año

Propuesta de reforma: se proyecta un cambio de luminaria que proporcione la mejor estabilidad energética, garantizando el confort visual, un mejor reparto de flujo que permita reducir la potencia instalada por punto de luz y a la vez el número total de luminarias. (Ver Tabla 63), ésta será prevista de tecnología led compuesta de 7 bombillas GLS A60 de 9 W.

Nivel de iluminancia: 268,67 lux.

Potencia total a instalar: 63 W

IEE: 1,12

Horas de utilización: 300 horas

Consumo energético: 18,9 kWh/año

En resumen, en el caso 2, se tiene lo siguiente:

Tabla 106. Porcentajes de ahorro, cabañas caso 2

	Actual	Propuesta
Iluminancia	403	268,67
IEE	1,42	1,12
Ahorro de energía (%)		55

Fuente: Autores

**4.7.9 Zona del hotel.** Para esta zona se proyecta la utilización de tecnología led. Previamente se analizó 2 casos: espacio 1 (dormitorio) y espacio 2 (baño). La sustitución se prevee realizar a las bombillas ahorradoras de 20 W.

Espacio 1: dormitorio

Nivel de iluminancia: 407 lux

Potencia instalada: 282 W

Horas de utilización: 225 horas

Consumo energético: 63,45 kWh/año

Propuesta de reforma: se proyecta un cambio de luminaria que proporcione la mejor estabilidad energética, garantizando el confort visual, un mejor reparto de flujo que permita reducir la potencia instalada por punto de luz y a la vez el número total de luminarias. (Ver Tabla 63), ésta será prevista de tecnología led compuesta de 2 bombillas GLS A60 de 9 W.

Nivel de iluminancia: 264,55 lux.

Potencia total a instalar: 258 W

IEE: 5,41

Horas de utilización: 225 horas

Consumo energético: 58 kWh/año

En resumen, en el espacio 1, se tiene lo siguiente:

Tabla 107. Porcentajes de ahorro, hotel espacio 1

	Actual	Propuesta
Iluminancia	407	264,55
IEE	3,85	5,41
Ahorro de energía (%)		8,5

Fuente: Autores

Espacio 2: baño

Nivel de iluminancia: 508 lux

Potencia instalada: 38 W

Horas de utilización: 225 horas

Consumo energético: 8,55 kWh/año

Propuesta de reforma: se proyecta un cambio de luminaria que proporcione la mejor estabilidad energética, garantizando el confort visual, un mejor reparto de flujo que permita reducir la potencia instalada por punto de luz y a la vez el número total de luminarias. (Ver Tabla 63), ésta será prevista de tecnología led compuesta de 1 bombillas GLS A60 de 9 W.

Nivel de iluminancia: 287,4 lux.

Potencia total a instalar: 27 W

IEE: 1,25

Horas de utilización: 225 horas

Consumo energético: 6 kWh/año

En resumen, en el espacio 2, se tiene lo siguiente:

Tabla 108. Porcentajes de ahorro, hotel espacio 2

	Actual	Propuesta
Iluminancia	508	287,4
IEE	1	1,25
Ahorro de energía (%)		30

Fuente: Autores



**4.7.10 Zona del spa.** Para esta zona se proyecta la utilización de tecnología led.

Nivel de iluminancia: 378 lux

Potencia instalada: 468 W

Horas de utilización: 1 200 horas

Consumo energético: 561,6 kWh/año

Propuesta de reforma: se proyecta un cambio de luminaria que proporcione la mejor estabilidad energética, garantizando el confort visual, un mejor reparto de flujo que permita reducir la potencia instalada por punto de luz y a la vez el número total de luminarias. (Ver Tabla 63), ésta será prevista de tecnología led compuesta de 9 bombillas GLS A60 de 9 W.

Nivel de iluminancia: 151 lux.

Potencia total a instalar: 129 W

IEE: 1,78

Horas de utilización: 1200 horas

Consumo energético: 154,8 kWh/año

En resumen se tiene lo siguiente:

Tabla 109. Porcentajes de ahorro, Spa

	Actual	Propuesta
Iluminancia	378	151
IEE	2,58	1,78
Ahorro de energía (%)		72

Fuente: Autores

En conclusión se tiene lo siguiente: Sistema de Iluminación:

Tabla 110. Porcentaje global de ahorro sistema de iluminación

Sectores		W instalados	W a instalar	lux	IEE	IEE máximo	Ahorro %
Administración		134	134	322	0,54	X	-
Lavandería		192	54	200	1,12	X	72
Vestidores e hidros		1 000	200	254,37	1,52	X	80
Bar		100	45	167,91	1,12	X	55
Comedor		1 060	265	149,2	1,7	X	75
Salón de eventos		3 600	1 620	241,8	1,12	X	55
Cocina		856	252	320	1,16	X	70
Cabañas	Caso 1	160	72	280,34	1,12	X	55
	Caso 2	140	63	268,67	1,12	X	55
Hotel	Dormitorio	282	258	264,55	5,41	X	8,5
	Baño	38	27	287,4	1,25	X	30
Spa		468	129	151	1,78	X	72

Fuente: Autores

Tabla 111. Ahorro económico anual en el sistema de iluminación

Sectores		Consumo kWh/añal actual	Consumo kWh/añal propuesta	Ahorro [kWh/añal]	Costo kWh [USD]	Ahorro anual [USD]
Administración		134	134	-	0,15	-
Lavandería		420,48	118,26	302,22	0,15	45,33
Vestidores e hidros		1 326	265,2	1060,8	0,15	159,12
Bar		60	27	33	0,15	4,95
Comedor		1 272	318	954	0,15	143,1
Salón de eventos		1 399,68	629,85	769,83	0,15	115,47
Cocina		1 374,74	404,7	970,04	0,15	145,51
Cabañas	Caso 1*	48	21,6	26,4	0,15	31,68
	Caso 2*	42	18,9	23,1	0,15	13,88
Hotel*	Dormitorio	63,45	58	5,45	0,15	22,14
	Baño	8,55	6	2,55	0,15	10,26
Spa		561,6	154,8	406,8	0,15	61,02
TOTAL						752,46
1*: 8 habitaciones						
2*: 4 habitaciones						
Hotel*: 27 habitaciones						

Fuente: Autores

#### 4.8 *Inversion.*

Obtenido todos los costos inherentes que proporcionan un mejor rendimiento en las áreas críticas, se procede a calcular la recuperación de la inversión.

