



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado

**PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE
ENERGÍA, VAPOR Y AGUA (EVA) DEL HOSPITAL DE
ACCIDENTES 7-19, ÁREA DE QUIRÓFANOS**

Ing. Fernando Estuardo Molina Solares
Ing. Walfred Elías Taracena Jiménez

Asesorado por: Msc. Ing. Edgar Leonel Ortiz Castillo

Guatemala, agosto de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE
ENERGÍA, VAPOR Y AGUA (EVA) DEL HOSPITAL DE
ACCIDENTES 7-19, ÁREA DE QUIRÓFANOS**

TRABAJO DE TESIS

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA POR

**ING. WOLFRED ELÍAS TARACENA JÍMENEZ
ING. FERNANDO ESTUARDO MOLINA SOLARES**

AL COFERÍRSELES EL TÍTULO DE
MAESTRO EN ENERGÍA Y AMBIENTE

GUATEMALA, AGOSTO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III:	Ing. Miguel Ángel Dávila
VOCAL IV:	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V:	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO:	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR:	Ing. Cesar Augusto Aku Castillo
EXAMINADOR:	Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
EXAMINADOR:	Ing. Edgar Leonel Ortiz Castillo
SECRETARIO:	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presentamos a su consideración nuestro trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ENERGÍA, VAPOR Y AGUA (EVA) DEL HOSPITAL DE ACCIDENTES 7-19, ÁREA DE QUIRÓFANOS

Tema que se nos fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Postgrado, en el año 2010.

F _____
Ing. Walfred Elias Taracena Jiménez

F _____
Ing. Fernando Estuardo Molina Solares

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios
de Postgrado

Como Revisor de la Maestría en Energía y Ambiente del trabajo de tesis de graduación titulado **PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ENERGÍA, VAPOR Y AGUA (EVA) DEL HOSPITAL DE ACCIDENTES 7-19, ÁREA DE QUIRÓFANOS** Presentado por el Ingeniero Mecánico **Fernando Estuardo Molina Solares**, apruebo el presente y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Dr. Olmedo España Calderón
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, Julio de 2011.

/la.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios
de Postgrado

Como Coordinador de la Maestría en Energía y Ambiente, y revisor del trabajo de tesis de graduación titulado **PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ENERGÍA, VAPOR Y AGUA (EVA) DEL HOSPITAL DE ACCIDENTES 7-19, ÁREA DE QUIRÓFANOS**, presentado por el Ingeniero Mecánico **Fernando Estuardo Molina Solares**, apruebo y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
Coordinador
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, Julio de 2011.

/la.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios
de Postgrado

El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística del trabajo de tesis de graduación titulado **PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ENERGÍA, VAPOR Y AGUA (EVA) DEL HOSPITAL DE ACCIDENTES 7-19, ÁREA DE QUIRÓFANOS** presentado por el Ingeniero Mecánico **Fernando Estuardo Molina Solares**, apruebo el presente y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Dr. Olmedo España Calderón
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, Julio de 2011.

/la.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. D. Postgrado 005.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Postgrado, al trabajo de graduación de la Maestría Energía y Ambiente titulado: **PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ENERGÍA, VAPOR Y AGUA (EVA) DEL HOSPITAL DE ACCIDENTES 7-19, ÁREA DE QUIRÓFANOS**, presentado por el Ingeniero Mecánico **Fernando Estuardo Molina Solares** procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval border. The signature is somewhat stylized and difficult to read in detail.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, Julio de 2011.

/la

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios
de Postgrado

Como Revisor de la Maestría en Energía y Ambiente del trabajo de tesis de graduación titulado **PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ENERGÍA, VAPOR Y AGUA (EVA) DEL HOSPITAL DE ACCIDENTES 7-19, ÁREA DE QUIRÓFANOS** Presentado por el Ingeniero Civil **Walfred Elías Taracena Jiménez**, apruebo el presente y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Dr. Olmedo España Calderón
Director
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, Julio de 2011.

/la.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios
de Postgrado

Como Coordinador de la Maestría en Energía y Ambiente, y revisor del trabajo de tesis de graduación titulado **PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ENERGÍA, VAPOR Y AGUA (EVA) DEL HOSPITAL DE ACCIDENTES 7-19, ÁREA DE QUIRÓFANOS**, presentado por el Ingeniero Civil **Walfred Elías Taracena Jiménez**, apruebo y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortiz
Coordinador
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, Julio de 2011.

/la.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios
de Postgrado

El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística del trabajo de tesis de graduación titulado **PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ENERGÍA, VAPOR Y AGUA (EVA) DEL HOSPITAL DE ACCIDENTES 7-19, ÁREA DE QUIRÓFANOS** presentado por el Ingeniero Civil **Walfred Elías Taracena Jiménez**, apruebo el presente y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Dr. Olmedo España Calderón
Director
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, Julio de 2011.

/la.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. D. Postgrado 004.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Postgrado, al trabajo de graduación de la Maestría Energía y Ambiente titulado: **PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ENERGÍA, VAPOR Y AGUA (EVA) DEL HOSPITAL DE ACCIDENTES 7-19, ÁREA DE QUIRÓFANOS**, presentado por el Ingeniero Civil **Walfred Elías Taracena Jiménez** procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, stylized handwritten signature in black ink, consisting of several loops and vertical strokes.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, Julio de 2011.

/la

ACTO QUE DEDICO

A MIS PADRES	Que son el ejemplo de amor eterno.
A MI ESPOSA	Por ser la base de mi vida.
A MIS HERMANOS	Porque si ustedes este sueño nunca podría haber sido realidad.
A MIS TIAS	Por ser el ejemplo de mi vida.

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. HOSPITAL SUSTENTABLE	1
1.1. Los edificios sustentables en el área de salud.....	1
1.1.1. Reciclaje de basura y su clasificación.....	2
1.1.2. Manejo sustentables de residuos hospitalarios.....	3
1.1.3. Uso de energías renovables para la iluminación	3
1.1.4. Uso de energías renovables para el calentamiento y bombeo del Agua.....	3
1.1.5. Recolección y reutilización de agua de lluvia.....	4
1.1.6. Reutilización del agua (Tratamiento de aguas residuales; aguas grises y aguas negras).....	4
1.1.7. Aditamentos y materiales para la optimización de los recursos....	5
1.1.8. Control de emisiones atmosféricas	5
1.1.9. Arquitectura sustentable	6
2. USO EFICIENTE DE LOS RECURSOS DE ENERGÍA, VAPOR Y AGUA ..	7
2.1. Energía eléctrica	7

2.1.1. El consumo de energía eléctrica.....	7
2.1.2. Recomendaciones para afrontar la problemática de energía eléctrica en el área de quirófanos.....	9
2.1.3. Tensiones de utilización	10
2.1.3.1. Instalaciones eléctricas en quirófanos	12
2.1.3.1.1. Medidas de protección.....	12
2.1.3.1.2. Suministros complementarios.....	15
2.1.3.1.3. Medidas contra el riesgo de incendio ó explosión	15
2.1.3.1.4. Control y mantenimiento	17
2.1.4. Tomas de tierras.....	17
2.1.4.1. Instalaciones.....	17
2.1.4.2. Elementos a conectar a tierra	18
2.1.4.3. Puntos de puesta a tierra.....	19
2.1.4.4. Líneas principales de tierra derivaciones.....	19
2.1.5. Protección contra contactos indirectos	20
2.1.5.1. Sistemas de protección	21
2.1.5.2. Cuadro general de distribución	22
2.1.6. Conductor	22
2.1.6.1. Conductores activos	23
2.1.6.2. Caídas de tensión	23
2.1.6.3. Conductores de protección	24
2.1.6.4. Identificación de los conductores	24
2.1.7. Dispositivos privados de mando y protección.....	24
2.1.7.1. Situación y composición	25
2.1.7.2. Características principales de los dispositivos de	

protección.....	25
2.1.8. Planta de emergencia	26
2.1.9. Ideas practicas para ahorras energía.....	26
2.1.10. Iluminación de Emergencia.....	27
2.2. Vapor calderas (generación de vapor)	31
2.2.1. El vapor, como energía	31
2.3. Agua.....	35
2.3.1. El consumo de agua	36
2.3.2. Usos y consumo de agua dentro de las unidades de salud	36
2.3.2.1. Aguas residuales.....	37
2.3.2.2. Manejo de aguas residuales	39
2.3.2.3. Alternativas de tratamiento	39
2.3.3. Ciclo eficiente del agua en el hospital	40
2.3.4. Suministro continuo de agua.....	40
2.3.5. Ideas prácticas para ahorrar agua	42
3. QUIRÓFANOS.....	43
3.1.Sala de operaciones generales.....	43
3.2. Sala de operaciones especiales	44
3.3. Equipos de comunicación	45
3.4. Distribución de gases medicinales.....	46
3.4.1. Supervisión y control de gases medicinales	46
3.4.1.1. Gases médicos	47
3.4.1.2. Máxima perdida e presión permisible.....	49
3.4.1.3. Abastecimiento y distribución de aire comprimido	50

3.5. Diagnostico energético	53
4. APLICACIÓN DEL AHORRO ENERGÉTICO Y LA UTILIZACIÓN DE SISTEMAS SOLARES	57
4.1. Hospitales y unidades de salud	58
4.1.1. Soluciones para ahorrar energía y reducir costes	60
4.1.1.1. Análisis del uso de la energía y gasto energético.....	60
4.1.1.2. Optimización de las tarifas y contratación	62
4.1.1.2.1. Estrategias.....	62
4.1.1.3. Monitorización del consumo energético.....	62
4.1.1.4. Ideas prácticas par ahorrar energía	63
4.1.1.5. Control de bombas y ventiladores en los edificios	64
4.1.1.6. Control de refrigeración	65
4.1.1.7. Control de aplicaciones en los servicios médicos.....	65
4.1.1.8. Control de iluminación	65
4.1.1.9. Control calefacción, ventilación y a/a (hvac).....	66
4.1.1.10. Automatización de edificios	68
4.1.2. Ahorro en el costo de la energía eléctrica	68
4.2. Utilización de sistemas solares.....	69
4.2.1. Características técnicas.....	69
4.2.2. Utilización del agua caliente	70
4.2.3. Funcionamiento y mantenimiento	70
4.2.4. Ahorros de combustible	70
4.2.5. Inversión y rentabilidad.....	71
4.2.6. Ventajas.....	71

4.3. Análisis de pérdidas y ahorro de energía.....	72
4.4. Recomendaciones operacionales den calderas y fugas de vapor del sistema de distribución.....	73
4.4.1. Reducción del calor perdido en fugas	73
4.4.2. Recuperación de calor de la purga continua	73
4.4.3. Optimización de la combustión en el generador de vapor	74
4.4.4. Limpieza de la caldera	74
4.4.5. Recomendaciones operacionales en el aislamiento	74
4.4.6. Recomendaciones operacionales en fugas de vapor del sistema de distribución	75
4.4.7 Optimización de eficiencia en la producción de vapor	75
4.4.8. Eficiencia económica en el uso industrial de calderas	76
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES.....	81
REFERENCIAS	83
BIBLIOGRAFÍA.....	85

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Esquema general de la instalación eléctrica de un quirófano	14
2	Equipo de quirófanos	16
3	Iluminación	26
4	Ciclo de vapor Ideal	32
5	Ciclo de vapor real	33
6	Ciclo de agua en el hospital	36
7	Sistema de agua	39
8	Desarrollo sostenible	57
9	Programa de comité de ahorro de energía	59
10	Sistema de aire acondicionado	64
11	Consumo de combustible en caldera incrustada	77

TABLAS

I	Tuberías horizontales	46
II	Plan de acción para comité de ahorro de energía	54
III	Formato a considerar en el comité de ahorro de energía	55
IV	Propuesta para ahorro energético	61
V	Ahorro en sistemas de vapor	67
VI	Ahorro por regulación de combustión	71

GLOSARIO

Accesorios de caldera Los elementos útiles o necesarios que, en conjunto con la caldera, integran *un generador de vapor*.

Acumulador de vapor Recipiente a presión destinado a almacenar, durante el período de menor demanda, el exceso de vapor.

Antropogénico Se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana. El término normalmente se usa para describir contaminaciones ambientales en forma de desechos químicos o biológicos como consecuencia de las actividades económicas, tales como la producción de dióxido de carbono por consumo de combustibles fósiles.

Autoclave El recipiente metálico destinado al tratamiento de materiales con vapor a presión superior a la atmosférica.

Caldera de Vapor Es el recipiente metálico en el que se genera vapor a presión mediante la acción.

Caldera de tubos de humo Aquellas en que los gases y humos, provenientes de la combustión pasan por tubos que se encuentran sumergidos en agua.

Calderas de tubo de agua (Acuotubulares) Aquellas en que los gases y humos, provenientes de la combustión rodean tubos por cuyo interior circula agua.

Cámara de alimentación de caldera El espacio comprendido entre los niveles máximo y mínimo del agua.

Depurador de agua de alimentación de calderas Dispositivos por los cuales se hace pasar el agua de alimentación de la caldera con el fin de reducir sus impurezas. Son depuraciones de agua: los filtros, los ablandadores, desmineralizadores, desaeradores y evaporadores.

Desincrustantes Substancias que: evitan la precipitación de sales en forma adherente, y las precipitaciones y adherencias ya formadas.

Dureza del agua Contenido de las sales de calcio y de magnesio, principalmente, que producen depósitos de incrustaciones en las planchas de la caldera.

Evaporar o vaporizar Convertir un líquido al estado físico de vapor, mediante suministro de calor

Economizador La parte o sistema de un generador de vapor que sirve para calentar previamente el agua de alimentación de la caldera, aprovechando el calor contenido en los humos y gases.

Generador de Vapor El conjunto o sistema formado por una caldera y sus accesorios, destinados a transformar un líquido en vapor, a temperatura y presión diferente a la atmosférica de calor.

Hogar o caja de fuego La parte del generador de vapor en que se efectúa la combustión.

Manómetro El instrumento destinado a medir la presión efectiva producida por el vapor en el interior de la caldera.

Presión La acción y el efecto resultante de la compresión de un cuerpo o de un fluido sobre una superficie

Presión máxima de trabajo La presión límite a la que puede trabajar con seguridad una caldera o generador de vapor, o la presión extrema que resiste un recipiente sujeto a presión

Superficie de calefacción de una caldera de vapor La superficie en contacto con los gases y humos de combustión por un lado, y con el agua por el otro, medida esta superficie por el lado que está en contacto con los gases y humos.

Superficie de calefacción directa Aquella parte de la superficie de calefacción en que la transmisión del calor se verifica principalmente por radiación directa.

Superficie de calefacción indirecta La parte de la superficie de calefacción en que la transmisión del calor se verifica por convección y no por radiación.

Sobre calentador o recalentador de vapor Sistema de un generador de vapor que sirve para elevar la temperatura del vapor por encima de la del vapor saturado, sin aumentar la presión.

Tapón fusible Accesorio de seguridad que se basa en la fusión de una aleación de bajo punto de fusión, cuando la temperatura del vapor o del palastro excede de esa temperatura.

Unidad normal de presión La atmosférica métrica, que es igual a 1 kilogramo por centímetro cuadrado. Las presiones efectivas se entenderán medidas a partir de la presión atmosférica del ambiente y no las presiones absolutas medidas a partir del vacío. Una atmósfera métrica equivale a 14,22 libras por pulgada cuadrada. La unidad inglesa de presión, designada “PSI” (Pounds Square Inch), es una libra por pulgada cuadrada.

Vapor saturado El que se encuentra en contacto con el líquido por evaporar, sin sobrepasar la temperatura de evaporación.

Vapor sobrecalentado o recalentado El que se encuentra a temperaturas superiores a la que corresponde al vapor saturado a la misma presión.

RESUMEN

Este documento no pretende ser la solución a todos los problemas y complicaciones energéticas, aunado a la escasez de agua que se nos presentan a diario en nuestras unidades hospitalarias, sino que busca la concientización de los trabajadores y de los pacientes afiliados a la institución, sobre el origen y uso de esos elementos que de cierta manera nos producen un confort y bienestar, facilitándonos las arduas tareas cotidianas en el trabajo y la recuperación normal de los pacientes, etc.

Estos elementos son la Energía, el Vapor y el Agua (EVA). Debemos entender que el costo en producirlos, transformarlos y transportarlos es muy elevado, y que las pérdidas porcentuales normales de estos mismos elementos son también muy altas; sin dejar por un lado la contaminación que producen directa e indirectamente al producirlos y utilizarlos. Se pretende comprensión fácil de la problemática y uso racional del EVA, siendo además posible un cambio en el respeto hacia la naturaleza, en su conservación y en su sostenibilidad. Aquí se plantea un rumbo distinto para transformar la unidad de quirófano, sin deficiencias de energía; con uso racional del líquido vital y su reutilización; con instalaciones y equipos más modernos y eficientes, con mantenimientos preventivos y correctivos aplicados a tiempo; con sus construcciones, remodelaciones y edificaciones adecuadas para la atención de salud digno para la población trabajadora, y arquitectónicamente bien formulada. Esta transformación va dirigida en convertir esta unidad común que conocemos, en un quirófano saludable desde el punto de vista social, económico y ecológico, lo que significa convertirlo en un quirófano sustentable.

