

**ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE FUENTES ALTERNATIVAS TERMICAS EN EL HOSPITAL
UNIVERSITARIO LA SAMARITANA HUS**

**DIANA CAROLINA BARREIRO JIMÉNEZ
JUAN DAVID PULIDO REYES**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
FACULTAD INGENIERIA
PROGRAMA INGENIERIA AMBIENTAL
BOGOTÁ, D.C.
AÑO 2014**

**ANÁLISIS DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE FUENTES ALTERNATIVAS TERMICAS EN EL HOSPITAL
UNIVERSITARIO LA SAMARITANA HUS**

**DIANA CAROLINA BARREIRO JIMÉNEZ
JUAN DAVID PULIDO REYES**

Proyecto de Investigación

**WILLIAM RODRIGUEZ DELGADO
MSC ENERGIAS RENOVABLES Y EFICIENCIA UCLM**

**ESCUELA COLOMBIANA DE CARRERAS INDUSTRIALES
FACULTAD INGENIERIA
PROGRAMA INGENIERIA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C.
AÑO 2014**

AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias que fueron fundamentales en nuestro proceso de formación por su apoyo incondicional ante los diferentes obstáculos en este camino académico, a los docentes que hicieron parte de este proyecto de vida y que transmitieron sus conocimientos, convirtiéndose en la base de nuestro desarrollo profesional; al Hospital Universitario La Samaritana HUS, que nos permitió realizar nuestro proyecto de grado en sus instalaciones y que sin ello este trabajo no hubiese sido posible, y finalmente al docente William Rodríguez, quien dedicó su tiempo y conocimientos a apoyar nuestra labor investigativa, y quien fue vital en el desarrollo del presente documento.

RESUMEN

Este documento es el desarrollo de un trabajo de investigación, en el Hospital Universitario la Samaritana, en donde se evalúa la factibilidad frente a la implementación de un proyecto encaminado a aumentar la eficiencia de las calderas, a partir de una alternativa amigable con el medio ambiente desde tres aspectos básicos: económico ambiental y técnico. Y cuya elaboración se dio en el marco del semillero de investigación GESEA del grupo GADES de la coordinación de ingeniería ambiental de la Universidad ECCI.

En primer lugar se realizó una caracterización de consumos de gas natural, donde se tuvo en cuenta el registro histórico de consumos mensuales de gas desde el año 2006 hasta abril del año 2014, con el fin de obtener una base clara de los aspectos de consumo actuales dentro del hospital.

Una vez evaluado dicho comportamiento, se realizó un análisis de alternativas a partir de una revisión bibliográfica a fondo, evaluando de acuerdo a un método cualitativo y cuantitativo, aquella alternativa que cumpliera con las exigencias y necesidades de la institución. Inicialmente se manejó varias alternativas entre estas se encuentran: biomasa, colectores solares térmicos, y sistemas geotérmicos. Al aplicar el método calificativo se obtuvo como resultado el sistema más adecuado para las necesidades del hospital.

Finalmente, se realizó un análisis técnico económico y ambiental de las alternativas que de acuerdo a sus características favorecen su desarrollo dentro del HUS, y con ello conocer su viabilidad de implementación y adaptación. Obteniendo que los colectores térmicos y en especial los de tubo de vacío son los de mayor viabilidad frente a las demás alternativas evaluadas.

ABSTRACT

This document is the development of a research, at the Hospital Universitario La Samaritana, where the feasibility is evaluated against the implementation of a project to increase the efficiency of boilers, from a friendly alternative environment economic environmental and technical, from three basic features.

First a characterization of natural gas consumption, which took into account the historical record of monthly gas consumption from 2006 to April 2014, in order to get a clear basis of current consumer issues was conducted within the hospital.

Once assessed the behavior, an alternatives analysis was conducted based on a thorough literature review, assessed according to qualitative and quantitative method, an alternative that would meet the demands and needs of the institution. Among the alternatives taken into account you will find: biomass,

Finally, an economic and environmental technical analysis of the alternatives according to their characteristics favor its development within the HUS, and thus their feasibility for implementation and adaptation was performed. Getting that thermal vacuum tube collectors are the most viable against other alternatives evaluated.