El VPN (Valor presente neto) refleja el periodo de recuperación de la inversión, para saber si el proyecto es viable, se va a encontrar el VAN (Valor actual neto) y la TIR (Tasa interna de retorno).

Para este procedimiento se utilizará las siguientes formulas:

$$VPN = \sum_{i=1}^n \frac{\text{valores futuros}}{(1 + \text{tasa interés})^n} \quad (71)$$

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{Ft}{(1 + TD)^t} - I_0 \quad (72)$$

$$TIR = \sum_{i=1}^n \frac{Ft}{(1 + TD)^t} - I_0 = 0 \quad (73)$$

Donde:

Ft: Flujo de fondos del periodo t

TD: Tasa de corte o de descuento (costo de capital)

n: Número total de periodos (años)

I<sub>0</sub>: Inversión inicial

En la tabla 113, se observa los costos generados por la mejora de los sistemas en el hotel.

Los sistemas considerados son: generación de vapor, distribución de vapor, sistemas de bombeo e iluminación, además cada uno de estos con sus respectivas consideraciones de mejora

Nota: no está considerado el costo por mano de obra.

Tabla 112. Costos de la inversión en la organización

Áreas	Equipos y accesorios	Modelo	Costo [USD]
Generación de vapor	Quemador	SUNTEO A2VA-7116 2GPH 150-200 Psi	650
	Bomba centrífuga	KSB Etabloc 050-032-200.1	115
	Aislamiento térmico	Rockwool 159 80kg/m <sup>3</sup>	117,94
Distribución de vapor	Mantas	Rockwool 159 80kg/m <sup>3</sup>	537,8
	Tuberías	½ ASTM-A53-C40-GRB-AC	196,9
	Trampas de vapor	Termodinámica TD 52	445,42
	Válvulas de compuerta	BR VAL COMP NTP C150S	386,69
	Accesorios	Descritos en la tabla N. 82	133
Sistemas de bombeo	Sistema 1	EMAUX SB 20	920
	Sistema 2 y 3	KSB Etanorm 40-125	777
	Sistema 4	KSB Etabloc 050-032-200.1	115
	Sistema 5	EMAUX SB 10	721
Iluminación*	Todas las áreas	GLS A60 9W	2 747,47
		GLS A60 5W	
		refLED GU5.3 6W	
TOTAL			7 863,22

Fuente: Autores

En la tabla 114, se puede observar el potencial de ahorro porcentual anual en las áreas detalladas. Este valor representa las pérdidas económicas que se generan en la organización.

El ahorro que se prevee a continuación está analizado en condiciones teóricas, sin embargo cada una de las potenciales mejoras que se adapten a la organización deberán ser evaluadas oportunamente para garantizar el mismo.

Además de se debe seguir un procedimiento acorde, participación del personal técnico calificado y junto con esto; el acompañamiento del personal administrativo.

Tabla 113. Ahorro económico anual por áreas.

Áreas		Ahorro [%]	Ahorro [USD]	
Generación de vapor		30	3 132,72	
Distribución de vapor	Sauna	81,1	117,82	
	Turco	81,1	126,65	
	Hidromasajes	82,17	319,63	
	Piscina niños	83,8	1 713,04	
	Agua termal	81,1	160,58	
Sistemas de bombeo	Piscina grande	17	290,64	
	Hidromasajes internos	59	968,54	
	Alimentación caldera	-	-	
	Hidromasaje exterior	35	307,01	
Iluminación	Administración	-	-	
	Lavandería	72	45,33	
	Vestidores e hidros	80	159,12	
	Bar	55	4,95	
	Comedor restaurant	75	143,1	
	Salón de eventos	55	115,47	
	Cocina	70	145,51	
	Cabaña	Caso 1	55	31,68
		Caso 2	55	13,88
	Hotel	Dormitorio	8,5	22,14
		Baño	30	10,26
	Spa	72	61,02	
	AHORRO		58,88	7 889,09

Fuente: Autores

#### 4.9 Línea de base energética.

Es el comportamiento del hotel en la actualidad, para obtener la línea base de la organización, se parte del consumo energético promedio del mismo; como la empresa no cuenta con un sistema de gestión de la energía, se evaluará el consumo del último año con el número de usuarios que ingresaron en éste, en ese período. Para establecer la línea base se tiene lo siguiente:

Tabla 114. Consumo energético vs. número de usuarios, 2015

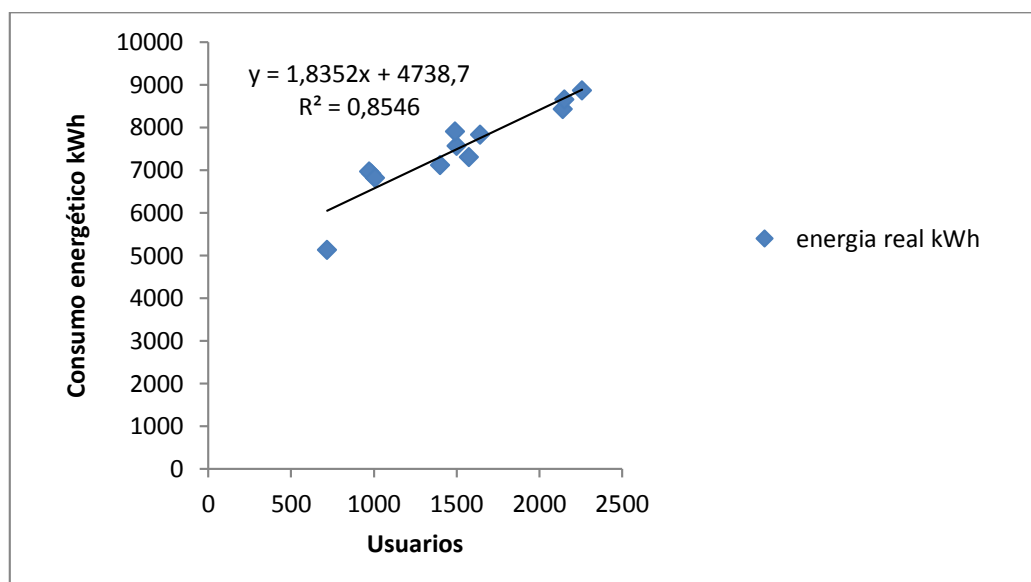
Meses	Consumo [kWh]	Número de usuarios
Enero	8 877	2 258
Febrero	7 842	1 644
Marzo	7 128	1 401
Abril	8 432	2 142
Mayo	6 930	987
Junio	7 579	1 502

Tabla 114. Continuación

Julio	7 315	1 575
Agosto	7 911	1 491
Septiembre	8 667	2 151
Octubre	5 142	717
Noviembre	6 976	972
Diciembre	6 818	1 007

Fuente: Autores

Figura 89. Línea base de consumo energético, enero-diciembre 2015



Fuente: Autores

La ecuación que se obtiene es de la forma:

$$E = m * p + enap$$

Donde:

E: Energía consumida en ese periodo

m: razón del cambio medio del consumo energético respecto del número de usuarios

p: producción asociada a ese periodo

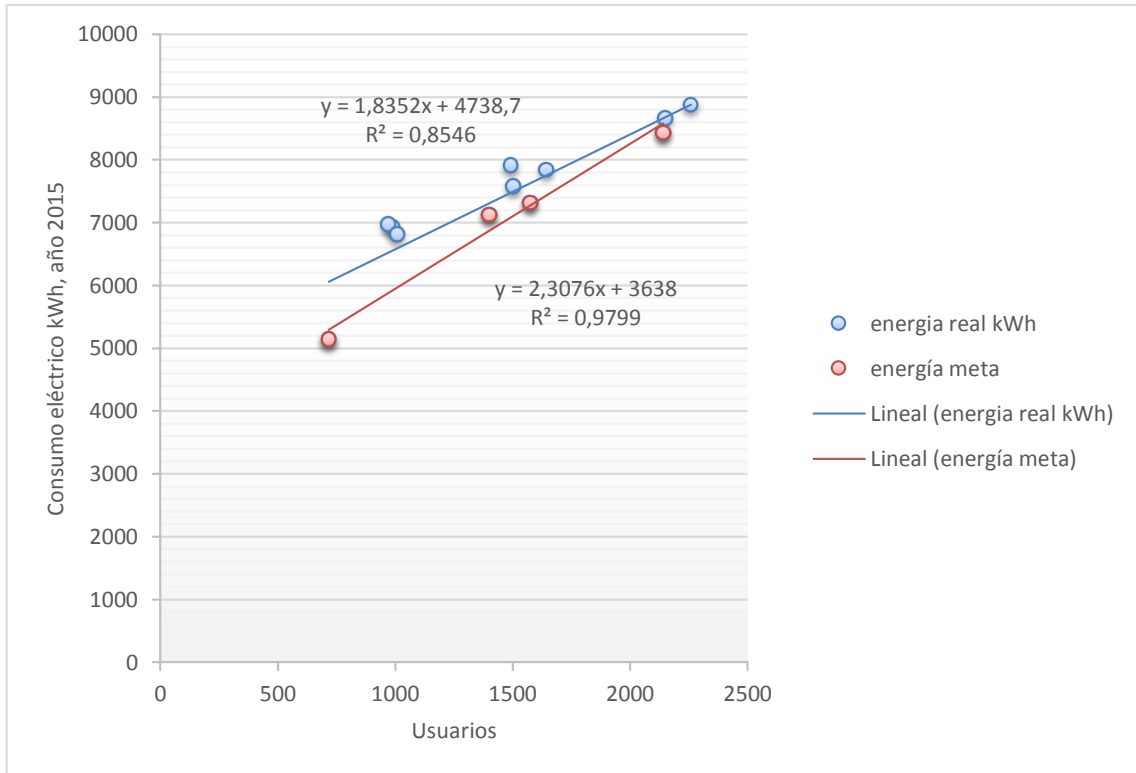
enap: energía no asociada a la producción

En conclusión se tiene que la razón de cambio es de 1,83[kWh/usuario\*mes] y la energía no asociada a la producción es de 4 738,7 [kWh/mes]. El factor de correlación, 0,85 se encuentra dentro del parámetro de aceptabilidad.

#### 4.10 Línea meta energética

La estimación de la línea meta se realiza con los puntos debajo de la línea base, con lo cual se obtiene la siguiente gráfica.

Figura 90. Línea base vs. línea meta (consumo energético), enero diciembre 2015



Fuente: Autores

En conclusión se tiene que la razón de cambio es de 2,3[kWh/usuario\*mes] y la energía no asociada a la producción es de 3 638[kWh/mes]. El factor de correlación, 0,979.