Con un diseño arquitectónico de enfoque nuevo, con la visión de ahorro de energía, la utilización y aplicación de energías renovables que conllevarán a ahorros de energía y por consiguiente ahorro económico; como también la reutilización del agua potable y su tratamiento de aguas residuales. Los mantenimientos preventivos y correctivos a las antiguas instalaciones con tecnología obsoleta, que lejos de resolver nuestros problemas cotidianos, aumenta el consumo de energía eléctrica, se escasea el agua y el vapor no es generado óptimamente, perdiendo mucho dinero y tiempo en fugas en los tres sistemas que conforman el EVA.

El Proyecto EVA debe ser tomado como la Piedra Angular para esa transformación y readecuación de nuestras unidades hospitalarias y nuestra mentalidad. Este proyecto es el Marco de Referencia en el cual deben surgir las directrices fundamentales para cada especialidad técnica que involucre cada uno de los sistemas incluyentes en el EVA. Cada una de las directrices fundamentales, derivadas de este proyecto, deberá apoyarse en un estudio concienzudo (técnico o científico) de la situación particular, en que se está desarrollando cada sistema del EVA dentro nuestra unidad de salud. Esto significa la realización y elaboración de un diagnóstico puntual, un análisis y una síntesis de la situación momentánea actual en que se encuentra la unidad, para profundizar los problemas encontrados, y elaborar un plan para enfrentarlos de la mejor manera posible. Este plan o planes darán origen a proyectos específicos de cambio, por ejemplo el aprovechamiento de la energía solar térmica y fotovoltaica; la reutilización del agua potable y de lluvia, la utilización de energía eólica y/o hidráulica para la generación de electricidad, entre otros.

OBJETIVOS

GENERAL

Proponer un plan de mejoramiento para el sistema de energía, vapor y agua en el área de quirófanos del hospital de accidentes 7-19.

ESPECIFICOS

1. Conocer y describir las cualidades energéticas y ambientales que están relacionadas con los hospitales.
2. Analizar y diagnosticar los recursos de energía, vapor y agua con los que cuenta la unidad de quirófanos del hospital 7-19.
3. Proporcionar lineamientos metodológicos que permitan la obtención de soluciones flexibles a los problemas de la optimización en el uso de energía, vapor y agua.
4. Realizar un análisis sobre que energía renovable puede ser aplicada con mayor eficiencia en el sistema de energía, vapor y agua utilizado en el área de quirófanos del hospital de accidentes 7-19.

INTRODUCCIÓN

En múltiples ocasiones hemos pensado que los problemas globales del medio ambiente atañen solamente a los países desarrollados, y que Guatemala escapa a esa capacidad de actuación, pero en buena parte de estos problemas contribuimos con nuestro modelo de producción y de consumo, del cual en gran medida somos responsables. Por ejemplo, cuando oprimimos el interruptor de la luz para iluminar nuestro espacio, contribuimos a que ocurran fenómenos en cadena indeseables para el planeta, como el efecto invernadero, la lluvia ácida, el agujero de la capa de ozono, la desertización o la extinción de las especies. Por eso tenemos que estar conscientes de que una simple acción de nuestra parte, puede tener grandes consecuencias.

Las medidas sustentables, implementadas en hospitales y unidades de salud alrededor del mundo hasta el momento, son el resultado de la concientización de que el uso desmedido de energías no renovables y recursos naturales, se están agotando y asimismo están modificando el medio ambiente; sin embargo, aun son escasas, poco conocidas y más aún poco aplicadas en nuestra institución. Para entender de una mejor manera lo que significa un hospital sustentable, veamos primero que definió la ONU, en la Comisión Brundtland, en 1987, como “Desarrollo Sustentable”: *Es aquél que satisface las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.*

Por lo tanto debemos entender como Hospital Sustentable a aquel en el que se incorporan elementos en espacios arquitectónicos y procedimientos de atención, para fortalecer las condiciones de salud para la gente en general y el ambiente, para que sea más eficiente en el manejo de la energía y recursos, y para evitar y/o erradicar las barreras culturales y facilitar el acceso de los usuarios. También incorpora integralmente, diversos elementos para la atención y fortalecimiento de la salud, desde los aportes que ofrecen diferentes modelos médicos. La visualización de los beneficios ambientales, económicos y sociales de implementar estrategias sustentables en los hospitales, además de conocer las características, sistemas, procedimientos y materiales que conforman un hospital sustentable, desde la estructura arquitectónica hasta el manejo de los recursos y residuos, para lograr que el impacto ambiental sea mínimo.

El sistema climático mundial está experimentando una alteración de origen antropogénico asociada a las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación de agua producida por la producción y utilización de la energía no renovable. El actual modelo energético ha demostrado que no es sustentable, por tal motivo es necesario aprovechar las nuevas formas de energías existentes tales como la solar, eólica e hidráulica.

1. HOSPITAL SUSTENTABLE

El hospital, además de ser convencionalmente un espacio para atender la enfermedad, debe ser un instrumento para favorecer la salud, tanto de los usuarios, prestadores y pacientes hospitalizados, como de la población que habita en los alrededores del mismo; En los diseños de espacios para la salud y uso de equipo es necesario evitar el derroche de energía y recursos en su operación. Un hospital sustentable tiene el objetivo de atender, diagnosticar y dar tratamiento a los pacientes, mediante el uso de tecnologías inteligentes, mayor respeto por los recursos naturales y aplicación de las practicas renovables y autosuficientes, es decir, crear un hospital saludable, viable económicamente y sensible a las necesidades ambientales y sociales de la comunidad.

1.1. Los edificios sustentables en el área de salud

Un hospital y/o unidad de salud eficiente, satisface de forma equilibrada las necesidades del usuario y el medio ambiente, además de consumir menos recursos y reducir la contaminación y residuos generados. Considerar que un sistema es sustentable involucra tres dimensiones fundamentales: a) sustentabilidad ecológica, b) social, y c) económica. Hospital y/o unidad de salud saludable, debe ser viable económicamente y sensible a las necesidades ambientales y sociales de la comunidad.

El reducir la generación de contaminantes en los hospitales requiere de implementar procedimientos, productos, materiales y sistemas para el re-uso, reciclado y uso eficiente de los recursos. Las medidas que se pueden tomar son:

1. Reciclaje de basura y su clasificación.
2. Manejo sustentable de residuos hospitalarios.
3. Uso de energías renovables para la iluminación.
4. Uso de energías renovables para el calentamiento y bombeo del agua.

Cada una de ellas, permiten el aprovechamiento de recursos en diferentes áreas del hospital y contribuyen a reducir los residuos, emisiones y contaminación que esté genera. Los sistemas y procedimientos que se implementan son de acuerdo a las capacidades, necesidades, instalaciones y la ubicación del hospital.

1.1.1. Reciclaje de basura y su clasificación

Para un proceso adecuado de reciclaje, es importante la clasificación de la basura ya que entre más específica sea la clasificación, más fácil y rentable es el proceso de reciclaje. Una opción para clasificar la basura puede ser, a manera de ejemplo, de la siguiente manera: a) Infecciosos o patogénicos; b) Orgánicos (Residuos de cocina, Aceites); c) Inorgánicos (Papel, Aluminio, Vidrio, Metal, PET (Poli Etilén Tereftalato) o Plástico); d) Residuos químicos peligrosos (tóxicos, corrosivos, reactivos, inflamables, etc.); e) Materiales radioactivos.

1.1.2. Manejo sustentables de residuos hospitalarios

Minimizar el volumen de los residuos generados del hospital requiere, además de reciclar y re-usar, eliminar o sustituir el uso de los materiales tóxicos y comprar productos de mayor duración y menor embalaje.

1.1.3. Uso de energías renovables para la iluminación

Para la iluminación del hospital, principalmente se debe buscar que el edificio tenga una arquitectura, que aproveche la mayor cantidad de luz solar; sin embargo, el hospital trabaja 24 horas, por lo que es necesario el abastecimiento de luz artificial, para lo cual se pueden utilizar paneles fotovoltaicos en las azoteas y/o en las ventanas. En caso de colocarlos en las ventanas, se obtiene el doble beneficio, de que además de abastecer de luz artificial del hospital, evitan que la luz del sol entre directamente a las habitaciones, algunos de los sistemas que se colocan para los paneles de las ventanas, giran de acuerdo al movimiento del sol para aprovechar al máximo los recursos. También se puede utilizar energía proveniente de plantas eólicas.

1.1.4. Uso de energías renovables para el calentamiento y bombeo del agua

El calentamiento y bombeo del agua, son procesos que requieren de un considerable consumo de gas y energía eléctrica, los cuales pueden reducirse con el uso de paneles térmicos, paneles fotovoltaicos, sistemas de bombeo y calentamiento del agua por medio de la luz solar y bombeo a través de energía eólica.

Los paneles térmicos funcionan calentando el agua con energía solar, al implementar este tipo de paneles se puede reducir el consumo de gas o diesel desde un 70 % hasta un 100%, dependiendo de las demandas del hospital. Los paneles fotovoltaicos, pueden abastecer la energía eléctrica que se requiere para activar la bomba de agua. El sistema de calentamiento del agua por medio de la luz solar, sustituye el uso de la bomba, ya que aprovecha los efectos del sol sobre el agua para subirla y además en el proceso la calienta. Para el bombeo del agua también es posible utilizar la energía eólica, ya sea para generar la energía de la bomba o bombearla con un sistema similar a los molinos.

1.1.5. Recolección y reutilización de agua de lluvia

El agua de lluvia es un recurso que además de ser desaprovechado, permitimos que se sume al agua contaminada del alcantarillado. Esta agua llega al hospital sin costo alguno y puede ser recolectada, tratada y usada para la limpieza del hospital y el consumo en los servicios sanitarios.

1.1.6. Reutilización de agua (Tratamiento de aguas residuales; aguas grises y aguas negras)

Las aguas grises resultantes de la limpieza general pueden ser tratadas y reutilizadas para otros fines, por ejemplo; el agua utilizada en la limpieza general (aguas grises) puede tratarse para re-uso en las tasas de baño, otro caso, es hacer recircular el agua del sistema de refrigeración hacia esterilizadores.

El agua que no puede ser re-usada (aguas negras) puede ser tratada a través de filtros, sistemas mecánicos de limpieza y con procesos de plantas (macrofitas) que absorben los residuos orgánicos y de metales pesados (plomo, mercurio y cadmio) del agua, liberándola de los contaminantes nocivos para el medio ambiente. Después de limpiar el agua se puede usar para riego o liberar directamente al medio ambiente sin consecuencias adversas.

1.1.7. Aditamentos y materiales para la optimización de los recursos

Existen aditamentos y materiales que permiten el mayor aprovechamiento del agua, como son:

- Grifos con aireador y regulador de caudal en las regaderas y lavamanos. y lavatrastos.
- Aditamentos que permitan minimizar el gasto de agua en la tasa del baño de acuerdo a la necesidad.
- Uso de jabones orgánicos para la limpieza, que garanticen el desecho del agua al medio ambiente, sin consecuencias negativas, porque todo esto traerá como resultado el uso más eficiente de los recurso.

1.1.8. Control de emisiones atmosféricas

El control de emisiones atmosféricas busca disminuir, mitigar y/o eliminar las fuentes de emisiones como: gases, partículas, vapores, compuestos orgánicos volátiles y olores, provenientes de laboratorios, esterilizadores, calderas, servicios del hospital, etc.

El hospital debe utilizar el sistema adecuado para el control de emisiones, entre los sistemas que puede elegir se encuentran: precipitadores electrostáticos, filtros de mangas o de telas, lavador Venturi, ciclones, cámaras de sedimentación, etc. Además se debe tener en cuenta que al disminuir el consumo de fuentes de energías de combustibles fósiles, para calentar el agua o energizar el hospital, se contribuye a reducir las emisiones contaminantes.

1.1.9. Arquitectura sustentable

La arquitectura sustentable busca aprovechar los recursos naturales, para minimizar el impacto ambiental de las construcciones sobre el ambiente natural y los habitantes, tomando en cuenta el clima y las condiciones del entorno, para ayudar a conseguir el confort térmico interior, mediante la adecuación del diseño, la geometría, la orientación y la construcción del edificio adaptado a las condiciones climáticas de su entorno. Es una arquitectura adaptada al medio ambiente, sensible al impacto que provoca en la naturaleza, y que intenta minimizar el consumo energético y con él, la contaminación ambiental. El costo de un hospital de arquitectura sustentable es similar al de uno convencional, pero representa un ahorro en costos de iluminación y ventilación por la eficiencia energética que logra. Entre los beneficios obtenidos, tanto para el ambiente, la sociedad y los hospitales, pueden citarse los siguientes:

- Contribuir al desarrollo sustentable.
- Prevenir la contaminación y proteger el ambiente.
- Identificar los sectores donde puede reducirse el consumo de energía.
- Reducir la contaminación, las emisiones y la generación de residuos.
- Apoyar el cumplimiento del marco legal ambiental.

2. USO EFICIENTE DE LOS RECURSOS ENERGÍA, VAPOR Y AGUA

Para utilizar eficientemente los recursos como lo son la Energía Eléctrica, el Vapor y el Agua en nuestras unidades de salud, debemos comprender la producción, los procesos, tratamientos y transporte de estos tres productos indispensables en nuestras unidades de salud. *“La **Conservación de la Energía**, es el conjunto de actividades encaminadas a lograr una utilización eficiente y equilibrada de los recursos energéticos, con el fin de reducir o evitar cualquier desperdicio. La reflexión sobre cada una de nuestras acciones de consumo, permite crear una cultura basada en la conciencia social, fundamento principal de un desarrollo sostenible”.*

2.1. Energía Eléctrica

La energía eléctrica se manifiesta como corriente eléctrica, es decir, como el movimiento de cargas eléctricas negativas, o electrones, a través de un cable conductor metálico como consecuencia de la diferencia de potencial que un generador esté aplicando en sus extremos.

2.1.1. El consumo de energía eléctrica

Desde la óptica de lo ecológico y económico, se puede pensar en el ahorro de energía; este planteamiento se puede realizar sólo como consecuencia del gran desarrollo y uso de sistemas energéticos contaminantes.

Esto significa que el día en que la energía renovable (no contaminante) se utilice cotidianamente, ya no será necesario plantearse algún tipo de ahorro. La energía para calentar el encamamiento hospitalario en zonas del altiplano, la energía para refrescar estas mismas áreas de zonas costeras, la energía para mover la cantidad de aparatos, equipos y motores eléctricos que se encuentran en todas las unidades de salud. El desarrollo de medios para protegernos de los elementos y fenómenos naturales ha sido un logro fundamental del ser humano desde el principio de los tiempos; sin embargo, la forma de conseguir esta protección, ha sido difícil de justificar, ya que implica un exagerado consumo de recursos energéticos y la producción de enormes cantidades de contaminantes.

Ahorrar energía es una necesidad ecológica y económica. Si consumimos menos electricidad habrá menos residuos contaminantes en general. Quemando menos combustibles fósiles (carbón, petróleo, etc.) y madera, reduciremos las emisiones de gases que producen el efecto invernadero y el consiguiente aumento global de la temperatura del Planeta.

El 60% de la energía que se produce se pierde durante el transporte o en algún proceso de transformación por otro tipo de energía. El 40% restante se consume en la comunidad, y particularizando este consumo destinado a los hospitales, dos tercios de esta cantidad se destinan para producción de vapor, para transportar y calentar el agua, muchas veces a temperaturas muy por encima de las necesarias tanto para la salud como para la comodidad. La principal aportación al consumo de energía, en el las unidades de salud, proviene del uso de equipo industrial hospitalario, equipo médico para diagnóstico, iluminación artificial, etc. La segunda es la climatización de algunos servicios de salud y la tercera el agua caliente sanitaria.

2.1.2. Recomendaciones para afrontar la problemática de energía eléctrica en el área de quirófanos

En la unidad se debe revisar las distintas partes que componen las complejas instalaciones eléctricas, como son:

- Tierra física y su sistema de protección-distribución por áreas.
- Instalaciones eléctricas no deterioradas, adecuadas y eficientes.
- Aislamientos y conexiones en buen estado de las fases y neutro-tierra.
- Balance de cargas entre fases en los edificios.
- Mantenimientos preventivos y correctivos en las instalaciones eléctricas.
- Iluminación artificial adecuada y de bajo consumo.
- Motores eléctricos con Variadores de Frecuencia para regular su encendido y economizar energía.
- Reguladores de corriente-voltaje y filtraciones de frecuencias altas y bajas.
- Sistemas de protección eléctricas de baja y alta tensión.
- Pararrayos instalado.
- Revisiones constantes.

En los últimos años se ha avanzado mucho en cuestión de diseño, materiales y metodología relacionados con la construcción ecológica o bioclimática hospitalaria y con el aprovechamiento de energías pasivos como el sol. Una edificación bioclimática puede consumir un 75% menos de energía que una normal.

El aire acondicionado es un invento de este siglo, y los sistemas tradicionales que se utilizaban para resguardarse del calor eran: bajar las persianas en verano, aprovechar las sombras y la ventilación natural, utilizar el abanico o ventilador (de mesa o de techo) y poner aislantes en las paredes que tanto sirven para el resguardo del calor como también del frío. Para reducir el gasto de electricidad en nuestra unidad de salud, debemos mejorar su iluminación instalado bombillas de bajo consumo (compactas fluorescentes, que ahorran hasta 80%), interruptores temporalizados, sensores de presencia, entre otros sistemas más, consiguiendo consumir menos energía y disminuyendo su alto coste.