TABLA DE CONTENIDO

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
2. JUSTIFICACIÓN	16
3. OBJETIVOS	17
3.1. GENERAL	17
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4. DISEÑO METODOLÓGICO	18
5. MARCO TEÓRICO	19
6. MARCO LEGAL	28
7. MARCO HISTORICO	30
8. CAPITULO I. CARACTERIZACIÓN CONSUMO GAS NATURAL (ALIMENTACIÓN CALDERAS) HOSPITAL UNIVERSITARIO LA SAMARITANA - HUS	32
8.1. Consumo de gas natural mensual interanual.	33
8.2. Comportamiento mes a mes del consumo de gas natural.....	34
8.3. Promedios mensuales interanuales.....	40
8.4. Calculo de emisiones de CO ₂ a partir de los promedios mensuales interanuales	41
8.5. Calculo de consumo de energía primaria.	44
9. CAPÍTULO II. RECONOCER Y SELECCIONAR ALTERNATIVAS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGIA TÉRMICA EN EL HUS.	46
9.1. Método de selección entre fuentes no convencionales de generación de energía térmica para el H.U.S.	46
9.2. Valoración de Metodologías.	47
9.2.1 Colectores solares de placa plana:	48
9.2.2 Colectores de tubos al vacío:.....	49
9.2.3 Colectores de Cilindro parabólicos:.....	50
9.2.4 Biomasa:	51
9.2.5 Geotérmica:.....	52
9.3. Valoración por tipo de colector	54
9.3.1 Colectores de placa plana.....	55
9.3.2 Colectores solares Tubos de vacío.	57

9.3.3	Colector solar cilindro-parabólico:	59
9.4.	Análisis de colectores con más alto puntaje.....	63
10.	CAPITULO III: EVALUAR ALTERNATIVAS SELECCIONADAS DESDE EL PUNTO DE VISTA TÉCNICO, AMBIENTAL Y ECONÓMICO	65
10.1.	Determinación del área para instalación de colectores solares.....	65
10.1.1	Área seleccionada para colectores.	68
10.2.	Condiciones de radiación de la zona correspondiente al HUS.....	69
10.2.1	Comparación de datos multianuales vs área de Influencia.	72
10.3.	Análisis de prefactibilidad Técnica y ambiental.	74
10.3.1	Análisis técnico.....	74
10.3.2	Análisis de prefactibilidad Ambiental	82
10.3.3	Análisis de pre factibilidad Económico.	91
10.3.4	Análisis Financiero colector Solar de placa plana	92
10.3.5	Análisis Financiero colector solar de tubo de vacío	100
10.3.6	Análisis Financiero colector solar cilindro parabólico	107
11.	CONCLUSIONES	120
12.	REFERENCIAS	123

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Diseño metodológico del trabajo de investigación	18
Tabla 2. Promedios mensuales interanuales.....	41
Tabla 3. Emisiones Ton CO ₂ anuales.	43
Tabla 4. Consumo de energía primaria TEP/ año	45
Tabla 5. Calificación de metodologías propuestas	53
Tabla 6. Criterios de evaluación y calificación de metodologías propuestas.....	54
Tabla 7. Evaluación colectores de placa plana por marca.	57
Tabla 8. Evaluación colectores Tubos al Vacío por marca	59
Tabla 9. Evaluación colectores cilindro-parabólicos según marcas.....	63
Tabla 10. Comparación colectores por tipos	64
Tabla 11. Promedios de radiación mensual multianual en el área de estudio.....	72
Tabla 12. Numero de colectores de acuerdo a tipo y marca.....	75
Tabla 13. Energía Capturada en un colector (kWh/panel.día).	76
Tabla 14. Energía Total Capturada (kWh/día).....	78
Tabla 15. Energía Total Capturada en el mes (kWh/día).....	80
Tabla 16. Gas natural ahorrado (m ³ /mes).....	83
Tabla 17. Reducción de emisiones (Ton CO ₂ /año)	85
Tabla 18. Reducción uso de energía primaria (TEP/año).	87
Tabla 19. Porcentaje atendido con energía solar.	89
Tabla 20. Valores introducidos al RETScreen colector KIOTO	93
Tabla 21. Valores introducidos al RETScreen colector CHROMAGEN	96
Tabla 22. Valores introducidos al RETScreen colector ECOSUN	99
Tabla 23. Valores introducidos al RETScreen colector RITTER SOLAR	101
Tabla 24. Valores introducidos al RETScreen colector TERMAL	103
Tabla 25. Valores introducidos al RETScreen colector ANWO	105
Tabla 26. Valores introducidos al RETScreen colector SMIRRO	107
Tabla 27. Valores introducidos al RETScreen colector TECGEN	109
Tabla 28. Valores introducidos al RETScreen colector EUROTHROUGH	111
Tabla 29. Valores obtenidos en análisis financiero.	113
Tabla 30. Rango de calificación para el análisis técnico	115
Tabla 31. Matriz resultado del análisis técnico.	115
Tabla 32. Rango de calificación para la tabla 31 en reducción de CO ₂	116