El potencial de ahorro se halla al restar la energía no asociada a la producción (Enap) de las gráficas obtenidas previamente.

$$\text{Potencial de ahorro} = \text{enap línea base} - \text{enap línea meta}, \quad \left(\frac{\text{kWh}}{\text{mes}}\right) \quad (74)$$

$$\text{Potencial de ahorro} = 1\,100,7 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{mes}}\right)$$

Se tiene una notable reducción del consumo de energía, el cual representa 23,22%, esto gracias a la obtención de la línea meta.

Los indicadores de desempeño energético (IDEn) para el hotel están directamente relacionados con los USE previamente mencionados, sin embargo, en el transcurso y

dependiendo de las necesidades de la organización se pueden integrar, suprimir o cambiar otros IDEn. A continuación se detallan los IDEn del hotel.

Tabla 115. IDEn del hotel

Indicador	Descripción	Unidad
Consumo eléctrico por usuario	Relación de consumo eléctrico por usuario que ingresa al hotel	kWh/usuario
Energía eléctrica consumida	Cantidad de energía eléctrica por unidad de tiempo	kWh/año
Pérdidas de calor asociadas a la distribución de vapor	Cantidad de calor perdido en las líneas de distribución de vapor por no estar recubiertas con aislamiento térmico	kJ/año
Costos por pérdidas de calor en la distribución de vapor	Costos relacionados por las pérdidas de calor en las líneas de distribución por no estar recubiertas con aislamiento térmico	\$/m
Consumo específico de iluminación	Relación entre el consumo de energía en el sistema de iluminación y las áreas del hotel	kWh/m <sup>2</sup>
Costo de la energía por usuario	Relación entre precios de facturación de la energía consumida y el usuario que ingresa al hotel	\$/usuario

Fuente: Autores

Ahora se procede a trabajar con el índice de consumo energético, para esto se utilizará la ecuación de la línea base de consumo energético, que posteriormente sirve para hallar la ecuación del índice de consumo energético  $I_c$ ; la relación es la siguiente:

$$I_c = m + \frac{E_{nap}}{U} \quad (75)$$

$$I_c = 1,835 + \frac{4\,738,7E_{nap}}{U}$$

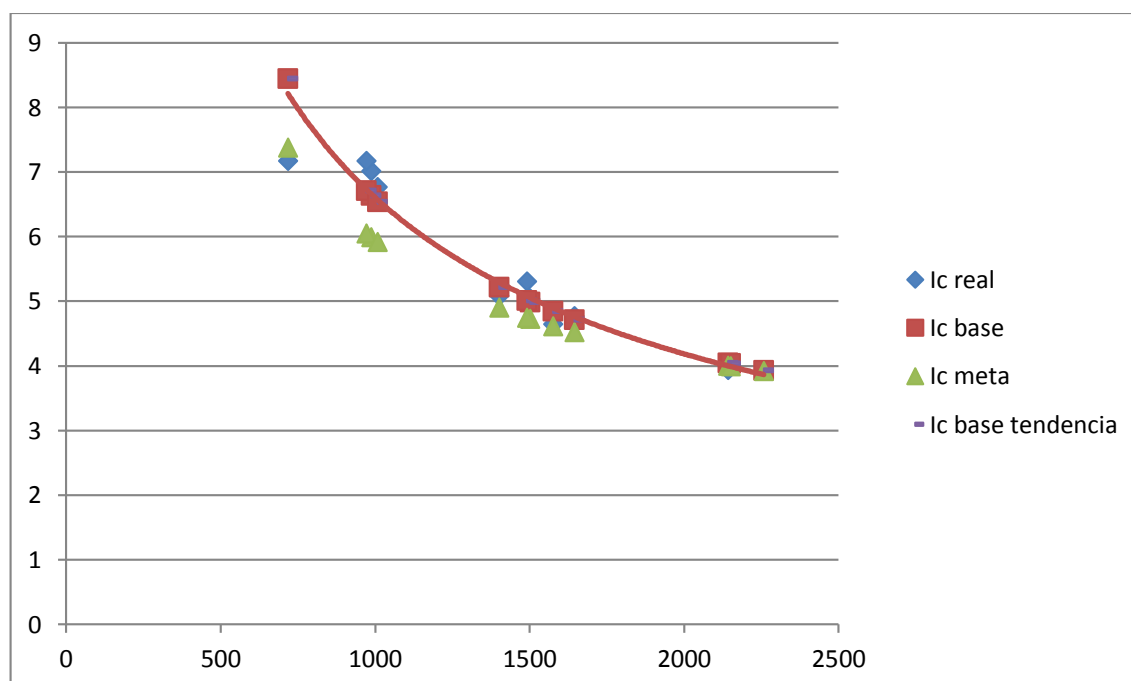


Tabla 116. Cálculo del índice de consumo energético

Meses	Número usuarios	Energía real kWh	Energía base kWh	Energía meta kWh	Ic real kWh/usuario	Ic base kWh/usuario	Ic meta kWh/usuario
Enero	2 258	8 877	8 882,5816	8 848,5608	3,93135518	3,9338271	3,91876032
Febrero	1 644	7 842	7 755,7688	7 431,6944	4,77007299	4,71762092	4,52049538
Marzo	1 401	7 128	7 309,8152	6 870,9476	5,08779443	5,21756974	4,90431663
Abril	2 142	8 432	8 669,6984	8 580,8792	3,93650794	4,04747824	4,0060127
Mayo	987	6 930	6 550,0424	5 915,6012	7,0212766	6,63631449	5,99351692
Junio	1 502	7 579	7 495,1704	7 104,0152	5,04593875	4,99012676	4,72970386
Julio	1 575	7 315	7 629,14	7 272,47	4,64444444	4,84389841	4,61744127
Agosto	1 491	7 911	7 474,9832	7 078,6316	5,30583501	5,01340255	4,74757317
Septiembre	2 151	8 667	8 686,2152	8 601,6476	4,0292887	4,03822185	3,99890637
Octubre	717	5 142	6 054,5384	5 292,5492	7,17154812	8,44426555	7,38151911
Noviembre	972	6 976	6 522,5144	5 880,9872	7,17695473	6,71040576	6,05039835
Diciembre	1 007	6 818	6 586,7464	5 961,7532	6,77060576	6,54095968	5,92031102