El gasto de electricidad se puede reducir fácilmente mejorando la instalación eléctrica. Un porcentaje pequeño de la energía eléctrica producida, que crece con rapidez, proviene de las energías renovables (energía eólica, energía solar o quema de biomasa). Es posible que en algún momento deba realizarse un diagnóstico energético exhaustivo de las condiciones de operación y las bases de diseño, el cual proporciona información precisa y comprensible de todos y cada uno de los puntos relevantes del diagrama del proceso industrial o cualquier instalación a evaluar, así como las pérdidas de energía de cada uno de los equipos involucrados.

2.1.3. Tensiones de utilización

La tensión nominal de utilización no será superior a 250 voltios con relación a tierra. Se admite utilizar tensiones superiores únicamente para alimentación de aparatos receptores especiales cuyas características así lo aconsejen.

Los equipos médicos con partes de baja tensión no aislada, superior a 50 voltios, estarán dispuestos de manera que dichas partes sólo sean accesibles desde un lugar aislado. Los aparatos solo serán manipulados por personal especializado. Los aparatos de rayos X, tanto para su uso médico o para cualquier otro fin, se instalarán de acuerdo con los siguientes requisitos: En las partes de la instalación a tensión hasta 440 voltios serán admisibles autotransformadores solamente con fines de regulación y siempre que tensiones tanto primarias como secundarias no sobrepasen los 440 voltios.

Cada aparato que genere tensiones superiores a 440 voltios será accionado por un interruptor exclusivo para él, de corte omnipolar simultáneo, el mando del interruptor estará situado dentro del local de utilización en un lugar fácilmente accesible y señalizado aun en la oscuridad. Cuando la instalación comprenda varios aparatos alimentados con un mismo generador de alta tensión, por intermedio de conmutador-seccionador, estará prevista una señalización que indique, automáticamente y antes de poner bajo tensión la instalación, cuál es el aparato que va a ser puesto en servicio tanto estén éstos situados en un mismo local o en locales diferentes. Los aparatos de rayos X de hasta 250 kilovoltios valor de cresta, estarán protegidos, por propia construcción, contra la accesibilidad de las canalizaciones de alta tensión. Para tensiones superiores, estas canalizaciones podrán estar constituidas por conductores desnudos. En todos los casos será obligatoria la instalación, en el circuito de alimentación del generador, de un interruptor automático previsto para funcionar rápidamente en caso de puesta a tierra accidental de un punto cualquiera del circuito de alta tensión, incluso en el caso de puesta a tierra por intermedio del cuerpo humano. Las masas metálicas accesibles de los aparatos se pondrán a tierra y cuando se trate de aparatos amovibles llevarán, a este fin, un conductor incorporado al cable de alimentación.

2.1.3.1. Instalaciones eléctricas en quirófanos

El quirófano es un espacio cerrado que debe ser completamente independiente del resto del hospital; debe pues quedar aislado frente al resto del hospital por una serie de separaciones con las estructuras exteriores; El quirófano permite la atención global e individualizada de los pacientes por un equipo interdisciplinario (anestesiólogos, cirujanos y también radiólogos, gastroenterólogos, neumólogos, enfermeras de quirófano, auxiliar de enfermería, camillero...) para todos los actos que se hacen bajo anestesia (general o local según el acto que debe efectuarse y el estado de salud del paciente). Sin embargo, su implantación en el hospital deberá tener en cuenta las relaciones del quirófano con el servicio de las urgencias, el departamento de anestesia-reanimación, la reanimación, los laboratorios, el banco de sangre, la esterilización, la farmacia y los servicios hospitalarios. El quirófano debe ocupar un lugar central debido a una evidente necesidad de estar cerca de algunas estructuras de acogida o de hospitalización así como los servicios médico-técnicos y esto debe guiar su construcción en un nuevo hospital, todo esto para tener un mejor sistema médico.

2.1.3.1.1. Medidas de protección

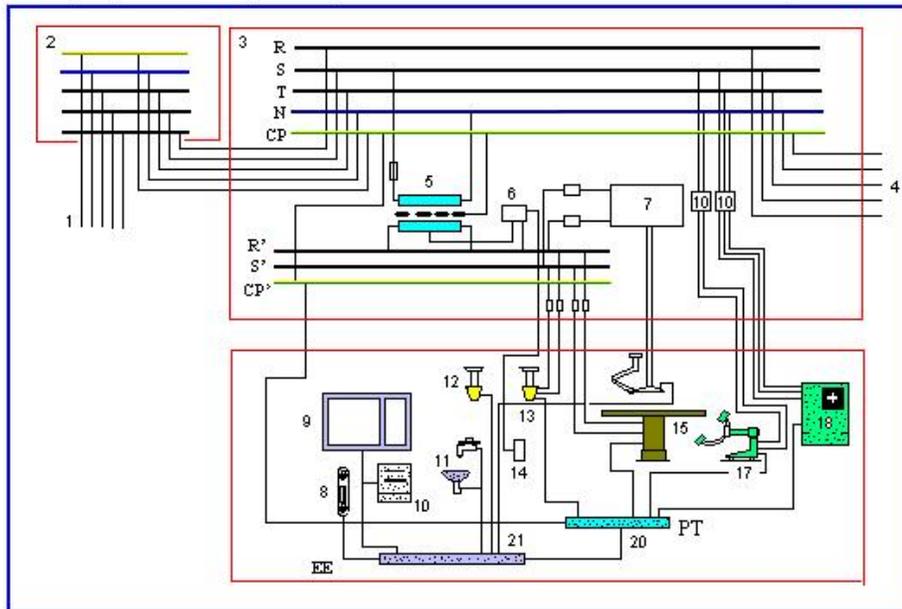
Puesta a tierra de protección La instalación eléctrica de los edificios con locales para la práctica médica y en concreto para quirófanos, deberá disponer de un suministro trifásico con neutro de conductor de protección. Tanto el neutro como el conductor de protección serán conductores de cobre, tipo aislado a lo largo de toda la instalación.

Todas las masas metálicas de los equipos electromédicos deben conectarse a través de un conductor de protección a un embarrado común de puesta a tierra de protección (Fig. 1) y este, a su vez, a la puesta a tierra general del edificio. La impedancia entre el embarrado común de puesta a tierra de cada quirófano y las conexiones a masa, o a los contactos de tierra de las bases de toma de corriente, no deberá exceder de 0,2 ohmios. - Conexión de equipotencialidad.

Todas las partes metálicas accesibles deben estar unidas al embarrado de equi-potencialidad (Fig. 1) mediante conductores de cobre aislado e independiente. La impedancia entre estas partes y el embarrado (EE) no deberá exceder de 0,1 ohmios. El embarrado de equipotencialidad (EE) estará unido al de puesta a tierra de protección (PT) por un conductor aislado con la identificación verde-amarillo, y de sección no inferior a 16 mm² de cobre. La diferencia de potencial entre las partes metálicas accesibles y el embarrado de equipotencialidad no deberán exceder de 10 mV eficaces en condiciones normales.

El empleo de un transformador de aislamiento (como mínimo, por quirófano) para aumentar la fiabilidad de la alimentación eléctrica a aquellos equipos en los que una interrupción del suministro puede poner en peligro directa o indirectamente, al paciente o al personal implicado y para limitar las corrientes de fuga que pudieran producirse (Fig. 1). Se realizará una adecuada protección contra sobrecorrientes del propio transformador y de los circuitos por él alimentados. Se dispondrá un cuadro de mando y protección por quirófano, situado fuera del mismo, fácilmente accesible a sus inmediaciones. Este deberá incluir la protección contra sobrecorrientes, el transformador de aislamiento y el monitor de fugas.

Figura 1. Esquema general de la instalación eléctrica de un quirófano.



- | | |
|---|--|
| 1.- Alimentación general o línea repartidora. | 12.- Torreta aérea de tomas de suministro de gas. |
| 2.- Distribución en la planta o derivación individual. | 13.- Torreta aérea de tomas de corriente con terminales para conexión equipotencial envolvente conectada al embarrado conductor de protección. |
| 3.- Cuadro de distribución en la sala de operaciones. | 14.- Cuadro de alarmas del dispositivo de vigilancia de aislamiento. |
| 4.- Suministro complementario. | 15.- Mesa de operaciones (de mando eléctrico). |
| 5.- Transformador de aislamiento tipo médico. | 16.- Lámpara de quirófano. |
| 6.- Dispositivo de vigilancia de aislamiento o monitor de detección de fugas. | 17.- Equipo de rayos X. |
| 7.- Suministro normal y especial complementario para alumbrado de lámpara de quirófano. | 18.- Esterilizador. |
| 8.- Radiadores de calefacción central. | 19.- Interruptor de protección diferencial. |
| 9.- Marco metálico de ventana. | 20.- Embarrado de puesta a tierra. |
| 10.- Armario metálico para instrumentos. | 21.- Embarrado de equipotencialidad. |
| 11.- Partes metálicas de lavabos y suministro de agua. | |

Fuente: División de mantenimiento, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

En la protección diferencial se emplearán dispositivos de protección diferencial de alta sensibilidad (30 mA) para la protección individual de aquellos equipos que no estén alimentados a través de un transformador de aislamiento.

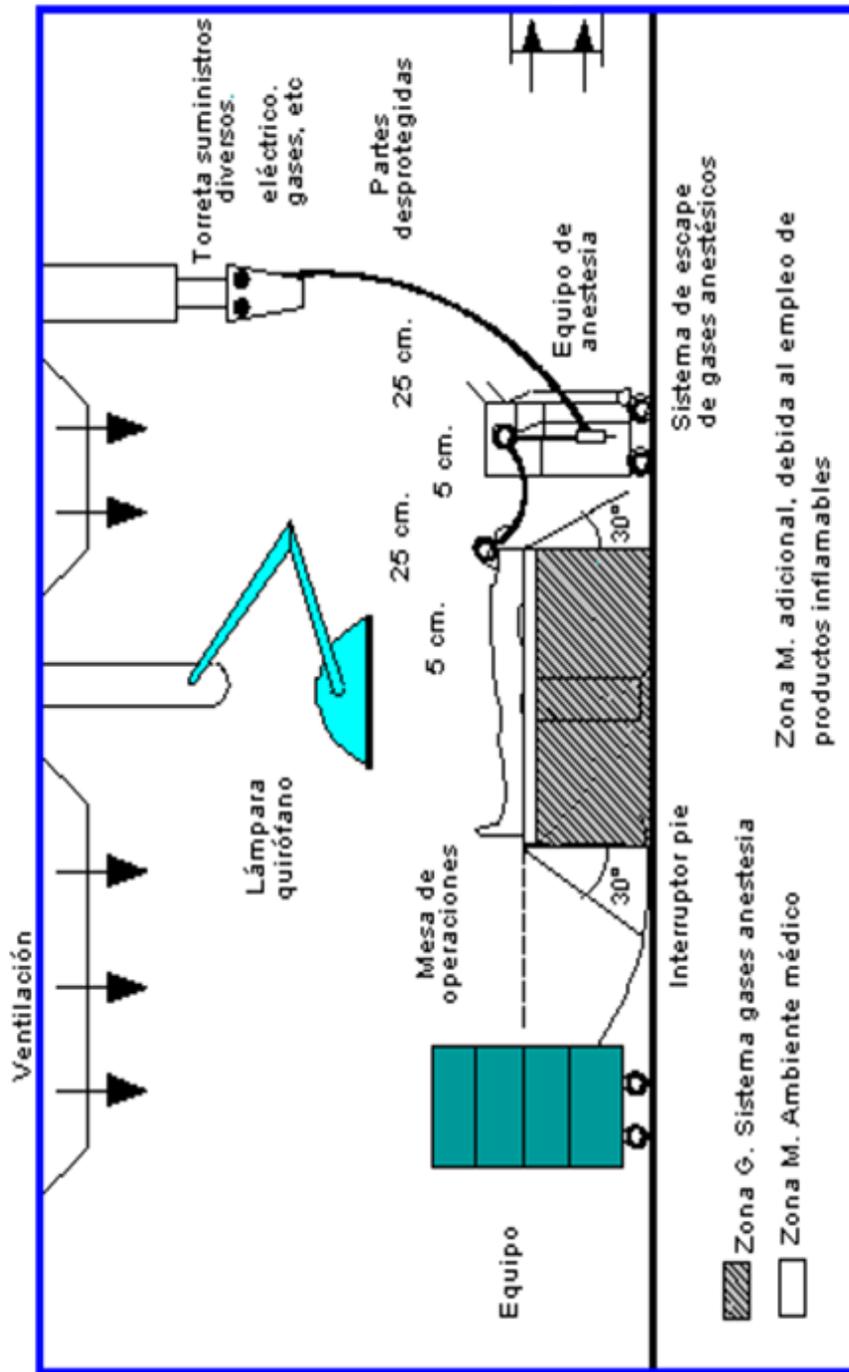
2.1.3.1.2. Suministros complementarios

Se debe disponer de un suministro especial complementario, a base de baterías, para hacer frente a las necesidades de la lámpara de quirófano y equipos de asistencia vital, debiendo entrar en servicio en menos de 0,5 segundos. La lámpara de quirófano siempre será alimentada a través de un transformador de seguridad (ver fig. 1). Todo el sistema de protección deberá funcionar con idéntica fiabilidad tanto si la alimentación es realizada por el suministro normal como por el complementario.

2.1.3.1.3. Medidas contra el riesgo de incendio o explosión.

La figura 2 muestra las zonas G y M, que deberán ser consideradas como zonas de la Clase Y división 1 y Clase Y división 2, respectivamente. Los suelos de los quirófanos serán del tipo anti electrostático y su resistencia de aislamiento no deberá exceder de un millón de ohmios, salvo que se asegure que un valor superior, pero siempre inferior a 100 M, no favorezca la acumulación de cargas electrostáticas peligrosas. En general, se prescribe un sistema de ventilación adecuado que evite las concentraciones peligrosas de los gases empleados para la anestesia y desinfección, podrá considerarse como zona sin riesgo de incendio o explosión cuando se asegure una ventilación de 15 renovaciones/hora de aire.

Figura 2. Equipo de quirófanos



Fuente: División de mantenimiento, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social

2.1.3.1.4. Control y mantenimiento.

Control, al menos semanal, del correcto estado de funcionamiento del dispositivo de vigilancia de aislamiento y de los dispositivos de protección.

- Continuidad de los conductores activos y de los conductores de protección y puesta a tierra.
- Resistencia de las conexiones de los conductores de protección y de las conexiones de equipotencialidad.

Medidas de continuidad y de resistencia de aislamiento, de los diversos circuitos en el interior de los quirófanos (a realizar en plazos máximos de un mes). La revisión periódica de la instalación, en general, deberá realizarse anualmente.

2.1.4. Tomas de tierra

La **toma a tierra** es un camino de poca resistencia a cualquier corriente de fuga para que cierre el circuito "a tierra" en lugar de pasar a través del usuario. Consiste en una pieza metálica enterrada en una mezcla especial de sales y conectada a la instalación eléctrica a través de un cable.

2.1.4.1. Instalación

En toda nueva edificación se establecerá una toma de tierra de protección, siguiéndose para ello uno de los siguientes sistemas:

Instalando en el fondo de las zanjas de cimentación de los edificios, y antes de empezar ésta, un cable rígido de cobre desnudo de una sección mínima de 35 milímetros cuadrados, o un cable de acero galvanizado de 95 milímetros cuadrados, formando un anillo cerrado que interese a todo el perímetro del edificio. A este anillo deberán conectarse electrodos verticalmente hincados en el terreno cuando, se prevea la necesidad de disminuir la resistencia de tierra que pueda presentar el conductor del anillo. Cuando se traten de construcciones que comprendan varios edificios próximos se procurará unir entre sí los anillos que forman la toma de tierra de cada uno de ellos, con objeto de formar una malla de la mayor extensión posible. Situando en patios de luces o en jardines particulares del edificio uno o varios electrodos de características adecuadas. Al conductor en anillo, o bien a los electrodos, se conectarán, en su caso, la estructura metálica del edificio o, cuando la cimentación del mismo se haga a base de zapatas de hormigón armado, un cierto número de hierros de los considerados principales y como mínimo uno por zapata. Estas conexiones se establecerán por soldadura autógena. Las líneas de enlace con tierra se establecerán de acuerdo con la situación y número previsto para los puntos de puesta a tierra.

2.1.4.2 Elementos a conectar a tierra

A la toma de tierra establecida se conectará todo el sistema de tuberías metálicas accesibles, destinadas a la conducción, distribución y desagüe de agua o gas del edificio; toda masa metálica importante existente en la zona de la instalación, y las masas metálicas accesibles de los aparatos receptores, cuando su clase de aislamiento o condiciones de instalación así lo exijan.

A esta misma toma de tierra podrán conectarse, para su puesta en tierra, los depósitos de fuel oil, calefacción general, antenas de radio y televisión, y, eventualmente, el conductor neutro.

2.1.4.3. Puntos de puesta a tierra

Los puntos de puesta a tierra se situarán:

- En los patios de luces destinados a cocinas y cuartos de aseo, etc.
- En el local o lugar de la centralización de contadores, si la hubiere.
- En la base de las estructuras metálicas de los ascensores y montacargas, si los hubiere.
- En el punto de ubicación de la caja general de protección.

En cualquier local en el que se prevea la instalación de elementos destinados a servicios generales o especiales, y que por su clase de aislamiento o condiciones de instalación, deban ponerse a tierra.

2.1.4.4. Líneas principales de tierra. Derivaciones

Al punto o puntos de puesta de tierra a) y b) indicados en el apartado anterior, se conectarán las líneas principales de tierra. Estas líneas podrán instalarse por los patios de luces o por canalizaciones interiores, con el fin de establecer a la altura de cada planta del edificio su derivación hasta el borde de conexión de los conductores de protección de cada local.