Tabla 33. Rango de calificación para la tabla 31 en reducción de CO ₂	116
Tabla 34. Matriz resultado del análisis ambiental (reducción emisiones y reducción de consumo energético).....	117
Tabla 35. Rango de calificación para el análisis financiero.....	118
Tabla 36. Matriz resultado del análisis Financiero (recuperación de la inversión).	118
Tabla 37. Evaluación resultados análisis.	119

TABLA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Gráfico dispersión - línea de tendencia consumo mensual interanual HUS (2006 – ABRIL 2014).....	33
Gráfica 2. Gráfico de barras – consumo mes de Enero durante 2006 hasta abril de 2014. .	34
Gráfica 3. Gráfico de barras – consumo mes de Febrero durante 2006 hasta abril de 2014.	35
Gráfica 4. Gráfico de barras – consumo mes de Marzo durante 2006 hasta abril de 2014..	35
Gráfica 5. Gráfico de barras – consumo mes de Abril durante 2006 hasta abril de 2014.....	36
Gráfica 6. Gráfico de barras – consumo mes de Abril durante 2006 hasta abril de 2014.....	36
Gráfica 7. Gráfico de barras – consumo mes de Junio desde el año 2006 hasta abril de 2014.....	37
Gráfica 8. Gráfico de barras – consumo mes de Julio desde el año 2006 hasta abril de 2014.	37
Gráfica 9. Gráfico de barras – consumo mes de Agosto desde el año 2006 hasta abril de 2014.....	38
Gráfica 10. Gráfico de barras – consumo mes de Septiembre desde el año 2006 hasta abril de 2014.....	38
Gráfica 11 Gráfico de barras – consumo mes de Octubre desde el año 2006 hasta abril de 2014.....	39
Gráfica 12. Gráfico de barras – consumo mes de Noviembre desde el año 2006 hasta abril de 2014.....	39
Gráfica 13. Gráfico de barras – consumo mes de Diciembre desde el año 2006 hasta abril de 2014.....	40
Gráfica 14. Gráfico lineal– promedios mensuales interanuales.....	41
Gráfica 15. Gráfico de barras – emisiones de CO ₂ en Toneladas al año mes a mes.	43
Gráfica 16. Gráfico de barras – Consumo de energía primaria en TEP.....	45
Gráfica 17. Comparación de características por metodología de generación energética.....	53
Gráfica 18. Comparación de valores máximos y mínimos en área de influencia.....	72
Gráfica 19. Comparación de promedios anuales de energía capturada en un colector por marca.....	76
Gráfica 20. Comparación datos mensuales de energía capturada en un colector por marca.	77
Gráfica 21. Comparación de promedios anuales de energía total capturada al día por marca.	78
Gráfica 22. Comparación de datos mensuales de energía total capturada por marca.	79
Gráfica 23. Comparación de promedios anuales de energía total capturada por marca.....	80

Gráfica 24. Comparación de datos mensuales de energía total capturada por marca.	81
Gráfica 25. Comparación de gas natural ahorrado durante el año de por marca.	83
Gráfica 26. Comparación de datos mensuales de gas natural ahorrado por marca.	84
Gráfica 27. Comparación de reducciones de emisiones de CO ₂ al año marca.....	85
Gráfica 28. Comparación de datos mensuales de reducción de emisiones de CO ₂ marca..	86
Gráfica 29. Comparación de reducción consumo de energía primaria (TEP/año) por marca.	87
Gráfica 30. Comparación de datos mensuales de reducción uso de energía primaria (TEP/año) por marca.....	88
Gráfica 31. Comparación de porcentaje atendido con energía solar en el año por marca..	89
Gráfica 32. Comparación de datos mensuales de Porcentaje atendido con energía solar por marca.....	90
Gráfica 33. Flujo de caja colector KIOTO	94
Gráfica 34. Flujo de caja colector CHROMAGEN	98
Gráfica 35. Flujo de caja colector ECOSUN	99
Gráfica 36. Flujo de caja colector RITTER SOLAR	102
Gráfica 37. Flujo de caja colector TERMAL	104
Gráfica 38. Flujo de caja colector ANWO	106
Gráfica 39. Flujo de caja colector SMIRRO	108
Gráfica 40. Flujo de caja colector TECGEN	110
Gráfica 41. Flujo de caja colector EUROTHROUGH	112
Gráfica 42. Comparación pago simple retorno – Repago	114