Fuente: Autores

Figura 91. Índice de consumo vs. usuarios



Fuente: Autores

Como se puede observar, los puntos que están por debajo de la línea de tendencia (línea base), indican que el consumo de energía por usuario está dentro del régimen correcto; esto quiere decir que el rendimiento por consumo eléctrico es el óptimo. Sin embargo existen puntos por encima de la línea de tendencia, Ic base y Ic meta, que hay que evaluar de manera independiente, ya que existe un mayor consumo de energía sin estar

asociada al usuario. Este índice de consumo energético es un aporte significativo para la evaluación de la organización, ya que es necesario por la relación entre el consumo y el usuario.

El índice de consumo varía entre 3,9 y 7,8 kWh/usuario

Una vez establecido la línea base y línea meta de consumo energético, se procede a evaluar la TIR y el VAN del proyecto, con lo cual se estimará la viabilidad técnica del estudio.

Recuperación de la inversión, se tiene un valor neto de ahorro de 7 889,09 USD, este valor se detalla en la tabla 79.

$$A_m = \frac{7\,889,09 \text{ USD}}{12 \text{ meses}}$$

$$A_m = 657,42 \frac{\text{USD}}{\text{mes}}$$

Tabla 117. Inversión vs. Tiempo de recuperación (n)

Relación mensual	0	1	2	3	.	N
Inversión inicial [USD]	7 863,22	0	0	0	0	0
Ahorro mensual [USD]	0	657,42	657,42	657,42	657,42	657,42
Fondo diferencial en flujo [USD]	7 863,22	657,42	657,42	657,42	657,42	657,42

Fuente: Autores

Donde:

VPN: 7 863,22 USD

Valores futuros : 657,42USD mensual

Tasa interés : (12% anual)

n : tiempo de recuperación de la inversión

Tabla 118. Recuperación de la inversión

Relación Mensual	Inversión	VP	VPN
0	-7863,22	(\$ 7.863,22)	
1	657,42	\$ 650,91	\$ 650,91
2	657,42	\$ 644,47	\$ 1.295,38
3	657,42	\$ 638,09	\$ 1.933,46
4	657,42	\$ 631,77	\$ 2.565,23
5	657,42	\$ 625,51	\$ 3.190,74
6	657,42	\$ 619,32	\$ 3.810,06
7	657,42	\$ 613,19	\$ 4.423,25
8	657,42	\$ 607,12	\$ 5.030,37
9	657,42	\$ 601,11	\$ 5.631,47
10	657,42	\$ 595,15	\$ 6.226,63
11	657,42	\$ 589,26	\$ 6.815,89
12	657,42	\$ 583,43	\$ 7.399,31
13	657,42	\$ 577,65	\$ 7.976,96

Fuente: Autores

Como se puede observar, la recuperación de la implementación de la mejoras dentro de la organización, se da en el décimo tercer mes; esto quiere decir que el proyecto es muy rentable. Los expertos en economía de la ingeniería aseguran o manifiestan, que la recuperación de la inversión en un periodo de doce meses, es lo más viable posible.

$$7\ 889,09 \left( \frac{P}{A}, 12\%, 2 \right) - 7863,22$$

$\left( \frac{P}{A}, 12\%, 2 \right)$ : Ver en las tablas de tasa de interés compuesto, para este caso se tiene un valor de 1,6901

El VAN entonces corresponde a: ecuación N° 71

$$\text{VAN} = 5\ 470,13$$

La TIR tiene un porcentaje de: ecuación N° 72

$$\text{TIR} = 66 \%$$

El proyecto es viable, se tiene la TIR mayor que la tasa de interés.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Analizando el estado de arte se pudo conocer una metodología basada en la norma ISO 50001:2012, la cual se sujeta a varios aspectos o puntos importantes como: requisitos generales, responsabilidad de la dirección, política energética, planificación energética, implementación y operación, verificación y revisión de la dirección.

El análisis previo de diagnóstico en base a la norma; analizados mediante porcentaje de cumplimiento, cumplimiento parcial y no cumplimiento, obtuvieron los siguientes resultados: responsabilidad de la dirección (100% de no cumplimiento), política energética (100% de no cumplimiento) y planificación energética (100% de no cumplimiento). Esto quiere decir que no se ha puesto de manifiesto, por parte de la administración, una evaluación energética que garantice un correcto funcionamiento de los sistemas operativos.

El diagrama de Pareto (diagrama de priorización), presenta las áreas de mayor consumo energético; el análisis a detalle pudo evidenciar el deficiente energético que está presente en la empresa; la pérdida de energía se mantiene en todas las áreas, el sector que mayor pérdidas genera es el de área húmeda (sistemas de generación de vapor, distribución de vapor y sistemas de bombeo).

En la evaluación de consumos energéticos, en el periodo 2013-2015, se pudo visualizar que la energía eléctrica es el energético de mayor consumo con 268055 kWh, sin embargo el de mayor costo es el GLP con un costo total de 42396 USD, esto se debe a que tiene un mayor coste.

Dentro de este contexto y específicamente en el diagrama de sectorización se puede visualizar de una manera más específica y crítica los equipos que contemplan un uso y consumo de energía, éstos son: equipos de bombeo, iluminación y de cocción y refrigeración, desde este particular se encamina a determinar el rendimiento en el HSTMS. El sistema de generación y distribución de vapor se evalúa de una misma manera.

En este estudio se determinó que, diferente al potencial de consumo que se tiene en el HSTMS que sin lugar a duda se hace necesario, hay que analizar la pérdida que se produce a coste de la utilización. Es por ello que se intervendrá de manera directa en aquellos casos.