Las líneas principales y sus derivaciones pueden establecerse en las mismas canalizaciones que las de las líneas repartidoras y derivaciones individuales. Las líneas principales de tierra estarán constituidas por conductores de cobre de igual sección que la fijada para los conductores de protección como mínimo, de 16 milímetros cuadrados. Pueden estar formadas por barras planas o redondas, por conductores desnudos o aislados, debiendo disponerse una protección mecánica en la parte en que estos conductores sean accesibles, así como en los pasos de techos, paredes, etc. No podrán utilizarse como conductores de tierra las tuberías de agua, gas, calefacción, desagües, conductos de evacuación de humos o basuras, ni las cubiertas metálicas de los cables, tanto de la instalación eléctrica como de teléfonos o de cualquier otro servicio similar. Las conexiones en los conductores de tierra serán realizadas mediante dispositivos, con tornillos de aprieto u otros similares, que garanticen una continua y perfecta conexión entre aquellos.

2.1.5. Protección contra contactos indirectos

El contacto de una persona con masas metálicas accidentalmente puestas bajo tensión se denomina contacto indirecto. Esta conexión accidental a la tensión es provocada por un defecto de aislamiento. Por lo cual, circula una corriente de defecto y provoca una elevación de la tensión entre la masa del receptor eléctrico y tierra, aparece una tensión de defecto que es peligrosa si es mayor a la tensión UL *“Tensión de contacto máxima admisible”*.

Frente a este riesgo, las normas de instalación a nivel internacional, han normado esquemas de conexión a tierra **“ECT”** y han definido las reglas de instalación y de protección correspondientes.

2.1.5.1. Sistemas de protección

En toda instalación se dispondrá uno de los siguientes sistemas de protección contra contactos indirectos:

Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto. Este sistema de protección es admitido exclusivamente cuando la capacidad nominal del interruptor automático, sea como máximo de 6 amperios, debiendo cumplirse, además, las siguientes condiciones:

1. La impedancia máxima del circuito recorrido por la corriente de defecto será de 6,3 ohmios cuando la tensión de utilización sea 127 voltios, y 11 ohmios cuando la tensión de utilización sea de 220 voltios.
2. La resistencia de tierra medida desde el punto de conexión a tierra en los aparatos receptores será, como máximo, de 3,7 ohmios.

Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto. Este sistema de protección podrá ser utilizado cualquiera que sea la capacidad nominal del interruptor automático. Puesta a tierra de las masas y empleo de interruptores diferenciales. Cuando no sean de aplicación los sistemas de protección anteriormente citados, deberá instalarse un interruptor diferencial que proteja la instalación en su conjunto y que tendrá, para la corriente de defecto a tierra, una sensibilidad que dependerá del valor máximo de la resistencia obtenida de puesta a tierra. Esta resistencia a tierra se procurará que no sea superior a 37 ohmios, con objeto de que puedan ser utilizados interruptores diferenciales de 650 miliamperios de sensibilidad.

En los casos en que la instalación no disponga de puesta a tierra, los interruptores diferenciales de alta sensibilidad podrán ser utilizados como dispositivos de protección, aunque esta disposición pueda disminuir el grado de protección conseguido cuando se utiliza conjuntamente con la puesta a tierra de las masas. Cuando las instalaciones interiores sean de gran extensión, o cuando para conseguir mayor selectividad se desee establecer protección especial para un receptor o grupo de receptores para un determinado sector o sectores de la instalación, no será obligatoria la instalación de un interruptor diferencial que proteja la instalación en su conjunto, debiendo, en este caso, utilizarse diferentes interruptores diferenciales situados en los puntos a partir de los cuales se precise establecer esta protección.

2.1.5.2. Cuadro general de distribución

Se colocarán en el cuadro general de distribución los interruptores automáticos, así como, en caso necesario, el dispositivo o dispositivos especiales de protección contra contactos indirectos. En este mismo cuadro se dispondrá un borne para la conexión de los conductores de protección de la instalación interior con la derivación de la línea principal de tierra.

2.1.6. Conductores

Un conductor eléctrico es aquel cuerpo que puesto en contacto con un cuerpo cargado de electricidad transmite ésta a todos los puntos de su superficie. Generalmente elementos, aleaciones o compuestos con electrones libres que permiten el movimiento de cargas.

2.1.6.1. Conductores activos

Los conductores activos serán de cobre; estarán aislados, como mínimo, para la tensión nominal de 750 voltios los rígidos, y 440 voltios los flexibles. Los conductores previstos para su instalación directa bajo enlucidos responderán a las especificaciones. Las secciones utilizadas serán, como mínimo, las siguientes:

- 1 milímetro cuadrado para los circuitos de alimentación a los puntos de utilización para alumbrado.
- 1,5 milímetros cuadrados para los circuitos de alimentación a las tomas de corriente en viviendas de grado de electrificación mínima.
- 2,5 milímetros cuadrados para los circuitos de alimentación a las tomas de corriente en viviendas de grado de electrificación media y elevada.
- 4 milímetros cuadrados para los circuitos de alimentación a máquina de lavar y calentador de agua.
- 6 milímetros cuadrados para los circuitos de alimentación para cocina, frigorífico y secador.

2.1.6.2. Caídas de tensión

No obstante lo dicho anteriormente, la sección de los conductores vendrá impuesta por la caída de tensión desde el origen de la instalación interior a los puntos de utilización. Esta caída de tensión será, como máximo, 1,5 por 100, considerando alimentados los aparatos de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

2.1.6.3. Conductores de protección

Los conductores de protección serán de cobre y presentarán y presentarán el mismo aislamiento que los conductores activos. Se instalarán por la misma canalización que éstos.

2.1.6.4. Identificación de los conductores

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificados, especialmente por lo que respecta a los conductores neutros y de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos o por inscripciones sobre el mismo, cuando se utilicen aislamientos no susceptibles de coloración.

2.1.7. Dispositivos privados de mando y protección

Es un conjunto de dispositivos situados en el inicio de la instalación interior cuya finalidad es la protección, la seguridad y la maniobra. Estos dispositivos se alojan en el interior de una caja que se empotra en la pared, de forma que su cara frontal quede completamente libre y accesible.

Cuando en la instalación interior no existan circuitos diferentes bajo tubos o cubiertas de protección comunes a ellos, podrá instalarse el interruptor general automático, en cuyo caso servirá como dispositivo general de mando el interruptor diferencial, quedando asegurada la protección contra sobreintensidades por los dispositivos que, independientemente entre sí, protegen a cada uno de los circuitos interiores.

2.1.7.1. Situación y composición

Lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual en del abonado, se establecerá un cuadro de distribución de donde partirán los circuitos interiores y en el que se instalará un interruptor general automático de corte unipolar que permita su accionamiento manual y que esté dotado de dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos. En este mismo cuadro se instalarán los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores local, y un interruptor diferencial destinado a la protección contra contactos indirectos. Todos estos dispositivos de mando y protección se consideran independientes de cualquier otro que para control de potencia pueda instalar la Empresa suministradora de la energía.

2.1.7.2. Características principales de los dispositivos de protección

El interruptor general automático de corte omnipolar tendrá capacidad de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación. En otro caso, será precisa la instalación en el mismo cuadro de distribución de cortacircuitos fusibles adecuados, cuyas características estarán coordinadas con las del interruptor automático general y con las corrientes de cortocircuito previsto en el punto de su instalación. Los interruptores diferenciales deberán resistir las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en el punto de su instalación y de no responder a esta condición estarán protegidos por cortacircuitos fusibles de características adecuadas.

Los dispositivos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos de los circuitos interiores, tendrán los polos protegidos que corresponda al número de fases del circuito que protegen y sus características de interrupción estarán de acuerdo con las corrientes admisibles en los conductores del circuito que protegen.

2.1.8. Planta de emergencia

La Planta de Emergencia deberá estar conectada a las áreas más vulnerables y sensibles de las unidades de salud, para afrontar cualquier emergencia y/o contingencia que corte el suministro de energía eléctrica. Por lo tanto debe tener un mantenimiento programado, controles de funcionamiento y abastecimiento de combustible para soportar largas jornadas de servicio.

2.1.9. Lámparas de esterilización

Las Lámparas de Esterilización UV-Ozono, purifican el aire de microbios aerotransportados que circula en las salas de quirófanos, las cuales complementan la eficiencia de la filtración (filtro Hepa) y eficacia de purificación en el sistema de inyección y extracción de aire, siendo el filtro Hepa el que atrapa los microorganismos muertos que son aún peligrosos para la salud humana.

Estas lámparas son colocadas sobre el marco de la puerta de entrada principal, por donde entra el paciente y el personal médico, creando una cortina invisible que impide la contaminación aérea de microorganismos en ambos sentidos (adentro hacia afuera de las salas y al contrario).

También son colocadas en el techo (cielo falso) para depurar el aire que se inyecta y se extrae, reduciendo en gran medida la creación de colonias de microorganismos, hongos, etc. que provocan las enfermedades nosocomiales y las infecciones directamente en los quirófanos. Esto reduce los mantenimientos programados para la limpieza de los tubos y ductos de aire acondicionado con filtros Hepa, contra el crecimiento microbiano de colonias dentro de los mismos. El tamaño de las lámparas y el wataje, dependerá de las necesidades, diseño e indicaciones del fabricante.

Las lámparas de iluminación indirecta dentro de quirófano tipo embutido, son colocadas en forma serial en el cielo raso alrededor de la base de la lámpara cielítica, en formación cuadrada, rectangular. En casos específicos se recomienda la lámpara de tipo embutido con respaldo de batería funcionando como una lámpara de emergencia continua y con control de intensidad variable.

2.1.10. Iluminación de emergencia

En casos específicos, dentro de los quirófanos, se utilizarán las lámparas tipo emergencia, con respaldo de batería (con recarga, detección y encendido de emergencia). Todos estos locales deberán tener un sistema de puesta a tierra con una resistencia inferior a cinco (5) Ohm. En el caso de Instalaciones de asistencia médica que cuenten con quirófano, salas de recuperación, salas de cuidados intensivos y salas de partos, la resistencia de puesta a tierra deberá ser inferior a tres (3) Ohm y los quirófanos, salas de cuidados intensivos y salas de partos tendrán circuitos derivados independientes y desacoplados eléctricamente del resto de las instalaciones para evitar los efectos de las fallas a tierra.

Figura 3. Iluminación.

TIPO EMERGENCIA		TIPO EMBUTIDO	
U-12	DC 24V 12W	042	FL 40W x 2 120V 60HZ
		0420	FL 40W x 2 120V 60HZ CON BATERIA

Fuente: División de mantenimiento, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

Todas las partes metálicas accesibles han de estar unidas al embarrado de equipotencialidad (EE), mediante conductores de cobre aislado e independiente. La impedancia entre estas partes y el embarrado (EE) no deberá exceder de 0,1 ohmios. Se deberá emplear la identificación verde-amarillo para los conductores de equipotencialidad y para los de protección. El embarrado de equipotencialidad (EE) estará unido al de puesta a tierra de protección (PT) por un conductor aislado con la identificación verde-amarillo, y de sección no inferior a 16 mm² de cobre.

La diferencia de potencial entre las partes metálicas accesibles y el embarrado de equipotencialidad no deberá exceder de 10 mV eficaces en condiciones normales. Se prescribe el empleo de un transformador de aislamiento (como mínimo, por quirófano) para aumentar la fiabilidad de la alimentación eléctrica a aquellos equipos en los que una interrupción del suministro puede poner en peligro directa o indirectamente, al paciente o al personal implicado y para limitar las corrientes de fuga que pudieran producirse. Se realizará una adecuada protección contra sobreintensidades del propio transformador y de los circuitos por él alimentados.

Se concede importancia muy especial a la coordinación de las protecciones contra sobreintensidades de todos los circuitos y equipos alimentados a través de un transformador de aislamiento, con objeto de evitar que una falta en uno de los circuitos pueda dejar fuera de servicio la totalidad de los sistemas alimentados a través del citado transformador. Para la vigilancia del nivel de aislamiento de estos circuitos, se dispondrá de un monitor de detención de fugas, que encenderá una señalización óptica (color rojo) cuando se detecte una pérdida de aislamiento capaz de originar una corriente de fuga superior a 2mA en instalaciones a 127 V y a 4mA en instalaciones a 220 V.

Deberá disponer, además, de un pulsador de detención de la alarma acústica y de un indicativo (color verde) de correcto funcionamiento. La tensión secundaria del transformador de aislamiento no sobrepasará los 250 voltios eficaces: La potencia no excederá de 7,5 kVA. Se dispondrá un cuadro de mando y protección por quirófano, situado fuera del mismo, fácilmente accesible a sus inmediaciones.

Este deberá incluir la protección contra sobre intensidades, el transformador de aislamiento y el monitor de fugas. Es muy importante que en el cuadro de mando y panel indicador del estado de aislamiento todos los mandos queden perfectamente identificados, y de fácil acceso. El cuadro de alarma del monitor de fugas deberá estar en el interior del quirófano y fácilmente visible y accesible, con posibilidad de sustitución fácil de sus elementos. Protección diferencial Se emplearán dispositivos de protección diferencial de alta sensibilidad (30 mA) para la protección individual de aquellos equipos que no estén alimentados a través de un transformador de aislamiento, aunque el empleo de los mismos no exime de la necesidad de puesta a tierra y equipotencialidad. Se dispondrán las correspondientes protecciones contra sobre intensidades. Los dispositivos alimentados a través de un transformador de aislamiento no deben protegerse con diferenciales en el primario ni en el secundario del transformador.

Empleo de pequeñas tensiones de seguridad Las pequeñas tensiones de seguridad no deberán exceder de 24 V en c. a. y 50 V en c. c. El suministro se hará a través de un transformador de seguridad, o de otros sistemas con aislamiento equivalente. 2 Suministros complementarios. Se debe disponer de un suministro general de reserva.

Se prescribe, además, disponer de un suministro especial complementario, por ejemplo, baterías, para hacer frente a las necesidades de la lámpara de quirófano y equipos de asistencia vital, debiendo entrar en servicio en menos de 0,5 segundos. La lámpara de quirófano siempre será alimentada a través de un transformador de seguridad. Todo el sistema de protección deberá funcionar con idéntica fiabilidad tanto si la alimentación es realizada por el suministro normal como por el complementario.

2.2. Vapor calderas (generación de vapor)

Una caldera es una maquina o dispositivo de ingeniería que está diseñado para generar vapor saturado. Éste vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado liquido, se calienta y cambia de estado, se transforma en energía térmica. Generalmente es utilizado en las turbinas de vapor para generar vapor, habitualmente vapor de agua, con energía suficiente como para hacer funcionar una turbina en un ciclo de Rankine modificado.

2.2.1 El vapor, como energía

La energía térmica es la forma de energía que interviene en los fenómenos caloríficos, siendo este tipo de energía la que se cede de un cuerpo a otro como consecuencia de una diferencia de temperaturas. Esta energía térmica, por ejemplo cambia el agua líquida a vapor. El calor húmedo destruye los microorganismos por coagulación de sus proteínas celulares, por lo tanto la Esterilización con Vapor Saturado (vapor a presión).

Una caldera se describe como un generador de vapor, o la combinación de equipos para producir o recuperar calor. Existen tres tipos de calderas: a) Acuotubular (en la cual el agua pasa por dentro de los tubos); b) Pirotubular (en la cual el fuego va por dentro de los tubos); c) caldera de fundición seccional (se compone de secciones huecas dentro de las cuales circula el agua). Las calderas son ampliamente empleadas para: medios de calentamiento de fluidos o de aire, vaporización, trazado de vapor, deareación del agua, generadores de vacío, generadores de turbinas, limpieza, mantenimiento de equipos de procesos, etc. Las fuentes de calor más usadas para el funcionamiento de las calderas son: carbón, combustibles líquidos o gases, biomasa (papel, madera, cascarilla de cereales, etc.). Para los calderines de los esterilizadores a vapor eléctricos en particular, se utiliza energía eléctrica para calentar las resistencias y estas generen vapor al paso del agua.

Las modernas calderas tubulares pueden operar a presiones de 340 atm y generar más de 4.000 toneladas de vapor por hora. Dado que la temperatura de combustión puede superar los 1.650 °C, el flujo de agua se controla mediante circulación simple o forzada. Con la utilización de los llamados supercalentadores, las calderas modernas pueden alcanzar un 90% de rendimiento del combustible. Los precalentadores calientan el aire que entra con los gases de la combustión que se descargan al conjunto; El control de las corrientes y el tratamiento químico del agua para evitar la deposición de óxidos y la corrosión también contribuyen a la eficiencia del funcionamiento. Los generadores de vapor que tengan una superficie de calefacción igual o superior a 5 m² y cuya presión de trabajo exceda de 2,5 kgs/cm², se instalarán en un recinto denominado sala de calderas. Su construcción será de material incombustible y estará cubierta de techo liviano.

La sala de calderas no podrá estar ubicada sobre construcción destinada a habitación o lugar de trabajo. La sala de calderas tendrá la amplitud suficiente para permitir, en forma segura, todos los trabajos de operación, mantenimiento, inspección y reparación. Deberá disponer de adecuada ventilación y de buena iluminación. La distancia mínima entre la caldera y las paredes del recinto será de 1 metro, como asimismo, entre la caldera y cualquier otro equipo o instalación. Sobre el elemento o accesorio más elevado de una caldera se dejará un espacio libre de por lo menos un metro. Además, deberá tener dos puertas o más, en direcciones diferentes, las que se mantendrán, en todo momento, libres de obstáculos que puedan impedir el paso. Se prohíbe mantener cerradas con llave las puertas, mientras las calderas estén funcionando, lo mismo que el empleo de chapas que sólo puedan abrir manualmente por dentro.