GLOSARIO DE SIGLAS

HUS. Hospital Universitario La Samaritana.
UPME. Unidad de planeación minero energética
IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change.
PNE. Plan Nacional de Energía.
FNCE. Fuentes no convencionales de Energía.
GEI. Gases efecto invernadero.
CMNUCC. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
ISO. International Organization for Standardization.
GN. Gas Natural
CEPAL. Comisión Económica para América Latina y el Caribe
COLCIENCIAS. Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología
OMM. Organización meteorológica Mundial.
COSSEM. Comisión de Sindicatos del Sector Energético MERCOSUR
MERCOSUR Mercado Común del Sur.
IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
MAVDT. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.
CORPOEMA. Corporación para la Energía y Medio Ambiente.
CIURE. Comisión Intersectorial para el Uso Racional y Eficiente de la Energía y Fuentes No Convencionales de Energía.
GIEN. Grupo de Investigación de Energías – Universidad del Atlántico.
GESEA. Gestión Energética y Sostenibilidad Energético Ambiental.
GADES. Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.
LEED. Leadership in Energy & Environmental Design
PROURE. Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales.
PDFNCE. Plan de desarrollo para las fuentes no. convencionales de energía.
TEP. Toneladas Equivalentes de Petróleo.
CREG. Comisión de Regulación de Energía y Gas.
IDAE. Instituto para la diversificación y Ahorro de Energía – España

INTRODUCCIÓN

El sector hospitalario siempre ha revestido gran importancia dentro de las necesidades de la humanidad, puesto que de él depende la calidad de vida de una población específica, en cualquier lugar del mundo y es indicador de las condiciones económicas de una nación, por este motivo es fundamental que los servicios prestados sean de buena calidad (equipos médicos de última tecnología que demandan mayor energía), a partir de infraestructuras adecuadas que garanticen la prestación de un servicio seguro y acorde con las necesidades de los pacientes (OMS, 2006).

Siendo este uno de los sectores de mayor consumo dentro de las actividades propias de la humanidad, con una demanda de recursos económicos importante dentro de cualquier país del mundo, básicamente por el aumento de enfermedades, y un crecimiento desmesurado de la población del planeta, es decir, que la demanda de este sistema va en alza y por consiguiente mejorar sus procesos y minimizar costos e impactos negativos son prioritarios, para muchos líderes mundiales¹; estudios realizados por el BID, demuestran que entre el año 1990 y 2010, el gasto de países miembros de la EU 27 en el sector de la salud paso de ser del 5.9% al 7.2% del total de PIB (producto interno bruto) (Electric, 2009).

Por este motivo es de gran importancia para cualquier institución dentro del sector salud, contar con instalaciones apropiadas y acordes con su nivel de complejidad, pensando además en que lograr una eficiencia en el aspecto energético traerá consigo un comportamiento estable en su factor financiero. De allí el desarrollo de proyectos que logren una sostenibilidad y mejoren las condiciones ambientales dentro del sector, priorizando los consumos responsables de recursos, minimizando los impactos generados al medio ambiente, reduciendo y controlando la generación de sustancias nocivas, adquiriendo productos que sean amigables con el medioambiente, entre otras iniciativas, que permitan dar el salto entre el uso de combustibles fósiles para la generación de energía a realizarlo utilizando energía renovable (energías limpias) (Karliner & Guenther, 2011).

Teniendo en cuenta los aspectos descritos anteriormente, el desarrollo de iniciativas de eficiencia energética en el Hospital Universitario La Samaritana, son una muestra clara del compromiso de la institución frente al tema ambiental, y su preocupación respecto a la prestación de un servicio de calidad. El presente documento es una muestra tangible de que el desarrollo de estas iniciativas trae consigo beneficios positivos para la institución y que de una forma u otra aumentan considerablemente su nivel competitivo frente a otras instituciones a nivel nacional.

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El cambio climático es un problema que reviste gran importancia, frente al desarrollo de las actividades humanas, pues estas aceleran el proceso de dicho fenómeno. Siendo los principales aspectos el consumo de energías, la explotación de recursos naturales, y la generación de contaminantes sobre los componentes ambientales (IPCC, 2002).