Las áreas de mayor consumo energético promedio se concentran en la administración con 831,46 kWh, cuarto de máquinas con 3226,518 kWh, y la cocina con 2336,56 kWh. Como se observa, el cuarto de máquinas es el de mayor consumo de energía eléctrica. La cocina presenta un consumo muy significativo, esto debido a la necesidad inherente de la utilización de los equipos que permanecen 24 horas activos.

El análisis técnico económico anual puso en evidencia que de manera global se puede llegar a un ahorro porcentual de 58,88% y económico de 7889,09 USD.

La inversión total por las mejoras dentro de la organización es de 7863,22 USD, con un valor actual neto (VAN) de 5470,13 USD y una tasa interna de retorno (TIR) de 66%, el tiempo de recuperación de la misma es de 13 meses, esto garantiza la inversión.

La capacidad del generador de vapor, de 7,5 BHP de potencia, es de aproximadamente 117 kg/h de producción de vapor; actualmente se está produciendo aproximadamente 66 kg/h, ocasionando una pérdida de 44% del total. Los 51 kg/h se puede ocupar para el calentamiento del agua de los hidromasajes, disminuyendo considerablemente el consumo de GLP en los calefones.

## **5.2 Recomendaciones**

Realizar estudios energéticos pertinentes en un periodo recomendado de mínimo una vez al año bajo la norma establecida ISO 50001:2012, cumpliendo a cabalidad con los ítems establecidos, con la participación de personal técnico y supervisado por la alta dirección, que es la encargada de mantener una mejora continua en la empresa.

Seguir los planes de mejora adoptados en el presente estudio energético, esto con la participación activa del personal de la organización tanto operarios como administrativos, esto garantizará un servicio de calidad.

Implementar un SGE que profundice los lineamientos de consumo energético: base y meta, con lo cual se avale una mejora continua, manteniendo una cultura energética.

Se debe realizar una capacitación técnica a los operarios del área húmeda, para mantener una conciencia de ahorro energético.

Ya que la caldera presenta varios aspectos anti-técnicos, se recomiendan realizar el análisis de gases de combustión cada 6 meses, con el objetivo de mantener un equilibrio ambiental y reducir el consumo de combustible. Además para procurar y verificar que los gases de chimenea fluctúen entre los 200 y 300 grados centígrados, esto evitará la disminución de la eficiencia del generador.

Se hace necesario cambiar el sistema de calefones, por un sistema de intercambiadores de calor para el calentamiento de agua en los hidromasajes, esto debido a que la caldera es capaz de generar 117 kg/h de producción de vapor.

La influencia de la calidad de agua afecta directamente en la eficiencia del generador de vapor, por esta razón es necesario realizar la purificación de la misma. Las incrustaciones, generalmente sales de calcio y magnesio están adheridas a las paredes, dificultando la transferencia de calor hacia el líquido y sobrecalentando la superficie de calefacción, perdiendo además combustible, por esta razón es necesario el retorno de condensado. Adicional a esto se puede agregar químicos o desincrustantes.

## BIBLIOGRAFÍA

**AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS.** *Performance Test Codes*.

**ANESCO.** *Eficiencia Energética en el Mundo*. [En línea]. Chile. [Consulta: 22 de noviembre de 2016]. Disponible en: <http://www.anescochile.cl/eficiencia-energetica-en-el-mundo/>.

**ASADES.** "Determinación experimental de la eficiencia térmica de calentadores de agua para la producción de agua caliente sanitaria". *Avances en Energía Renovables y Medio Ambiente*. [En línea]. 2012, República de la Argentina, Volumen 16. [Consulta: 15 de mayo de 2017]. Número ISSN 0329-5184 Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2012/2012-t008-a006.pdf>.

**BARRERA Ubilluz, Andrea Lizbeth.** La rotación de inventarios y su incidencia en la rentabilidad en Hostería Monte Selva de la Ciudad de Baños de Agua Santa [En línea] (Tesis) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Contabilidad y Auditoría, Escuela de Contabilidad y Auditoría, Ambato, Ecuador. 2016. [Consulta: 2 de octubre de 2016]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/21380>.

**BORROTO, Aníbal & DÍAZ BONIFAZ, Rodrigo.** "Recomendaciones metodológicas para la implemtación de sistemas de gestión de la energía según la norma ISO50001". Cienfuegos: Universo Sur, 2013. ISBN 978-959-257-360-4.

**BOSCH.** "Comparativa de caldera pirotubular y acuotubular". *Informe Técnico*. [En línea] [Consulta: 29 de septiembre de 2016]. Disponible en: [https://www.bosch-industrial.com/files/mng/fb013\\_sp.pdf](https://www.bosch-industrial.com/files/mng/fb013_sp.pdf).

**CISNEROS, Jennyffer Eugenia.** Guía para la aplicación de sistemas de gestión energética orientado a la energía eléctrica, basado en la norma ISO 50001 [En línea] (Tesis) Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Escuela de Ingeniería Eléctrica. Quito, Ecuador. 2014 [Consulta: 12 de Diciembre de 2016]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7749>

**CÓMITE ESPAÑOL DE ILUMINACIÓN.** *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación* [En línea]. Madrid, 2001. [Consulta: 17 de octubre de 2016]. Disponible en: [www.idae.es](http://www.idae.es).

**CONELEC & CELEC, EP.** *Plan Maestro de Electrificación 2013-2022*. [En línea]. Quito, 2013. [Consulta: 6 de Diciembre de 2016]. Disponible en: <https://www.celec.gob.ec/electroguayas/index.php/30-noticias/61-plan-maestro-de-electrificacion-2013-2022>.