Los sistemas de control automático en calderas responden a diferentes necesidades.

- Aumentar la eficiencia de la caldera, es decir; producir mayor cantidad de vapor utilizando menos combustible.
- Reducir las pérdidas ya sean de agua, combustible o presión.
- Disminuir los contaminantes que se producen en la operación de la caldera (Garantizando una llama segura en la combustión).

El lazo de control de un sistema de producción de vapor se compone entonces de una red compleja de variables que deben controlarse para tratar de satisfacer al mismo tiempo todas las necesidades mencionadas anteriormente.

El funcionamiento de la caldera debe ser optimizado para lograr una rentabilidad y economía adecuadas, lo cual es posible con un control digital y/o distribuido que permite optimizar la combustión (ahorros de 2 a 10 % en combustible) y ganar en seguridad.

Para tener una idea más clara de la generación del vapor, la ubicación de pérdidas energéticas y de agua, se presentan esquemáticamente a continuación el ciclo de vapor en forma ideal y el ciclo de vapor en forma real.

Ciclo del Vapor (Ideal) En este esquema se puede observar que el ciclo de la generación del vapor sin alguna pérdida de energía, ni agua a lo largo del sistema, y la energía aplicada en su generación es la misma que se utiliza en su aplicación.

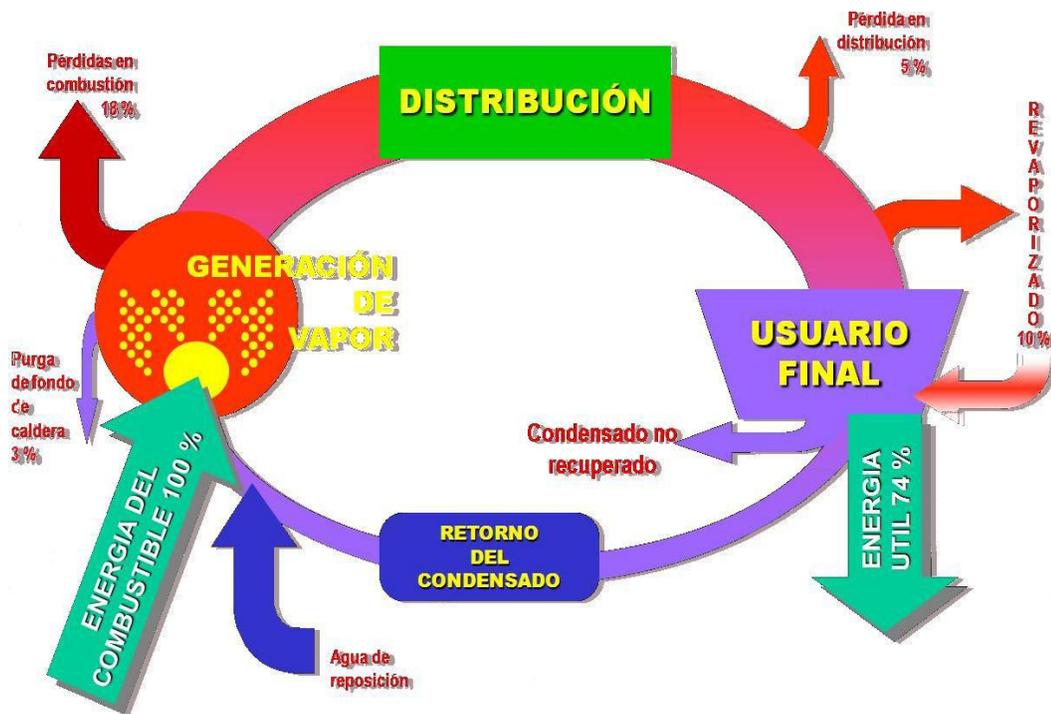
Figura 4. Ciclo de Vapor ideal.



Fuente: División de mantenimiento, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

Ciclo del Vapor (Real) Mientras que este esquema, en el ciclo de generación del vapor, se puede observar las múltiples pérdidas de energía y vapor-agua a lo largo de todo el circuito.

Figura 5. Ciclo de vapor real.



Fuente: Hospital 7-19, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social. Área de quirófanos.

2.3. Agua

Sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. El termino agua, generalmente, se refiere a la sustancia en su estado líquido, pero la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en forma gaseosa denominada vapor.

2.3.1. El consumo de agua

El agua es un elemento indispensable para la vida en nuestro planeta Tierra y es un recurso limitado que debemos tener mucho cuidado en no derrocharla, ni desperdiciarla. El problema del agua es tanto de cantidad, como de calidad, esto viene determinado por la cantidad de sustancias que hay disueltas en ella, que influyen por el gusto, por el color, el olor y los microorganismos que contiene. Cada día es más difícil poder encontrar agua sin contaminar. El agua que llega a las unidades de salud proviene de los ríos, y en menor cantidad de los pozos y de manantiales, y estos se encuentran cada día más contaminados. Antes de consumirla hay que someterla a un proceso de potabilización, para beber, cocinar, bañar, lavar vajillas y todo tipo ropa, esterilizar, limpieza en general, etc. El uso común más inadecuado que hacemos del agua en las unidades de salud, suele ser en la limpieza y en el uso del inodoro por la cantidad y calidad del agua procesada que se desperdicia. Existe también un consumo indirecto de él, que muchas veces no tenemos conciencia y es para fabricar la energía eléctrica que además consumimos

2.3.2. Usos y consumo de agua dentro de las unidades medicas

Usos más frecuentes:

- Preparación de alimentos (pacientes y personal).
- Preparación de ropa de cama y cirugía.
- Lavado.
- Servicios sanitarios.
- Aseo general de instalaciones.

2.3.2.1. Aguas residuales

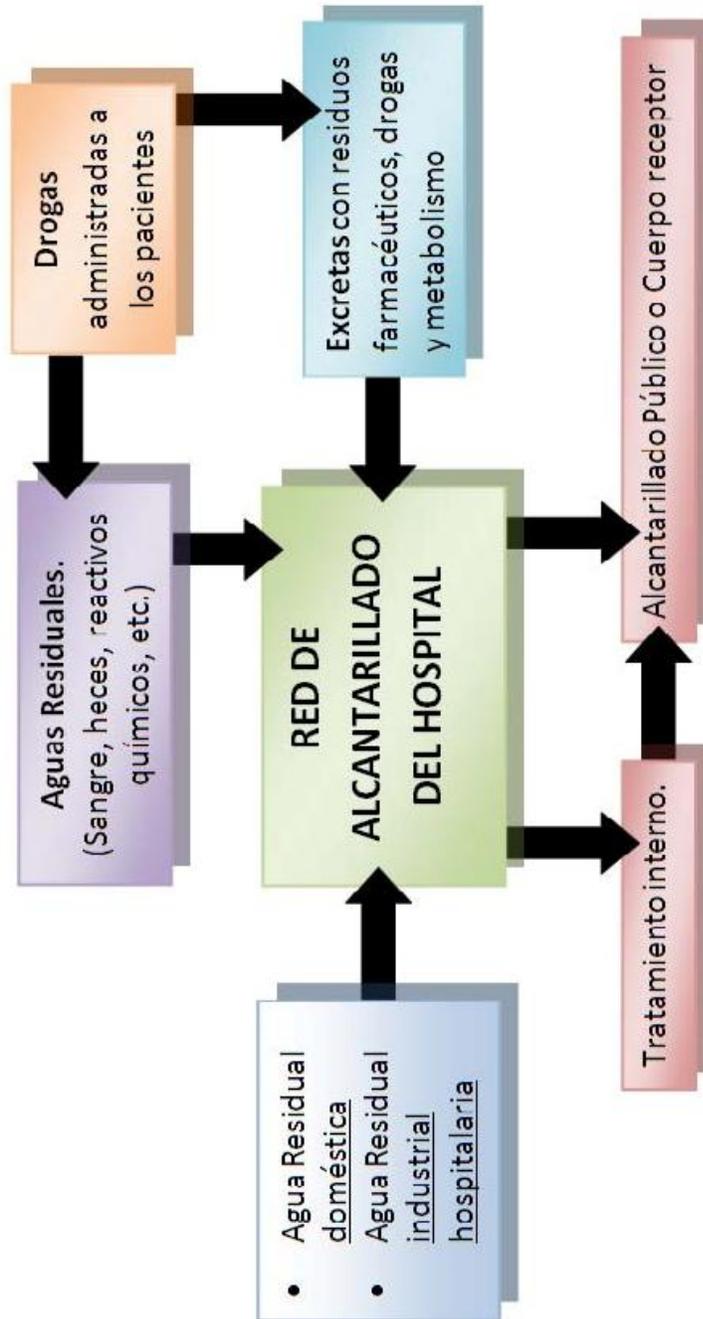
Los hospitales y en general todas las unidades de salud, generan aguas residuales de carácter híbrido, con características industriales y efluentes de cuidados e investigación médica.

- Microorganismos patógenos: Las aguas son el vehículo de microorganismos, bacterias, virus y helmintos.
- Productos químicos peligrosos: Descarga de sustancias químicas utilizadas en limpieza, desinfección o pruebas de laboratorio.
- Medicamentos.
- Isótopos radiactivos: Reveladores y fijadores fotográficos y solventes.

2.3.2.2. Manejo de aguas residuales

La gestión debe estar orientada hacia prácticas de producción más limpia, evitando la generación de los residuos a partir de estrictos controles, ya sea evitando su producción o minimizando el potencial contaminante con una disposición adecuada de residuos. En cuanto a la producción más limpia, se puede decir que es una estrategia de gestión ambiental preventiva que busca optimizar recursos e insumos como materias primas, agua y energía eléctrica y con esto reducir o minimizar sus desechos tanto sólidos, líquidos y gaseosos, logrando con esto una mayor rentabilidad en su proceso productivo tanto desde el punto de vista económico como ambiental. El manejo parte del análisis del ciclo completo del agua dentro del hospital desde el suministro, uso, recolección y disposición final.

Figura 6. Ciclo de agua dentro del hospital.



Fuente: División de mantenimiento, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

2.3.2.3. Alternativas de tratamiento

Entre las alternativas tenemos:

- Procesos Fisicoquímicos: Utiliza fuerzas físicas como la gravedad, el gradiente de temperatura, también adiciona componentes químicos que reaccionan con las sustancias contaminantes.
- Físicos: Cribado o tamizado, Sedimentación primaria, Trampa de grasas, Desarenador
- Fisicoquímicos: Neutralización, Desinfección, Precipitación, Tratamiento térmico.
- Avanzados: Electrodialisis, Ósmosis inversa, Microfiltración, Oxidación.
- Procesos Biológicos: Utilización de bacterias para metabolizar sustancias tóxicas. Formación de biomasa que se alimenta de las sustancias contaminadas.
- Tratamiento aerobio: Biomasa suspendida, Híbrido, Biomasa adherida. Tratamiento con lodos activos y lagunas aireadas.
- Tratamiento anaerobio: Biomasa suspendida, Híbrido, Biomasa adherida. Tratamiento con pozo séptico.

El consumo de agua en los hospitales supera en gran cantidad al consumo de tipo doméstico. En tanto en los hogares el promedio se sitúa en 150 litros/persona/día, en un hospital se encuentra en el rango de 400 a 1200 litros/cama/día.

2.3.3. Ciclo eficiente del agua en el hospital

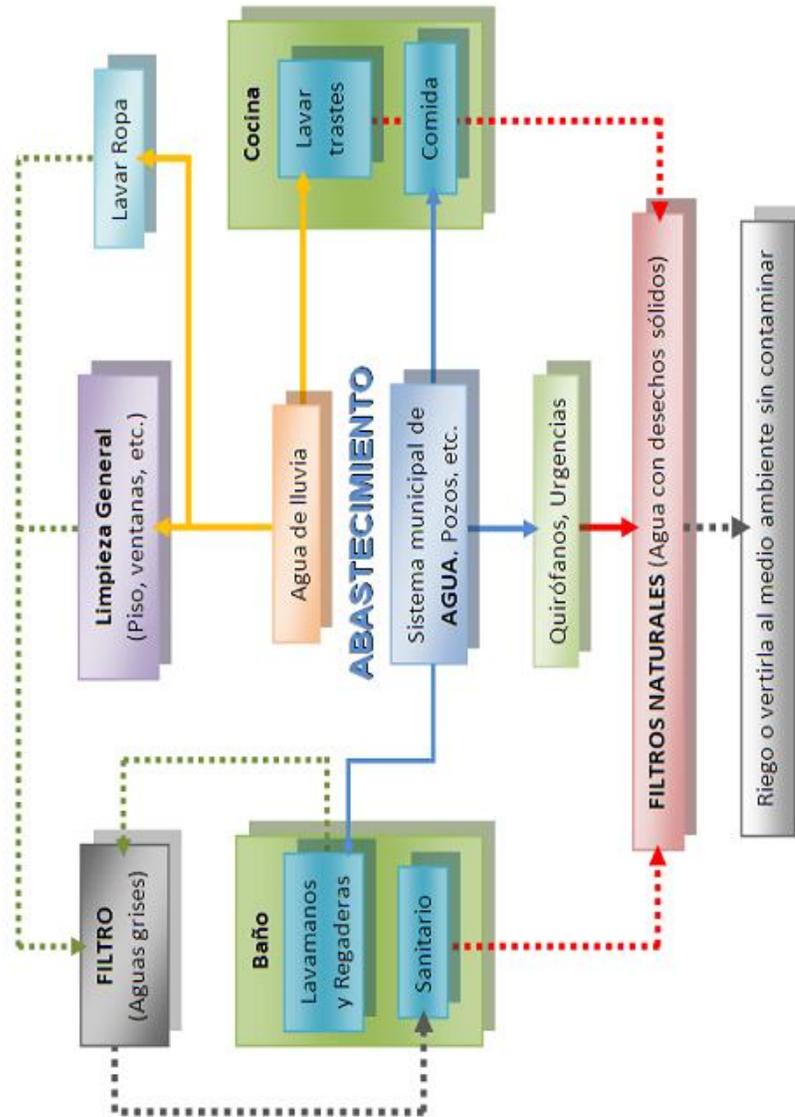
El ciclo del agua dentro del hospital, con el objetivo de aprovecharla al máximo, de modo que afectemos al mínimo al arrojarla al medio ambiente; esto se puede llevar a cabo de la siguiente manera: El abastecimiento del agua se puede subsanar por medio del agua de lluvia (dependiendo de la zona) y agua del sistema municipal.

El agua que provee el suministro municipal es utilizada en los quirófanos, urgencias, cocina y para el aseo personal, después es tratada para ser desechada de manera segura. El agua utilizada en la limpieza de trastes, ropa y general se puede tratar para ser reutilizada en las tasas de baño, y finalmente limpiarla con filtros naturales para poder destinarla al riego o desecharla directamente al medio ambiente sin contaminar.

2.3.4. Suministro continuo de agua

Para tener un suministro constante de agua en nuestras unidades de salud, tanto normalmente como en momentos de contingencia, es indispensable mantener tanques elevados y cisternas en buen estado y limpias; las bombas de agua (hidroneumáticas, bombas para sustraer el vital líquido de los pozos y cisternas) con mantenimientos programados y alternación de parejas de bombas para no discontinuar su funcionamiento básico; mantener limpieza de los pozos de agua y controlados los niveles freáticos para época seca y lluviosa.

Figura 7. Suministro de agua.



Fuente: División de mantenimiento, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social

2.3.5. Ideas prácticas para ahorrar agua

Entre las ideas aplicables tenemos:

- La ducha es mejor que un baño en una tina, siempre que no se prolongue por mucho tiempo.
- Mientras que para llenar una bañera se necesitan 300 litros de agua, una ducha de menos de cinco minutos consume menos de 100 litros.
- Colocar atomizadores en duchas. Truco que agrega aire al agua, dando la impresión de aumento del chorro, con menor cantidad de agua.
- Revisar cisternas por pérdida o fuga de agua.
- Cambio de depósitos grandes antiguos por depósitos pequeños de los sanitarios que consumen menos agua y son más eficientes. Ó Introducir una o dos botellas en el depósito para reducir su capacidad. Poco a poco, empiezan a comercializarse inodoros en los que eliges si se descarga sólo la mitad del depósito (para aguas menores), el depósito entero para deposiciones sólidas.
- No tirar innecesariamente de la cadena del sanitario, se gastan de 10 a 15 litros de agua en cada ocasión.
- Cerrar bien los grifos, 10 gotas de agua por minuto son 2.000 litros desperdiciados al año. Mientras se lavan los dientes o afeitan cerrar el grifo.
- No tirar desperdicios hospitalarios al inodoro.
- No verter aceites por el drenaje, porque resulta muy costoso y difícil depurar esa grasa de los desagües. Verterlo en un recipiente cerrado y tirarlo a la basura.

3. QUIRÓFANOS

3.1. Sala de operaciones generales

Un Quirófano General o Sala de operaciones de aplicación y procedimientos generales (para cirugía general, cirugía ocular, neurocirugía, ortopedia, cirugía plástica, entre otras), se recomienda que tenga 40 metros cuadrados y una sala para procedimientos especializados se recomienda que tenga 60 metros cuadrados.