Uno de los sectores que generan mayor demanda de recursos e impactos sobre el ambiente es el energético, pues los métodos tradicionales de obtención de esta no son sostenibles. En Colombia la mayoría de las fuentes energéticas provienen de hidroeléctricas con una participación del (63.3%) (CORPOEMA, 2010) y extracción de crudo; de acuerdo al PNE (UPME, 2010 - 2013) 2010 – 2030, la hidroelectricidad, gas natural y petróleo aumentaron su porcentaje de participación en la matriz energética del país, logrando de esta manera cifras realmente significativas, con un 70% de oferta primaria para el sector de hidrocarburos, seguido por la hidroelectricidad con un 13% y finalmente el carbón mineral con 8%. Convirtiéndolos en métodos poco limpios para producir energía, puesto que su aprovechamiento implica procedimientos de alto impacto para el medioambiente.

Por muchos años el sector industrial mantuvo costumbres de producción tradicionales que representaban consumo de recursos naturales y energéticos elevados, dejando relegada la gestión energética por varios aspectos, tales como: técnicos, regulatorios, económicos, financieros e institucionales, pues esto implicaba una inversión significativa a muchas instituciones (CEPAL, 2004), y el cambio de paradigmas en la producción de los distintos sectores (UPME; Colciencias, 2006), haciendo de esta idea algo insostenible, sin embargo gracias a incentivos en diversos países dirigido a empresas, con el fin de realizar este tipo de programas, se inició un cambio en la forma de realizar procesos en las empresas, demostrando que no solo se puede cumplir con los pactos disminuyendo impactos ambientales, en este caso el energético, sino que también se puede llegar a una efectividad económica alta, es así como se ha ido creciendo un nuevo esquema de implementar sistemas para la efectividad energética, específicamente en los hospitales con la LEED y la guía verde, instituciones y procesos que buscan a través de varias áreas implementar hospitales sostenibles en todo sentido, incluyendo el energético, dando reconocimientos a nivel internacional. Por tal razón a nivel mundial se han realizado acuerdos entre países con el fin de mitigar, compensar y reducir los niveles de consumo y contaminación de los recursos naturales (CEPAL, 2003), asegurando el sustento a las futuras generaciones. Con este fin se han creado normas y procedimientos que aseguran estos objetivos (Universidad del Atlántico; Uniautónoma Occidente, 2008).

Los requerimientos para el funcionamiento de las instalaciones de un hospital pueden ser muy altas y costosas, pues la población fija (empleados, proveedores, visitantes permanentes) y la población flotante (pacientes y acompañantes principalmente) necesitan contar con los servicios básicos en las instalaciones de la institución, estos dos tipos de población producen un costo por ese consumo, especialmente la población flotante, que puede variar significativamente mes a mes. Los consumos de recursos en los diferentes servicios han generado en muchos casos sobrecostos mensuales en las diferentes instituciones, de estos pagos se le ha dado menor importancia a los precios referentes a gas natural, priorizando los consumos eléctricos y fósiles, pues los servicios que manejan gas

natural son los más bajos en las facturas mensuales, es por esto que no se han destacado suficientes casos donde se reemplaza de manera parcial o total la utilización de gas, en los sistemas de calefacción, esterilización y agua sanitaria. Sin embargo se ha podido documentar algunos casos acerca de la reducción del consumo de este combustible, un claro ejemplo de este se documentó en Polonia, en el Czeŝtochowa Voivodeship Hospital, donde se encontró un alto costo de consumo por el gas natural, debido a la utilización constante de la calefacción del lugar por condiciones climáticas. Este instituto optó por implementar un sistema de colectores solares, con ellos se logró suplir la gran demanda de energética calórica en el hospital, adicional a este un mejoramiento en el sistema de calefacción lo que llevo a generar un ahorro del 8,5% en costos anuales y una reducción equivalente de 170 Toneladas anuales de CO₂. (U.E., 2012) Como este caso se pueden observar varios que argumentan obtener ahorros considerables, además de contribuir con el medio ambiente, siendo reconocidos por organizaciones internacionales como la RES-Hospitals, La red global de hospitales verdes (Karliner & Guenther, 2011) y salud sin daño (salud sin daño, 2015). De acuerdo a Grupo Orgánico de Seguridad Sanitaria y Medio Ambiente de la OMS en el American Journal of Preventive Medicine: *“El sector salud es una de los sectores de la sociedad que más confianza y respeto suscitan, y también uno de los mayores empleadores y consumidores de energía. Esto es a la vez una responsabilidad y una oportunidad de ser uno de los primeros en alcanzar la neutralidad climática en sus propias actividades, y en demostrar que esto puede ir de la mano de una mejora de la eficacia y de ahorros de costes”*