**CONUEE.** *Bases para el ahorro de energía en calderas y sistemas de vapor*. [En línea] [Consulta: 28 de marzo de 2017]. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la

Energía, octubre de 2009. Disponible en: [http://www.academia.edu/14135712/P%C3%89RDIDAS\\_POR\\_COMBUSTIBLE\\_NO\\_QUEMADO\\_P%C3%89RDIDAS\\_POR](http://www.academia.edu/14135712/P%C3%89RDIDAS_POR_COMBUSTIBLE_NO_QUEMADO_P%C3%89RDIDAS_POR).

**COPCI.** *Sostenibilidad de la producción y su relación con el ecosistema.* [En línea]. Quito, 22 de diciembre de 2010. Título I, De la Eco-eficiencia y Producción Sostenible. [Consulta: 2 de diciembre de 2016]. Disponible en: <http://www.puertodemanta.gob.ec/wp-content/uploads/2013/02/codigo-organico-de-la-produccion.pdf>

**CÓRDOVA, Carlos & PAREDES, Juan.** Auditoría Energética de los Sistemas Térmicos del Hospital General Docente de Riobamba. (Tesis). [En línea]. ESPOCH, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica, Riobamba-Ecuador. 14 de mayo de 2013. [Consulta: 22 de octubre de 2016]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/3040/1/15T00551.pdf>.

**CORTÉS, Marisol.** Auditoría Energética de un Hotel. Valoración Crítica. (Tesis) [En línea]. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España. 2011. [Consulta: 15 de Diciembre de 2016]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11350/Memòria.pdf>.

**CRANE.** *Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías.* [En línea]. McGRAW-HILL [Consulta: 22 de agosto de 2016]. Disponible en: <http://mecanicafluidos.wikispaces.com/file/view/CRANE+Flujo+de+Fluidos.pdf>.

**CUENCA M., Stalin.** Factibilidad de la Norma ISO 50001 en la Central Hidroeléctrica "Carlos Mora Carrión". [En línea] (Tesis). (Máster en Planificación y Gestión Energética). Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Cuenca, Ecuador. 2013. [Consulta: 15 de Diciembre de 2016]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4636/1/TESIS.%20pdf.pdf>

**DESITEC.** Soluciones Industriales. [En línea] [Consulta: 13 de Enero de 2017]. Disponible en: <http://www.disetec-ec.com/>.

**EMAUX.** Bombas EMAUX. *EMAUX Serie SB.* [En línea] [Consulta: 31 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.emauxgroup.com/es/vmchk/152-bombas-para-piscina/64-sb-series>.

**FIDE & CNEE.** *Asistencia técnica y capacitación para la formación de especialistas en ahorro y uso eficiente de energía eléctrica de Guatemala* [En línea]. Guatemala: 5 de Marzo de 2010. [Consulta: 28 de Noviembre de 2016]. Disponible en: [http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/001%20M%C3%B3dulo%20I%20\(Diagn%C3%B3sticos%20Energ%C3%A9ticos\).pdf](http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/001%20M%C3%B3dulo%20I%20(Diagn%C3%B3sticos%20Energ%C3%A9ticos).pdf)

**GARCÍA DE ALVA MAGOS, Yeudiel T.** Diagnóstico Energético para Equipos de Refrigeración en Tiendas de Conveniencia. [En línea] (Tesis). (Máster y Doctorado en Ingeniería en Energía). Universidad Nacional Autónoma de México, 2014. [Consulta:



29 de agosto de 2016]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/7131/Tesis%20pdf.pdf?sequence=1>.

**GARCÍA Silva, Julio & VINZA Carvajal, Iván.** Implementación de un sistema de gestión energética en base a la norma iso 50001 para la empresa “la Ibérica”. [En línea] (Tesis) ESPOCH, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica, Riobamba, Ecuador. 2015. [Consulta: 19 de julio de 2016]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4496/1/15T00611.pdf>

**GUEVARA, Siulmar Patricia.** Diagnostico Energético en el Hotel Alba Caracas. [En línea] (Tesis) Universidad Simón Bolívar, Coordinación de Ingeniería Eléctrica. Sartenejas, Venezuela. 2010. [Consulta: 6 de Diciembre de 2016]. Disponible en: <http://159.90.80.55/tesis/000147942.pdf>

**Guía de Gestión Energética en el Sector Hotelero.** *Madrid ahorra con energía.* [En línea] Madrid 2007. [Consulta: 7 de Diciembre de 2016]. Disponible en: [www.madrid.org/bvirtual/BVCM005695.pdf](http://www.madrid.org/bvirtual/BVCM005695.pdf).

**GUTIERRÉZ, Humbeto & SALAZAR, Román.** *Control estadístico de la calidad i seis sigma.* 2da ed. México: McGraw-Hill, 2009.

**HERNÁNDEZ, Miguel & LABRADOR, Luis.** *Diagnóstico Energético.* [En línea] [Consulta: 15 de Noviembre de 2016]. Disponible en: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia25/HTML/articulo09.htm>.

**HIDRO TERMAL.** Bombas Hidro termal. *Hidro SWIM.* [En línea] [Consulta: 31 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.hidro-termal.com/es/equipments.php?lm=78>.

**HOLMAN, J. P.** *Transferencia de calor.* 8va ed. Madrid: McGraw-Hill, 1999.

**INAMHI.** *Anuario Meteorológico.* [En línea] 2014. [Consulta: 28 de noviembre de 2016]. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>.

**INCROPERA, Frank & DEWITT, David.** *Fundamentos de transferencia de calor.* 4ta ed. México: Pretince Hall, 1999

**KSB.** Bombas KSB. *Bombas, automatización.* [En línea] [Consulta: 31 de mayo de 2017]. Disponible en: <https://www.ksb.com/blob/871066/42b45a8bd7a4ec1b2aec7c91e9c9b12d/bombas-automatizaci%C3%B3n-data.pdf>.