A pesar de que estas dimensiones parecen exageradas ya que se hacen operaciones en salas de menor tamaño, en muchas instancias éstas son inadecuadas para la cirugía y anestesia actual. La cantidad de equipos en las salas de operaciones cada día es mayor los cuales incluyen: microscopios, equipos para rayos X, para vídeo, monitoreo y otros. Así mismo, pensar que las salas para cirugía pediátrica o cirugía ambulatoria pueden ser más pequeñas, no es razón, pues estas cirugías van paralelas al desarrollo de la tecnología y utilizan múltiples equipos. Obviamente el buen tamaño de la sala hace más fácil trabajar en ella. El tamaño de la puerta es de particular importancia ya que elementos de gran tamaño tales como: camas especiales, mesas de ortopedia, máquinas de circulación extracorpórea entran y salen constantemente de las salas de cirugía. Las puertas de dos partes funcionan bastante bien, ya que si es necesario se aumenta en campo y en caso contrario se abre sólo una hoja. Si se utilizan puertas de madera se recomienda recubrir la parte inferior y los bordes con una lámina de acero inoxidable.

3.2. Sala de operaciones especiales

Una sala de operaciones especial debe tener 60 metros cuadrados netos, con dimensiones mínimas por lado de 7.5 metros, pero no menos de 40 metros cuadrados netos, con dimensiones mínimas por lado de 6.5 metros. Para operaciones cardiovasculares las salas deben tener dimensiones mínimas de 65 metros cuadrados netos. La sala de operaciones enseñanza es principalmente para enseñanza, pero puede usarse para cualquier otra cirugía especial que requiere una sala de mayores proporciones. Las salas de operaciones de enseñanza y especial no deben exceder de 75 metros cuadrados netos, con dimensiones mínimas por lado de 7.9 metros. Las dimensiones de quirófanos son de altura normal requerida 3.00m, altura mínima requerida 2.80m, altura máxima requerida 3.20m, ancho 5.00m ancho, largo 5.40m sala de partos, ancho 4.00m, largo 5.00m, altura 2.80m, zócalo sanitario 10-15 cm para (área semi-esteril).

Son elementos básicos:

- Lavamanos,
- Cuartos para almacenar equipos,
- Área de comunicaciones, dictáfonos y programación de cirugía,
- Almacén encargado de los suministros de material médico quirúrgico y medicamentos.

En cada uno de estos espacios es necesario predecir el tamaño y la localización teniendo en cuenta el objetivo general del proyecto e igualmente que en la actualidad es necesario almacenar mayor cantidad de equipos que en el pasado.

Los acabados deben ser esterilizables, pueden ser de plástico vulcanizado o revestimientos no porosos con resinas y con coeficiente eléctrico negativo. Todas las aristas verticales y horizontales de los muros deberán ser de media caña. Los elementos que se dispongan sobre los muros deberán ir perfectamente incrustados con el objeto de evitar la acumulación de polvo. La curva sanitaria debe aplicarse a las uniones:

- Pared-pared
- Pared-techo
- Piso-pared

3.3. Equipos de comunicación

Comunicación es otro aspecto importante del diseño de salas de cirugía. Teléfonos, intercomunicadores, sistemas de buscapersonas y computadores, hacen parte importante de las salas de cirugía modernas. Igualmente cámaras de televisión y monitores son útiles para teleconferencias. El número y la localización dependen de las necesidades del equipo quirúrgico, sin embargo al menos un teléfono y un intercomunicador por cada sala de cirugía facilita enormemente las comunicaciones internas y externas, así mismo estos equipos pueden ser factor de distribución en las salas.

Los computadores y las terminales del sistema interno hacen parte del sistema de comunicaciones que no pueden quedar de lado en la actualidad. Cada hospital tiene sus propias necesidades de intercomunicación y un sistema particular de desarrollar sus actividades lo que hace que cada grupo pueda realizar su diseño de comunicación.

3.4. Distribución de gases medicinales

Los representantes del grupo de anestesia que participan en el diseño de la sala deben determinar el número y la localización de las conexiones que van a suplir la sala o el quirófano. Como mínimo existirán dos conexiones de oxígeno, una de aire medicinal, un sistema de evaluación y dos tomas de vacío, ubicadas en la cabecera de la mesa quirúrgica. Los métodos para poner en disposición estas conexiones son elegidos de acuerdo a la comodidad y a la disposición de presupuesto. Pueden ser simplemente mangueras con acoples rápidos con la codificación internacional, o columnas con brazos articulados. La localización exacta de estas conexiones es muy importante pues pueden caer directamente sobre los equipos y producir daños o quedar muy retirados, necesitando largas extensiones de manguera que obstruyen la circulación. Usualmente están colocados en la esquina derecha de la sala a un ángulo de 45 grados y a unos dos metros del ángulo, sin embargo es mejor individualizar en cada sala.

3.4.1. Supervisión y control de gases medicinales

Se debe aplicar las tecnologías existentes que soporten los cambios en el campo de la supervisión y control de instalaciones electromecánicas de forma integral, con el fin de: observar, controlar y mantener, en óptimas condiciones las mismas. Elevando el grado de eficiencia y duración, además de poder monitorear el estado de operación del sistema de gases médicos, para obtener reportes impresos o acceder a los archivos del programa con el objetivo de tener ahorros de costos de operación y de mantenimiento con menor personal al reducir los tiempos muertos ocasionados por fallas en los equipos. El sistema debe tener la capacidad de administrar adecuadamente las siguientes instalaciones:

- Oxígeno
- Aire Médico (presión +)
- Vacío (presión -)

Al administrar este tipo de instalaciones de manera automática y/o manual, se obtienen grandes beneficios en la calidad, mantenimiento y seguridad del servicio que se brinda al usuario, ya que se elimina la posibilidad de falla humana y/o errores de operación en los equipos, al analizar y mantener constantemente los rangos de suministro indicados, además de lograr ahorros significativos en los consumos de los gases que son suministrados en las áreas de quirófanos, terapia intensiva, recuperación, urgencia, inhalo terapia, fisiología pulmonar, hospitalización y encamados.

El programa debe lograr un adecuado y seguro manejo de las instalaciones de gases medicinales para la atención médica especializada, ya que detecta y corrige oportunamente cualquier variación de los parámetros de suministro establecidos que pueden causar daños profundos en la salud, manteniendo siempre la calidad del servicio ofrecido al derecho-habiente.

3.4.1.1. Gases médicos

Las tomas de Oxígeno, Aire Médico y Vacío, deben proveerse dentro de la sala de quirófano en columna cielítica telescópica de acero inoxidable a una distancia de 90 a 120 cm de la esquina de la mesa de operaciones al centro de la columna. Si las tomas de oxígeno y aire se requirieran en pared deben colocarse a 1.35 m. de del piso hacia arriba, según se requiera en el diseño del quirófano.

La instalación de válvula de zona de los gases médicos deberá colocarse en la parte exterior sobre el pasillo semi-estéril. El abastecimiento y distribución de oxígeno en tuberías serán de cobre rígido tipo "L" previamente lavadas con trifosfato de sodio y agua caliente en una proporción al 3%, por el método de inmersión, las conexiones serán de cobre forjado para soldar previamente lavadas con trifosfato de sodio y agua caliente en una proporción al 3% por el método de inmersión.

Los materiales en uniones soldables de cobre a cobre, se usará soldadura fosforada y en uniones de cobre a bronce se usará soldadura de plata mínimo al 40% en ambiente de nitrógeno y sin fundente, en uniones roscadas, se usará teflón en pasta, las válvulas de seccionamiento serán del tipo "bola" con cuerpo de bronce o latón forjado, asiento y empaques de teflón, manija para abrir o cerrar con un giro de 90°, libres de grasa y para una presión de trabajo de 28 kg/cm².

Tabla I. Tuberías Horizontales

TUBERÍAS HORIZONTALES	
Diámetro de la tubería (mm)	Separación (mt)
13	1.80
19	2.10
25	2.40
32	2.70
38 ó mayor	3.00

Fuente: División de mantenimiento, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

Tuberías verticales se instalarán en 2 soportes por entrepiso en cualquier diámetro, todas las tuberías, se pintarán de acuerdo con el código de colores. Las válvulas de seccionamiento de acuerdo con las indicaciones siguientes:

- En la línea principal después del equipo de regulación de la central de abastecimiento.
- En la línea principal que alimente un cuerpo o ducto inmediato a la conexión.
- En cada sala de operaciones o sala de expulsión, para poder ser accionadas por el exterior de la sala.
- En salas de cuidados intensivos y de recuperación postoperatoria una válvula por cada 4 camas, además una válvula dentro del panel prefabricado de cada cama.
- En cada ala de un piso de encamados, localizada en el corredor y lo más cerca posible de la columna y además una válvula por cada 10 camas.

Además de los lugares antes mencionados, se pondrán válvulas de seccionamiento por zonas o locales, dependiendo de la importancia de la zona o local. Las presiones de trabajo en las tuberías de la red de distribución serán de 3.87 kg/cm² en su inicio y mínima de 3.59 kg/cm² en la salida mural más lejana. Estas presiones son manométricas.

3.4.1.2. Máxima pérdida de presión permisible

La máxima pérdida de presión permisible por fricción es de 0.28 kg/cm² en cualquier línea considerada.

Sin embargo, como las pérdidas calculadas están en función de las pérdidas al nivel del mar y éstas están afectadas del factor $(P_i/4.548)$, la máxima pérdida de presión también debe ser afectada por ese factor, o sea: Máxima Pérdida de Presión por Fricción = $0.28 (P_i/4.548)$. Los diámetros de los diferentes tramos de la red se seleccionarán tomando en cuenta el gasto del tramo y la longitud equivalente del mismo, de tal forma que la suma de las pérdidas de presión por fricción, en función de los nomogramas de pérdidas por fricción al nivel del mar, no sea mayor de $0.28 (P_i/4.548)$ kg/cm² en cualquier línea considerada.

Dentro de lo posible, se recomienda que los tanques termo para oxígeno líquido sean colocados a una distancia no menor de 1.5 metros de la pared del lindero del predio. 10 metros de líneas aéreas de alta o baja tensión sin recubrimiento aislante. 5 metros de líneas subterráneas de alta tensión. 7.5 metros de materiales sólidos combustibles, como madera, papel, tela, etc. 7.5 metros de cualquier subestación eléctrica. 15 metros de almacenes de alcoholes o de materiales explosivos. 15 metros de oficinas y centros de aglomeración de personal. 6 metros de cualquier tanque de almacenamiento de combustible, líquido o gaseoso, enterrado o elevado, y separados con un muro de 3.0 metros de altura como mínimo.

3.4.1.3. Abastecimiento y distribución de aire comprimido

Un sistema de suministro y distribución de aire comprimido medicinal consiste en el equipo de compresión con su tanque de almacenamiento, post-enfriador, secador, filtros, equipo de control y válvulas, así como la red de tuberías de distribución destinadas a alimentar las salidas murales con el gasto y la presión requeridas.

Se usa en varios lugares del hospital, para hacer succión por medio de dispositivos con conexión "venturi" y para diluciones con oxígeno utilizado en terapia respiratoria. El aire comprimido para uso médico debe cumplir con los parámetros de calidad siguientes:

A) Agua

- No se permite ningún contenido de agua en forma líquida.

B) Aceite

- No se permiten compresores lubricados por aceite.
- No se permite ningún contenido de aceite en forma líquida.

C) Olor

- No debe exceder de 500 ppm. Monóxido de carbono (CO).
- No debe exceder de 10 ppm. Óxidos de nitrógeno.
- No deben exceder de 2.5 ppm. Dióxido de sulfuro.

3.4.1.4. Abastecimiento y distribución de succión

Un sistema de succión central consiste en un equipo de bombeo de "vacío", un tanque de "vacío" y una red de tuberías de succión que van desde el tanque hasta las salidas murales. Tanto el tanque como las tuberías están trabajando a una presión menor que la presión atmosférica. Las pérdidas de presión por fricción de los diferentes tramos se calcularán siempre en base a la presión absoluta de operación. Para tal efecto utilice los nomogramas de pérdidas de presión por fricción en tuberías de succión.

Estos nomogramas están calculados para presiones absolutas desde 380.0 mm hasta 41.6 mm de columna de mercurio (0.517 a 0.0566 kg/cm²). La máxima pérdida de presión por fricción en cualquier línea considerada será de 76.2 mm de columna de mercurio. Los diámetros de los diferentes tramos de la red se seleccionarán tomando en cuenta el gasto del tramo y la longitud equivalente del mismo, de tal forma que la suma de las pérdidas por fricción en cualquier línea considerada no sea mayor de 76.2 mm de columna de mercurio, y el diámetro mínimo será de 19 mm.

La central de succión será autosuficiente y deberá tener capacidad para proporcionar un "vacío" de 482.6 mm de columna de mercurio con un gasto de aire libre igual al gasto máximo probable de la red multiplicado por la relación $760/P_b$, siendo P_b la presión barométrica del lugar, lo cual da el gasto de aire libre a la altitud de la localidad relacionado con el gasto de aire al nivel del mar. Dependiendo de la marca y capacidad de las bombas, el tanque de "vacío" puede estar separado de las bombas o cada bomba montada sobre su tanque, por lo que en cada caso hay que coordinarse. El aire extraído del tanque por las bombas se debe mandar al exterior del edificio, para lo cual a la conexión de "escape de aire" de cada bomba se le debe proyectar una tubería de escape atmosférico y conectarlas entre sí para hacer una sola salida al exterior, preferentemente en la azotea.

La boca de salida debe estar separada, por lo menos 3 metros de puertas y ventanas, y 5 metros de bocas de admisión de aire de los compresores y de las de equipos de aire acondicionado. Esta boca de descarga debe estar hacia abajo y protegida con malla. Se debe instalar un filtro de bacterias sobre la tubería de vacío que viene de los servicios y el tanque de "vacío".

La pérdida por fricción, tomando en cuenta el gasto máximo de aire libre y la longitud equivalente, no debe ser mayor de 0.07 kg/cm² (0.7 metros de columna de agua). Se recomienda que los equipos traten de localizarse de preferencia en la casa de máquinas.

3.5. Diagnóstico energético

Las labores de ahorro de energía deben comenzar con un diagnóstico energético, donde **se** contempla lo siguiente:

- Recopilación de información
- Identificación de mejoras
- Mediciones y registros de consumos
- Realización de diagramas
- Análisis de costo / beneficio de mejoras
- Balanceo de cargas
- Evaluación de las mediciones
- Plan de acción de mejoras

Tabla II. Plan de acción para comité de ahorro de energía.

Ejemplo de Plan de Acción					
HITO	MEDIDA	TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN	ACCIONES REQUERIDAS	RESPONSABLE DE TAREA	FECHA
1	Elaborar Diagnóstico Energético	Inmediato	<ul style="list-style-type: none"> * Recolectar los datos generales del hospital * Registro de las mediciones necesarias * Determinación de los indicadores energéticos * Desglose de los consumos y costos de energía 		
2	Programa de Motivación al Personal	Inmediato	<ul style="list-style-type: none"> * Carteles de difusión * Charlas de sensibilización y concientización * Lluvia de ideas con el personal * Otros medios de difusión 		
3	Optimización Tarifaria	Inmediato y Mediano Plazo	<ul style="list-style-type: none"> * Recolección de las facturas de electricidad * Cálculos de los consumos promedios de energía y potencia en horas punta, fuera de punta * Comparación de costos con diferentes opciones tarifarias 		
4	Cambio Progresivo de Fluorescentes T12 por T8	Progresivo	<ul style="list-style-type: none"> * Solicitud de compra de fluorescentes T8 * Sustitución de fluorescentes deteriorados o al final de su vida útil por fluorescentes T8 		
5	Compensación de Energía Reactiva	Mediano Plazo	<ul style="list-style-type: none"> * Verificar si existe facturación por energía reactiva * Estimar tamaño de Banco de condensadores. Utilizar el software Bancocondensar (descargar de la web del PAE) * Evaluar la factibilidad económica para implementarlo 		
6	Elaboración de Diagramas de Carga de Energía Eléctrica y Térmica	Mediano Plazo	<ul style="list-style-type: none"> * Realizar mediciones de la energía eléctrica global y parcial * Realizar mediciones del consumo de combustible global y parcial * Elaborar los diagramas de carga de energía 		
7	Estudio de los Diagramas de Carga y Redistribución	Mediano Plazo	<ul style="list-style-type: none"> * Identificar los picos de demanda 		
8	Primera Evaluación de la Campaña	Mediano Plazo			

Fuente: División de mantenimiento, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

Tabla III. Formato a considerar en el comité de ahorro de energía.