La ciudad de Bogotá cuenta con 22 hospitales entre los cuales podemos encontrar el Hospital Universitario La Samaritana, el cual fue fundado en 1933 por el profesor Jorge Enrique Cavelier Jiménez, y cuenta con una planta amplia de cinco pisos la cual fue construida desde los años 40 (HUS, 2014), sin embargo esta característica del lugar no permitió realizar mediciones directamente sobre el consumo de gas en la caldera, ya que en la actual solo se cuenta con una red de distribución y no es independiente al sistema de calderas.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

- *¿Qué alternativas de mejora se pueden proponer para reemplazar las actuales fuentes que satisfacen el consumo de la energía térmica en el HUS y con ello mitigar los impactos negativos al ambiente?*
- *¿Qué beneficios económicos y ambientales trae consigo la futura implementación de estas alternativas?*

2 JUSTIFICACIÓN

A través de los años, la demanda de recursos naturales en el desarrollo de las actividades de producción por parte de los diferentes sectores económicos, han implicado cambios e impactos sobre el medio ambiente, que son evidentes en la transformación del comportamiento climático a nivel mundial, la disminución y extinción de especies, la contaminación progresiva del recurso hídrico y atmosférico (IPCC, 2002), entre otras; que representan una preocupación para la humanidad pensando en el futuro. Por ello la adopción de alternativas no convencionales de energía que favorezcan un consumo racional, son fundamentales para mejorar dichos impactos, con el fin de obtener beneficios de tipo económico y ambiental para los diferentes sectores.

Para el Hospital Universitario La Samaritana HUS, es indispensable, como entidad estatal, reducir el consumo de recursos directamente relacionado con el desarrollo de sus actividades, que represente a su vez un aporte a la disminución en los eventos climáticos que han afectado seriamente la dinámica de la tierra en los últimos años, teniendo en cuenta el cumplimiento de las normas ambientales a corto plazo.

Para ello se decide realizar un diagnóstico energético térmico con el fin de conocer la situación actual del hospital frente al tema, y de esta forma proponer métodos de consumo responsable, a partir del estudio de viabilidad técnica, económica y ambiental de alternativas no convencionales para la generación de energía térmica que contribuyan con la reducción de los impactos generados por las actividades inherentes del hospital (reducción del consumo gas natural), a mejorar la calidad en la prestación de los servicios, y convirtiéndose en un ejemplo de cambio que motive a las demás instituciones de salud locales a ser sostenibles e insignia de transformación.

Además, de buscar a partir del desarrollo del presente trabajo un aporte como documento de investigación de alternativas de generación de energía térmica, y encaminado al desarrollo profesional del ingeniero ambiental, a partir de propuestas de consumo responsable con alternativas sostenibles. Y con ello favorecer una formación integral y coyuntural con otras áreas de investigación, que sean en si una herramienta para generar cambios en los usos convencionales de los recursos y consigo genere beneficios para el medio ambiente y mejore la calidad de vida de los seres humanos.

3 OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Evaluar y proponer alternativas de generación de energía térmica a partir de su prefactibilidad desde el punto de vista técnico, económico y ambiental, con el fin de reducir el impacto ambiental generado por el Hospital Universitario La Samaritana - HUS.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las características de consumo de energía térmica el Hospital Universitario La Samaritana.
- Reconocer y seleccionar alternativas para la generación térmica en el Hospital Universitario La Samaritana.
- Evaluar alternativas seleccionadas desde el punto de vista técnico, ambiental y económico.