**MATAIX, Claudio.** *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas.* 2da ed. Madrid: Ediciones del castillo, 1993.

**MEER.** Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. [En línea]. 2016. [Consulta: 10 de Diciembre de 2016] <https://www.energia.gob.ec/direccion-de-eficiencia-energetica/>.

**MEER; et al.** *Plan de Normalización y Etiquetado*. [En línea]. Quito, 2015. Programas y Servicios. [Consulta: 12 de diciembre de 2016]. Disponible en: <http://www.energia.gob.ec/plan-de-normalizacion-y-etiquetado/>.

**MICSE.** *Balance Energetico Nacional 2015*. [En línea]. Quito, 2015. [Consulta: 29 de Noviembre de 2016]. Disponible en: <http://www.sectoresestrategicos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/01/Resumen-Balance-Energe%CC%81tico-20151.pdf>

**MAE.** *Punto Verde*. [En línea]. Quito, 2015. Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental Punto Verde – Acuerdo Ministerial 131. [Consulta: 15 de Diciembre de 2016]. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/punto-verde/>.

**NTE INEN 2 260:2010. 2010.** Instalaciones de gases combustibles para uso residencial, comercial e industrial. *Poder calorífico superior del GLP*. [En línea] 2010. [Citado el: 16 de mayo de 2017.] <https://archive.org/stream/ec.nte.2260.2010#page/n3/mode/2up>.

**NTE INEN-ISO 50001:2012.** *Sistemas de Gestión de la Energía. Requisitos con Orientación para su Uso*. [En línea]. Quito: INEN, 2012. [Consulta: 15 de Diciembre de 2016]. Disponible en: [tent/uploads/.../nte\\_inen\\_iso\\_50001extracto.pdf](http://www.inen.gov.ec/wp-content/uploads/.../nte_inen_iso_50001extracto.pdf).

**OECC, MAAMA. 2016.** *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora en una organización*. [En línea]. España: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, octubre de 2016. [Consulta: 31 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://publicacionesoficiales.boe.es/>. NIPO: 280-14-241-8.

**ONU. ASAMBLEA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS.** *Desarrollo Sostenible*. [En línea] [Consulta: 2 de febrero de 2017]. Disponible en: <http://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>.

**PEDROLLO.** Bombas Pedrollo. *Electrobombas centrífugas, multicelulares*. [En línea] [Citado el: 31 de mayo de 2017] <http://pdf.directindustry.es/pdf/pedrollo/2-4cr-electrobombas-centri-fugas-multicelulares/28932-571153.html>.

**PENTAIR.** Bombas Pentair. *Pentair Dynamo*. [En línea] [Citado el: 31 de mayo de 2017] <http://pdf.archiexpo.es/pdf/pentair-11019.html>.

**PLAUCHÚ, Jorge Alberto.** *Código de Pruebas de Potencia ASME PTC 4.1 para Generadores de Vapor*. [En línea]. Michoacán-México [Consulta: 15 de octubre de 2016]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/44190480/interpretacion-del-Codigo-PTC-4-1>.

**Registro Oficial Órgano del Gobierno del Ecuador.** *Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica*. [En línea]. Quito, 16 de Enero de 2015. [Consulta: 10 de Diciembre de 2016]. Disponible en: [http://laradio.asambleanacional.gob.ec/system/files/registro\\_oficial\\_n\\_418\\_ley\\_organica\\_del\\_servicio\\_publico\\_de\\_energia\\_electrica.pdf](http://laradio.asambleanacional.gob.ec/system/files/registro_oficial_n_418_ley_organica_del_servicio_publico_de_energia_electrica.pdf)

**ROMERO, Norhangelica Laiton.** Viabilidad técnica y operativa para implementar un sistema de gestión energética (SGE) en una refinería de Colombia basado en la metodología del estándar ISO50001. [En línea] (Tesis) (Máster en Ingeniería Eléctrica). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Bogotá, Colombia. 2013. [Consulta: 5 de Diciembre de 2016]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/12885/1/300261.2014.pdf>.

**SAAVEDRA, Néstor; et al.** Diagnóstico Energético en el Centro de Salud LEONEL RUGAMA, en ESTELÍ, NICARAGUA. [En línea] (Tesis) (Máster en Energías Renovables y Sostenibilidad). Universidad Politécnica de Cataluña Barcelona, España. 2010. [Consulta: 5 de Diciembre de 2016]. Disponible en: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/.../G10-2009-EST\\_MEMORIA.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/.../G10-2009-EST_MEMORIA.pdf).

**SALVADOR, Juan Pablo Sotomayor.** Análisis y evaluación preliminar del sector turístico. [En línea] (Tesis). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ciencias Humanas, Escuela de Hotelería y Turismo. Quito, Ecuador. 2011. [Consulta: 21 de agosto de 2016]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/5465/T-PUCE-5693.pdf?sequence=1>.

**SENPLADES.** *Plan Nacional de Desarrollo.* [En línea]. Quito: Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, 24 de junio de 2013. [Consulta: 14 de octubre de 2016]. ISBN: 978-9942-07-448-05. Disponible en: [www.planificacion.gob.ec](http://www.planificacion.gob.ec).

**SHAMES, Irving.** *Mecánica de fluidos.* 3ra ed. Bogotá : McGraw-Hill, 1995.

**SOTELO, Gilberto.** *Hidráulica general.* México : Limusa, 1997.

**UPME&COLCIENCIAS,** Eficiencia Energética en la Generación y Distribución de Vapor. *Universidad Autónoma de Occidente, Universidad del Atlántico.* [En línea] [Consulta: 14 de Noviembre de 2016]. Disponible en: [www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/vapor.pdf](http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/vapor.pdf).

**ZUBICARAY, Viejo.** *Bombas. Teoría, Diseño y Aplicaciones.* 2da ed. México: Limusa, 2000.

# **ANEXOS**