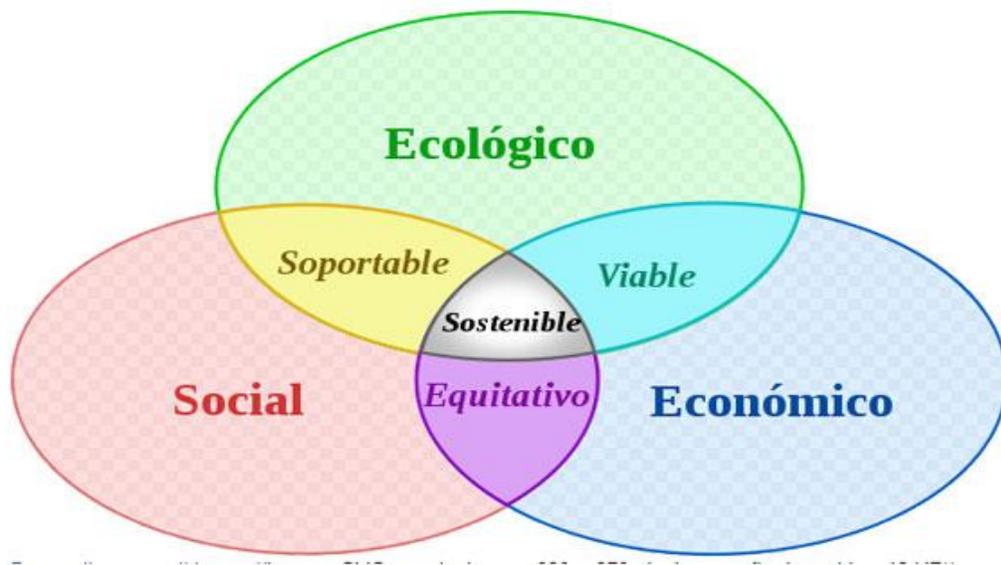
Descripción		Unidad	Mes Actual	Promedio Anual
1. DATOS GENERALES DEL HOSPITAL				
a	Número de pacientes	paciente		
b	Área construída	m ²		
d	Consumo de energía eléctrica	kWh/mes		
e	Consumo de energía térmica	kWh/mes (*)		
f	Consumo total de energía (d+e)	kWh/mes		
g	Costos de energía eléctrica	\$/mes		
h	Costos de combustibles	\$/mes		
i	Costo total de energía (g+h)	\$/mes		
2. INDICADORES ENERGÉTICOS				
	Consumo de EE por paciente (d/a)	kWh/paciente		
	Consumo de ET por paciente (e/a)	kWh/paciente		
	Consumo de energía por paciente (f/a)	kWh/paciente		
	Consumo de EE por m ² (d/b)	kWh/m ²		
	Consumo de ET por m ² (e/b)	kWh/m ²		
	Consumo de energía por m ² (f/b)	kWh/m ²		
	Costos de EE por paciente (g/a)	\$/paciente		
	Costos de ET por paciente (h/a)	\$/paciente		
	Costos de energía por paciente (i/a)	\$/paciente		
	Costos de EE por m ² (g/b)	\$/m ²		
	Costos de ET por m ² (h/b)	\$/m ²		
	Costos de energía total por m ² (i/b)	\$/m ²		
3. DESGLOSE DE CONSUMO DE ENERGÍA				
	Iluminación	kWh/mes		
	Aire acondicionado	kWh/mes		
	Equipos Médicos	kWh/mes		
	Ascensores	kWh/mes		
	Otros	kWh/mes		
	Total Consumo de Energía (f)	kWh/mes		
4. DESGLOSE DE COSTOS DE ENERGÍA				
	Iluminación	\$/mes		
	Aire acondicionado	\$/mes		
	Equipos Médicos	\$/mes		
	Ascensores	\$/mes		
	Otros	\$/mes		
	Total Costos de Energía (i)	\$/mes		
(*) La equivalencia es de 38,41 kWh/gal D2 y 28,51 kWh/gal GLP; según Petroperú - Comercialización y Transporte de Combustible. Mayor información en: www.petroperu.com/petro				

Fuente: División de mantenimiento, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

4. APLICACIÓN DEL AHORRO ENERGÉTICO Y LA UTILIZACIÓN DE SISTEMAS SOLARES

El ahorro de energía o eficiencia energética, consiste en la optimización del consumo energético, cuyo objeto es disminuir el uso de energía pero produciendo los mismos resultados finales. Definimos a los paneles solares como módulos que son capaces de aprovechar la energía emanada por el Sol, más comúnmente conocida como radiación solar tipo de energía alternativa no sólo no contamina el medio ambiente sino que nos representa un gran ahorro económico. Las energías renovables o energías alternativas son hoy, en el siglo XXI, una prioridad en los países industrializados y una necesidad en las economías emergentes.

Figura 8. Desarrollo sostenible.



Fuente: División de mantenimiento, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

El principio de desarrollo sostenible es satisfacer las necesidades de la presente generación sin comprometer las capacidades de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Los tres fundamentos del desarrollo sostenible son: la economía, lo social y lo económico. La ínter-relación y el equilibrio entre estos pilares nos imponen conceptos como: la equidad, el equilibrio entre el bienestar social y la economía; la viabilidad, en donde se establece un equilibrio entre lo económico y el medio ambiente; y el componente de soportabilidad que se establece el equilibrio entre el bienestar social y el medio ambiente. El balance entre estas tres uniones define un desarrollo como sostenible.

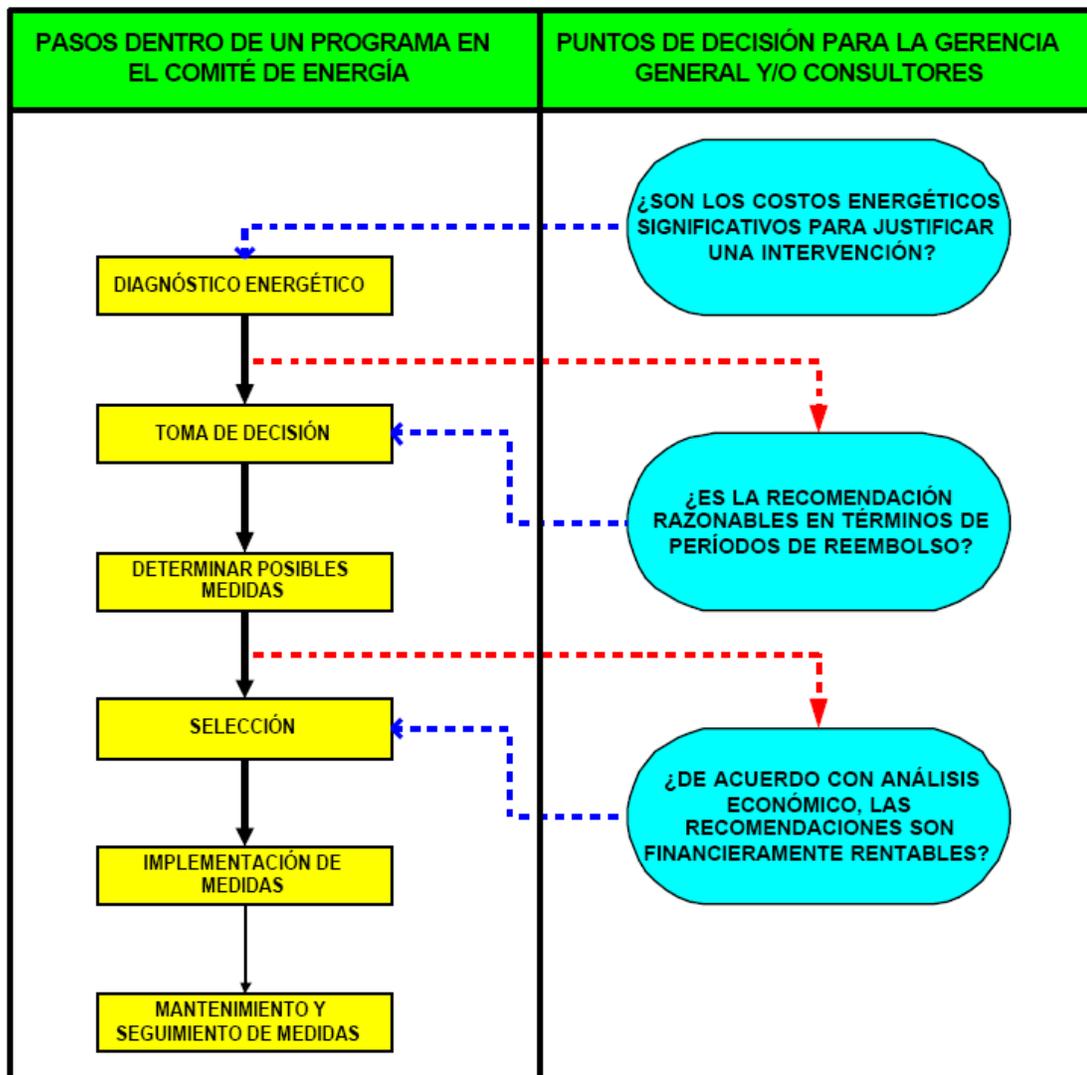
4.1 Hospitales y Unidades de salud

En esta parte se comentarán algunas aplicaciones que se han realizado e implementado en algunos hospitales de Latinoamérica, a manera de ejemplo, para estimular la imaginación y crear otras formas de utilizar las energías renovables en los centros y unidades de salud, y tomar medidas técnicas para ahorrar energía no renovable (proveniente de en su mayoría de termoeléctricas y algunas hidroeléctricas en el país) como la que actualmente utilizamos.

Para ahorrar energía eléctrica en nuestras unidades de salud y que sea reflejado en el costo monetario que debe pagar la institución, deberíamos adoptar las siguientes medidas para empezar. Ahorro de Energía garantizando la seguridad de los pacientes, reduciendo el riesgo de accidentes y las sanciones económicas relacionadas. Una política de mantenimiento al sistema eléctrico es esencial para garantizar un rendimiento energético seguro,

incluyendo el sistema de tierra. La calidad de la energía contribuye a evitar alteraciones y daños en los sensibles equipos médicos.

Figura 9. Programa de comité de ahorro de energía



Fuente: División de mantenimiento, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social. Hospital de Gineco Obstetricia.

Reducción de los gastos energéticos directos en Aire Acondicionado (A/A), ventilación e iluminación: El ahorro de energía es cada vez más atractivo.

Subcontratación del mantenimiento especializado: Se prefiere la subcontratación de este tipo de mantenimiento especializado, debido a los temas de políticas de ahorro de costes y competencias de mantenimiento.

4.1.1. Soluciones para ahorrar energía, vapor y agua

A continuación se presenta una breve lista de aspectos que se pueden llevar a cabo para mejorar los sistemas de energía, vapor y agua:

- Análisis del uso de la energía y gasto energético.
- Optimización de tarifas energéticas y contratación.
- Monitorización y control de la energía.
- Control de bombas y ventiladores en edificios.
- Control de refrigeración.
- Control de aplicaciones en equipo industrial.
- Control de iluminación.
- Formar brigadas de control
- Capacitar al personal

4.1.1.1. Análisis del uso de la energía y gasto energético

El análisis del consumo de energía permite asignar costes a las diferentes infraestructuras de la unidad de salud y ratios de producción energética, permitiendo identificar las principales áreas y mejorar su uso energético, así como verificar el impacto de las medidas energéticas adoptadas.

Tabla IV. Propuesta para ahorro energético.

ENERGÍA	Mantener circuitos balanceados
	No realizar conexiones esporádicas
	No sobrecargar las líneas
	Reemplazar líneas dañadas
	Usar equipo en buen estado
VAPOR	Usar Calderas eficientes
	Optimizar los sistemas
	Completar el ciclo de vapor
	Limpieza constante en tuberías
	Clasificar materiales de desecho
AGUA	Crear brigadas de salud
	Mantener grifos en buen estado
	Calibrar válvulas de presión
	Realizar tratamientos primarios
	Reciclar el agua

Fuente: Propuesta propia

4.1.1.2. Optimización de las tarifas y contratación

Las soluciones para la optimización de tarifas energéticas pueden tener un impacto significativo en los gastos generales de la instalación. Las unidades de salud y/o el instituto pueden optimizar el coste de su energía si poseen los conocimientos y experiencia necesarios para negociar acuerdos de suministro ventajosos. Se pueden obtener importantes beneficios con estrategias que contemplen los distintos periodos tarifario.

4.1.1.2.1. Estrategias:

Entre las estrategias aplicables tenemos:

- Cambio de tarifa según horarios del Cliente y franjas horarias de consumo.
- Desplazamiento de puntas de cargas en el tiempo
- Evitar recargos por excesos de consumo.
- Evitar recargos por consumo de energía reactiva.

4.1.1.3. Monitorización del consumo energético

La monitorización del consumo energético permite realizar:

- Un mantenimiento predictivo,
- Medición de armónicos y
- Seguimiento del consumo.

La monitorización permite crear:

- Alarmas,
- Registro de eventos, y
- Análisis de calidad de energía.

4.1.1.4. Ideas prácticas para ahorrar energía

Entre éstas ideas tenemos las siguientes:

- Mejorar el aislamiento de la unidad de salud y su diseño arquitectónico, ya que la mitad de la energía que se consume, escapa por ventanas, rendijas o puertas.
- Cambiar las unidades de aire acondicionado de ventana por una centralizada con control independiente y mayor eficiencia.
- Intentar mantener ligeramente la temperatura de las áreas hospitalarias, siempre ligeramente por debajo de los 20°C.
- Regular la temperatura del calentador del agua, colocarlo a menos de 60°. Por encima de eso se desperdicia energía.
- Utilizar la lavadora cuando esté llena. Procurar lavar en frío.
- Usar el lavavajillas (si se posee en la unidad de salud) cuando esté completamente lleno, sin cargarlo en exceso sobreponiendo los utensilios.
- Apagar los aparatos y equipo que no se utilicen. Hay que evitar, incluso dejarlos en “stand by” (con la lucecita piloto roja encendida) porque están consumiendo una energía que no consumirían si estuvieran apagados del todo.

- Las cocinas eléctricas consumen tres veces más energía que las de gas, *(utilizar más la olla de presión y tapas en las cacerolas para ahorro de tiempo y energía).*

Figura 10. Sistema de aire acondicionado.



Fuente: Auditoria energética división de mantenimiento, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social. Hospital 7-19.

4.1.1.5. Control de bombas y ventiladores en los edificios

Los variadores de frecuencia permiten ajustar la velocidad de la bomba o el ventilador, incrementando esta velocidad poco a poco, evitando las altas demandas de corriente. El resultado es un ahorro increíble en comparación con las soluciones convencionales:

4.1.1.6. Control de refrigeración

Un sistema de control de la refrigeración inteligente, basado en un controlador que optimice la programación del compresor y del ventilador, proporcionará un control de la temperatura y un funcionamiento mejorado, consiguiendo importantes ahorros de energía.

4.1.1.7. Control de aplicaciones en los servicios médicos

Las aplicaciones más comunes son:

- Aire comprimido verificando que no haya pérdidas de presión en el circuito (sobre todo en los compresores de aire y compresores de vacío)
- Control de hornos, aprovechando el calor que se genera.
- Control de presión de la inyección de combustible, vapor, etc.

4.1.1.8. Control de iluminación

La iluminación puede representar hasta el 40% del consumo de energía en edificios, según el segmento. Por ello aplicar soluciones eficaces en su control puede ahorrar fácilmente hasta el 50% de la factura de electricidad, en comparación con los métodos tradicionales. Las soluciones ofrecen una forma automática de optimizar la iluminación basándose en los 3 parámetros principales indicados anteriormente: tiempo, intensidad y presencia, solos o combinados.

4.1.1.9. Control calefacción, ventilación y A/A (HVAC)

Se pueden realizar las siguientes acciones:

- El aire acondicionado, los ventiladores y los calentadores pueden representar hasta el 70% del consumo de energía, según el segmento.
- Se pueden combinar distintos métodos para conseguir ahorros entre el 15 y el 30% en los costes energéticos para HVAC:
- Programar el punto de ajuste de temperatura en función de la ocupación.
- Adaptar la potencia de calefacción o refrigeración según las necesidades reales del edificio.
- Elevar la temperatura al nivel cómodo cuando se detecte la presencia de ocupantes.
- Adaptar el flujo de ventilación según la ocupación o el nivel de contaminación del aire interno.
- Recuperar energía de calefacción o refrigeración del aire extraído.

Tabla V. Ahorro en sistemas de vapor

Ahorro por regulación de combustión

Item	Descripción	Unidad
1	Número de lámparas a reemplazar	1 584
2	Ahorro energético	18 248 kWh / año
3	Ahorro económico	912 US \$ / año

Ahorro por mejora del aislamiento

Item	Descripción	Unidad	Unidad S.I.
1	Calor dejado de perder	109 633 333 kcal/año	458 706 MJ / año
2	Poder Calorífico inferior D2	33 000 kcal/gal	138 MJ / año
3	Ahorro de combustible	2 990 gal/año	11,32 m ³ / año
4	Ahorro económico	3 260 US\$/año	3 260 US \$ / año

Ahorro por mejora del retorno de condensado

Item	Descripción	Unidad	Unidad S.I.
1	Calor perdido	21 094 560 kcal/año	88 259 MJ / año
2	Ahorro de combustible	640 gal/año	2,42 m ³ / año
3	Ahorro económico	697 US\$/año	697 US \$ / año

Ahorro por disminución de pérdidas de vapor

Item	Descripción	Unidad	Unidad S.I.
1	Ahorro de combustible	770 gal/año	2,91 m ³ / año
2	Ahorro económico	839 US\$/año	839 US \$ / año

Ahorro por mejora de operación de marmitas

Item	Descripción	Unidad	Unidad S.I.
1	Pérdidas de vapor	48 060 kcal/año	201 MJ / año
2	Ahorro de combustible	1 068 gal/año	4,04 m ³ / año
3	Ahorro económico	1 164 US\$/año	1 164 US \$ / año

Fuente: Auditoría energética división de mantenimiento, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

4.1.1.10. Automatización de Edificios

En la automatización, lo mínimo a realizar sería:

- En los edificios, los sistemas HVAC y la iluminación son responsables del 80% del consumo energético, aproximadamente.
- Los sistemas de control y automatización contribuyen al ahorro de energía ya que puede controlar todos los servicios del edificio, HVAC, iluminación, persianas, pantallas, alimentación, seguridad, y conseguir que se optimicen entre sí: resultado: ahorro del 15 al 30% en los costes energéticos.