4 DISEÑO METODOLÓGICO

Tabla 1. Diseño metodológico del trabajo de investigación

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS
<i>Identificar las características de consumo de energía térmica en el Hospital Universitario La Samaritana.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de información de la investigación efectuada, a partir de visitas a campo. • Análisis de datos proporcionados por el HUS, de los consumos mensuales de Gas Natural (periodo 2006 a Abril de 2014) 	<ul style="list-style-type: none"> • Personal • Lista de chequeo • Computadores y paquete office (gráficas de consumo – tiempo, promedios mensuales interanuales, regresiones lineales, líneas de tendencia)
<i>Reconocer y seleccionar alternativas para la generación térmica en el Hospital Universitario La Samaritana.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión bibliográfica, del tema de fuentes de energía no convencionales aplicables al HUS. • Comparación de alternativas. • Selección de alternativas 	<ul style="list-style-type: none"> • Personal. • computadores y paquete office (matrices cruzadas, evaluación multicriterio para selección de tecnología aplicable al HUS).
<i>Evaluar alternativas seleccionadas desde el punto de vista técnico, económico y ambiental.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar el potencial de generación térmica renovable, (Atlas de radiación solar de Colombia, fichas técnicas de equipos). • Calcular la reducción de emisiones CO₂, y energía primaria, (metodología de los factores de emisión). • Hacer un análisis financiero básico de las alternativas.(RETSCREEN) (TIR, flujo de caja) 	<ul style="list-style-type: none"> • Personal • Bibliografía respectiva • computadores y paquete office • software Retscreen. • Imágenes satelitales (Google Earth)

Fuente: Autores.

5 MARCO TEÓRICO

Toda actividad humana requiere de la energía para el desarrollo de las actividades diarias, siendo esta junto con los combustibles, una de las fuentes importantes del desarrollo en la vida de cada ser humano. Sin embargo el crecimiento en la demanda del sector energético, y el desarrollo poco sostenible en cada una de las actividades que se llevan a cabo para su aprovechamiento y posterior consumo, han generado el deterioro de los recursos naturales, a grande escala y contribuido en gran medida al cambio climático. El cambio climático es un fenómeno que ha tomado mayor fuerza en los últimos años, y que está directamente asociado al consumo excesivo de recursos, energía y la emisión de todo tipo de contaminantes al ambiente, y que evidencia un desequilibrio importante en la dinámica de los sistemas terrestres (Perez, 2005 - 2014). Estudios realizados por la IPCC (IPCC, 2002) y las diferentes organizaciones internacionales demuestran que para el año 2100 la temperatura media del planeta podría subir hasta 6 °C, con consecuencias desastrosas para todos los seres vivos que hacen parte de este planeta. Además de una disminución considerable en la disponibilidad de agua potable para un porcentaje considerable de la población mundial, especialmente en África, el centro de Asia y el medio este (Honty, 2001).

Existen cifras, respecto a los efectos causados por el incremento de CO₂ en la atmósfera, tal como ocurre con la temperatura global superficial, donde se espera que aumente entre 1,4 °C a 5,8 °C de 1990 al 2100 (Porrua, 2001); datos realmente asombrosos no solo porque superan los registrados en los últimos 100 años, sino que no tienen precedentes en los 1000 años anteriores y se pronostica una rapidez mayor a la normal. Lo anterior, es evidencia de un escenario crítico de nuestro planeta, que nos obliga a tomar medidas extremas en tiempos cortos, que permitan de una u otra forma controlar los efectos negativos intrínsecos de este fenómeno.

La generación de energía es un factor determinante en la explotación de recursos que a su vez es causante de miles de emisiones atmosféricas, agudizando eventos como el efecto invernadero, lluvias acidas, entre otros. Por ello adoptar medidas por parte de los diferentes sectores económicos es un reto que debemos asumir con todo el compromiso que representa, salvar nuestro bienestar. Las Políticas ambientales en Colombia se han hecho cada vez más importantes. Es por esto que se necesitan nuevos incentivos, que hagan pensar al empresario que más que una obligación cumplir una norma de tipo ambiental sea un beneficio importante para su organización (competitivo, económico, publicitario, etc.)

Para poder obtener reducción de estos recursos se han creado en los últimos años, esquemas, protocolos, normas y tecnologías que permiten reducir considerablemente el consumo de energía en los hospitales; donde se determinan las metodologías que permitan adoptar tecnologías más limpias y se logren tanto beneficios económicos como ambientales (Karliner & Guenther, 2011). Además de convertirse en una herramienta muy eficaz en términos de competitividad, que convierta las entidades de salud en centros eficientes, y un aumento en la calidad del servicio que se presta. Existen guías desarrolladas por el ministerio de medio ambiente (MADVT , 2010), que buscan encaminar los diferentes sectores en la producción y consumo sostenible, tal y como se plantea en la política nacional: *“La Política de Producción y Consumo Sostenible se orienta a cambiar los patrones insostenibles de producción y consumo por parte de los diferentes actores de la sociedad nacional, lo que contribuirá a reducir la contaminación, conservar los recursos,*

favorecer la integridad ambiental de los bienes y servicios y estimular el uso sostenible de la biodiversidad, como fuentes de la competitividad empresarial y de la calidad de vida”.