4.1.2. Ahorro en el Costo de la Energía Eléctrica

Determinar a través de un estudio del histórico de sus facturas, del último año, si podemos optimizar la factura y las tarifas que ha de aplicarle la compañía eléctrica que le suministra la energía. Estas tarifas, se determinan a través de la obtención de datos críticos en los costes de la misma como:

- El factor de potencia de la instalación.
- Corrección de dicho factor de potencia.
- Determinación del índice o valor adecuado de la energía reactiva.
- Corrección de la potencia de contratación adecuada a la instalación.
- Modificación de la factura a la tarifa más adecuada.
- Corrección y análisis de la tarifa de discriminación horaria adecuada.
- Gestiones de negociación y contratación, por gran consumo.
- Negociación de precios del mercado libre de energía.

Esta posibilidad de optimizar los costes derivados del consumo eléctrico, es independiente de otras medidas de ahorro a aplicar, las cuales se consideran aparte y con independencia de dicha adecuación. También se debe tomar en cuenta que todos los equipos que tienen transformadores, rectificadores, y/o reguladores (esto es: cargadores de celulares, cargadores de baterías en equipo médico, UPS para computadoras, televisores, equipos en “Stand by”, etc.) tienen bobinas que conectadas permanentemente a la red eléctrica, siempre estarán consumiendo energía eléctrica, aunque no estén conectados a los equipos.

4.2. Utilización de sistemas solares

Los Sistemas de calentamiento de agua por medio de energía solar con tuberías de cobre, al ser instalados son sistemas que representa una alternativa para hacer más eficiente el uso del agua y la energía, en este tipo de establecimientos de salud.

4.2.1. Características técnicas

Los equipos se colocan en los techos o azoteas de algunos de los edificios del hospital. El sistema puede estar conformado por:

- Varias decenas (dependiendo del tamaño del servicio o de la unidad de salud) de colectores solares planos, cada uno de 2.8 m² de captación solar unitaria.
- Termo-tanques con capacidades de 200, 400 a 2000 litros, dependiendo la necesidad a cubrir.

4.2.2. Utilización del agua caliente

El agua caliente es utilizada fundamentalmente para la higiene personal de empleados, médicos residentes y pacientes, para las necesidades de la cocina y en las terapias del área de rehabilitación (piscinas, tinas de hidroterapia, baños, etc.), precalentamiento del agua que ingresa a las calderas.

El porcentaje restante de la necesidad de agua caliente dentro de las instalaciones de la unidad de salud se cubre con las mismas calderas (si la unidad de salud utiliza ese tipo de generador de vapor).

4.2.3. Funcionamiento y mantenimiento

El funcionamiento de los equipos es excelente, además su instalación es sencilla y, no requiere de reparaciones o mantenimientos continuos.

4.2.4. Ahorros de combustible

El uso de sistemas solares, para calentamiento de agua, representa un importante ahorro, ya que a pesar de que estos sistemas cubren sólo un porcentaje relativamente bajo en dependencia a la cantidad de colectores solares de los requerimientos del hospital, las cantidades que se pagan mensualmente por el consumo de combustible son muy grandes y cualquier reducción en este consumo es muy significativa.

Tabla VI. Ahorro por regulación de combustión

Item	Descripción	Unidad	Unidad S.I
1	Consumo de diesel 2	42 700 gal / año	161,62 m ³ / año
2	Eficiencia actual (medio)	80 %	80 %
3	Eficiencia mejorada (medio)	83 %	83 %
4	Ahorro de combustible	1 540 gal / año	5,83 m ³ / año
5	Ahorro económico	1 678 US \$ / año	1 678 US \$ / año

Fuente: Auditoría energética división de mantenimiento, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

4.2.5. Inversión y rentabilidad

Los sistemas de calentamiento de agua con energía solar aplicables en las unidades de salud pueden ser funcionales y rentables. Se calcula que el costo de inversión en estos sistemas se puede recuperar en menos de cuatro años, evitando el gasto de combustible que generaría el calentamiento de esta misma agua. Si midiéramos el ahorro monetario por la disminución del desperdicio de agua, la rentabilidad del sistema sería más alta y su tiempo de recuperación más corto

4.2.6. Ventajas

Las ventajas del uso de sistemas de calentamiento de agua con energía solar en un hospital son múltiples:

- El ahorro de combustible y el ahorro monetario.
- La fuente de energía que provee al calentador solar es gratuita, por lo que jamás estará relacionada a fluctuaciones de precios como en el caso del diesel o del gas GLP.

- Los costos de operación son nulos, ya que trabaja solo y no requiere de personal, además, su mantenimiento es básicamente de limpieza.
- El sistema es ecológico, ya que no contamina en ninguno de sus procesos, ni en su instalación ni en su utilización.
- Su uso disminuye las emisiones locales producto de la combustión de gas, como los óxidos nitrosos (NOx) y monóxido de carbono (CO), además de ofrecer beneficios ambientales a nivel global, ya que se reducen las emisiones de bióxido de carbono (CO₂).
- Las tuberías de cobre que conforman el sistema ofrecen durabilidad, resistencia, confiabilidad, eficiencia e higiene, ya que dicho metal no se oxida y no se forman incrustaciones.

Aunado a lo anterior, el agua caliente proveniente de este tipo de sistema, no depende del suministro de combustible, que muchas veces no es confiable. La energía solar está ahí y sólo se tiene que saber aprovechar. Por todas sus ventajas y beneficios, la utilización de sistemas de calentamiento solar de agua con tuberías de cobre puede satisfacer de manera exitosa los requerimientos de agua caliente de las unidades de salud u hospital. Además, su uso nos convierte en colaboradores en la mejora ambiental del entorno local y global.

4.3. Análisis de pérdidas y ahorro de energía

Entre las pérdidas de energía estas tenemos:

- Cada 20-22°C. sobre la temperatura óptima del flujo de gases, significa una pérdida de energía de 1%.

- Cada 1% de oxígeno, (equivalente a 5% de exceso de aire) en los humos es indicativo de una pérdida de energía de 0.5%.

4.4. Recomendaciones operacionales en calderas y fugas de vapor del sistema de distribución

Las actividades para implementar las siguientes recomendaciones, a ser realizadas por el usuario, requieren previamente de la realización del diagnóstico energético.

4.4.1. Reducción del calor perdido en fugas

Indicación del problema: Se presentan purgas continuas en la caldera. Efecto en la operación: Reducción en la eficiencia de la caldera y aumento en el consumo de combustible. Problema: El agua de alimentación a la caldera presenta un alto contenido de sólidos disueltos. Solución: 1. Efectuar mediciones de sólidos totales disueltos en el agua de alimentación a la caldera. 2. Mantener niveles de sólidos totales disueltos hasta de 2500 ppm en el tipo de calderas acuotubular

4.4.2. Recuperación del calor de la purga continúa

Indicación del problema: El vapor producido en los tanques flash de la purga continua de la caldera se tira a la atmósfera. Efecto en la operación: Pérdidas de energía por el vapor desperdiciado.

4.4.3. Optimización de la combustión en el generador de vapor

Indicación del problema: Composición de los gases de combustión y excesos de aire altos. Efecto en la operación: Reducción de la eficiencia de la caldera y aumento en el consumo de combustible. Problema: Mala combustión en los quemadores. Solución: 1. Optimizar la combustión en el generador de vapor mediante el ajuste del exceso de aire, realizando mediciones de los gases de combustión, por medio del personal de mantenimiento o por los operadores de la caldera, siguiendo las recomendaciones del fabricante.

4.4.4. Limpieza de la caldera

Indicación del problema: Presencia de hollín en la caldera (combustible líquido), aumento de la temperatura de los gases de combustión. Efecto en la operación: Disminución de la transferencia de calor y por consecuencia disminución de la eficiencia de la caldera. Problema: Mala combustión en quemadores. Solución: 1. Efectuar limpieza y ajuste en los quemadores dos veces al año.

4.4.5. Recomendaciones operacionales en aislamiento

- Completar aislamiento faltante en el sistema de distribución de vapor
- Verificar que el aislamiento sea el adecuado
- El aislamiento debe estar identificado con rotulación de alta temperatura
- El aislamiento debe estar pintado de color rojo

4.4.6. Recomendaciones operacionales en fugas de vapor del sistema de distribución

Las actividades para implementar las siguientes recomendaciones a ser realizadas por el usuario, requieren de la realización previa del diagnóstico energético. A continuación se presentan las siguientes recomendaciones posibles, cuando existen fugas de vapor.

- Establecer un programar de mantenimiento y reparación de fugas de vapor en el sistema de distribución, reparando los tramos de tubería en mal estado, cambiando empaques en válvulas y bridas.
- Establecer programa de mantenimiento preventivo y correctivo para reparar y/o sustituir las trampas defectuosas, tener inventario actualizado de las trampas de vapor. En el programa preventivo se debe establecer periódicamente el diagnóstico de la trampa, con el equipo ultrasónico, toma de temperaturas, purgado de filtros y sedimentos, y observación de la trampa por medio de la válvula de prueba.

4.4.7. Optimización y eficiencia en la producción de vapor

La generación industrial de vapor es el proceso mediante el cual se produce vapor a presiones por encima de la atmosférica, a partir de la energía de un combustible, o de energía eléctrica; El vapor producido será posteriormente utilizado en diferentes funciones de la fábrica, tales como aportación de calor en procesos o movimiento de máquinas.

4.4.8. Eficiencia económica en el uso industrial de calderas

Entre esta eficiencia tenemos:

- Selección y diseño óptimo del sistema.
- Optimización de la operación del sistema.
- Optimización de las tareas de mantenimiento.

La selección y diseño óptimo del sistema, encierra lo siguiente

- Minimizar la inversión.
- Minimizar los costos de operación.
- Minimizar los costos de mantención.
- Cumplir con la exigencia ambiental.

Para la optimización de la operación del sistema podemos mencionar:

- Optimizar el proceso de combustión (eficiencia de combustión).
- Optimizar el proceso de transferencia de calor (eficiencia térmica).
- Optimizar el suministro de materiales y energía auxiliar para el funcionamiento del sistema (energía eléctrica, combustibles, agua, reactivos químicos, etc.) cumpliendo con las exigencias ambientales.

Para la optimización de las tareas de mantenimiento podemos explicar

Establecidos los parámetros de operación de los puntos anteriores, garantizar que estos se mantengan en el tiempo de manera prolongada.

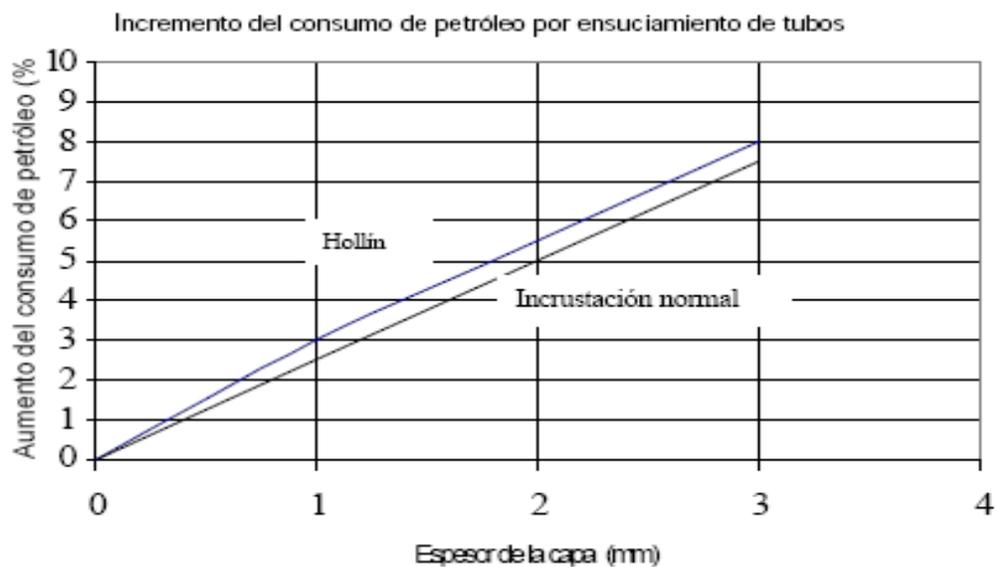
Estas últimas dos tareas, están estrechamente ligadas a contar con asesores y personal bien capacitado.

Obsolescencia tecnológica y con un alto costo de producción motivado por:

- Incremento del precio de los combustibles.
- Incremento de la producción.
- Mayores exigencias ambientales.

Adicionalmente se puede recuperar calor en un calentador de aire para la combustión. Para aire que entra con la humedad de 8 g/kg de aire seco y temperatura de 17,2 °C y sale a 249 °C y los gases de combustión entran a 298 °C con composición dada, se obtienen los siguientes resultados:

Figura 11. Consumo de combustible en caldera incrustada.



Fuente: Uso racional de Energía. Manual para consultores y expertos, CDG-PAE/MEM, Perú, 1999, Cap. 2

Para los estudios de optimización de podemos presentar las siguientes etapas:

Etapa 1. Selección de alternativas.

- Actividad 1. Estudio de las condiciones existentes (disponibilidad de energía, consumos de energía, análisis de instalaciones existentes y optimización de las operaciones existentes).
- Actividad 2. Estudio conceptual de alternativas de recuperación de calor y sistema de control. (Recuperación de calor para precalentar fluido térmico; Recuperación de calor para precalentar aire de combustión).
- Actividad 3. Informe de selección de alternativas.

Etapa 2. Dimensionamiento y evaluación técnico económica de alternativa seleccionada.

- Actividad 1. Cálculos de Dimensionamiento y lay-out de equipos.
- Actividad 2. Determinación obras civiles, mecánicas, eléctricas y de control.
- Actividad 3. Cálculo y especificación de equipos auxiliares.
- Actividad 4. Determinación de costos e inversiones y evaluación económica.
- Actividad 5. Informe final.

CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones con respecto al análisis energético realizado en el área de quirófanos del hospital de accidentes 7-19.

1. Se analizó el sistema energético de área de quirófanos y se ha desarrollado una propuesta para el mejoramiento del mismo.
2. En los hospitales en general son aplicables las energías renovables ya que éstas proporcionan energía limpia y no tienen restricción de uso y se adaptan sin ningún contratiempo a los sistemas energéticos de un hospital.
3. En la actualidad el sistema de energía, vapor y agua utilizado en el área de quirófanos no es eficiente y no existe un control energético a detalle del lugar.
4. La unidad de quirófanos del hospital 7-19 se encuentra en un estado donde es aplicable un sistema completo de mejoramiento energético debido a que el actual posee grado elevado de ineficiencia energética.
5. De acuerdo con los resultados energéticos obtenidos se concluye que la energía solar es una de las más aptas para aplicarse en el área de quirófanos ya que con esta energía se mejoraría el sistema de energía, vapor y agua del área de quirófanos.

RECOMENDACIONES

Luego de realizar un análisis en el área de quirófanos del hospital 7-19 de accidentes y haber realizado conclusiones al respecto se dan las siguientes recomendaciones.

1. Se presentan lineamientos para mejorar el sistema energético del área de quirófanos del hospital de accidentes 7-19 los cuales quedaran a criterio de las autoridades superiores poner en marcha o no.
2. Implementar las energías renovables ya que estas ayudaran al mejoramiento del área de quirófanos, lo harán más eficiente y amigable con el medio ambiente.
3. Dar mayor seguimiento a los planes de crecimiento de esta unidad ya que esto ha ocasionado que el sistema este mal adecuado y sea poco eficiente, se ha crecido sin un plan maestro y poca supervisión planificada.
4. Proponer un plan piloto donde se utilice energía solar ya que se ha verificado que esta energía es una de las mas adecuadas para mejorar el sistema de energía, vapor y agua que funciona en el área de quirófanos del hospital de accidentes 7-19.

REFERENCIAS

- División de mantenimiento, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, área de quirófanos.
- <http://www.euskalnet.net/izpi/BT037.htm>
- Hospital 7 – 19, Instituto guatemalteco de seguridad Social.
- Maestría en energía y ambiente, Universidad de San Carlos, apuntes en general
- Ministerio de salud pública de Guatemala, <http://www.mspas.gob.gt/>
- <http://www.igssgt.org/>
- <http://www.electricista2005.galeon.com/enlace3.htm>

BIBLIOGRAFÍA

(UNAE) Federación de la Unión Nacional de Consumidores y Amas de Hogar de España, “Manual Práctico para el Consumidor y Usuario No. 58”. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Madrid, España.

“Hospitales Sustentables” T.I. Pérez, L. Martínez, L.A. Vélez, V. Gallegos.
www.escalabiomedica.com/Publicaciones/h_s.pdf

“El hospital sustentable intercultural”, Subsecretaría de Innovación y Calidad
Dirección General de Planeación y Desarrollo en Salud.
http://www.dgplades.salud.gob.mx/descargas/dmtdi/carpeta2/Hospital_Sustentable_Intercultural.pdf

“HOSPITAL IESS GUAYAQUIL”, <http://www.htmc.gov.ec/portal> *Potenciado por Joomla!* Generado: 4 May, 2009, 10:51

“Análisis de los Instrumentos Jurídicos e Institucionales de Gestión Ambiental”
Sector Agua, <http://www.cemat.org/analisis.html>

“Utilización de Sistemas Solares”, Hospital General de México, COOPER connects life, Empresa Heliocol, miembro de la Asociación Nacional de Energía Solar.