El protocolo de Kyoto (CMNUCC, 2015), firmado en 1997, ha permitido promover las metodologías necesarias para reducir los niveles de GEI en la atmósfera, Colombia es parte de los países que han firmado y ratificado su compromiso con la disminución de este. A nivel nacional se adoptaron los acuerdos mediante la Ley 629 del 2000 (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2015), donde se promueve el desarrollo sostenible como herramienta para la reducción de GEI, donde se involucran las diferentes organizaciones tanto públicas como privadas, encontrando apoyo de las normas ISO como un eje para cumplir lo pactado en el protocolo de Kyoto por parte del gobierno nacional frente a la CMNUCC.

Actualmente existen en el mercado alternativas no convencionales para la generación de energía, todo ello con el fin de contribuir a un consumo energético responsable y que a su vez este represente beneficios económicos y ambientales. A partir del aprovechamiento de fuentes de energía inagotables (solar, eólica, geotérmica, entre otras), que cada vez más toman mayor fuerza en el ámbito global, y que se han convertido en la mejor opción energética para algunos países como España o Alemania, pioneros en el desarrollo de las alternativas renovables en cuanto a la producción de energía. De acuerdo a la Red Eléctrica de España (España, 2015), el país ibérico alcanzó el 30% del total de la energía consumida, a partir de fuentes renovables.

El desarrollo de estas alternativas ha sido motivado no solo por aspectos ambientales sino por inestabilidad en relaciones entre países que son dependientes de otros para suplir sus necesidades energéticas, además de la creciente preocupación por la emisión en cantidades considerables de gases de efecto invernadero por parte de países desarrollados. Lo cual genera un incentivo en la industria dedicada al desarrollo de equipos para el aprovechamiento de la energía renovable proporcionada por el planeta (CORPOEMA & UPME, 2010).

Los esfuerzos del gobierno nacional por lograr que esta posición tenga mayor relevancia en principio a nivel regional, ha dado como resultado algunos eventos a nivel nacional tales como: El I Congreso Nacional de Energías alternativas en Colombia, Julio de 2010, Segunda comunicación nacional de Colombia ante la comisión de las Naciones Unidas para el cambio climático. Módulo de energía, Mesa técnica de trabajo; IDEAM, UPME, MAVDT, Otros, 2010, Prías Caicedo Omar, Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales –PROURE, Plan de Acción 2010 – 2015, Ministerio de Minas y Energía 2010 (CORPOEMA & UPME, 2010), entre otros.

Este último nace de la necesidad del país por estar a la vanguardia y convertirse en pionero a nivel regional frente al tema de uso racional de la energía a partir de energías renovables, tales como eólica, solar, biomasa, entre otras. Teniendo como fundamento una dinámica entre los diferentes actores involucrados en el tema energético. Estudios realizados por el BID, indican que nuestro país debe realizar una inversión de aproximadamente US\$ 730 millones en la adquisición de tecnologías y equipos más eficientes, con el fin de reducir en un 10% el consumo de energía, y con ello evitar una inversión exorbitante en el futuro, todo ello para la suplir la necesidad del país para el año 2018 (Ministerio de Minas y energía , 2010).

Se estima que el porcentaje de participación de las FNCE para el año 2015 sea del 3.5% y para el 2020 de 6.5% (Ministerio de Minas y energía , 2010), a nivel nacional y que dichas cifras sigan en aumento, teniendo en cuenta las limitaciones que existen para su implementación (costos elevados, dificultad para la adquisición de equipos de mayor eficiencia). De allí la importancia del desarrollo de programas dedicados a la planeación e implementación de este tipo de alternativas energéticas. Que permitan un aprovechamiento real de los recursos renovables que están a disposición de un país como Colombia que cuenta con una posición geográfica privilegiada, que facilitan en parte el camino hacia un cambio de consumo, que es necesario para lograr el desarrollo sostenible que es fundamental hoy en día para cualquier nación.

En cuanto al sector salud, el desarrollo de la gestión energética en centros hospitalarios con el planteamiento de alternativas que buscan el uso racional de la energía se ha convertido en una herramienta fundamental que realiza un aporte significativo para contrarrestar los efectos propios del cambio climático. Partiendo del hecho que es fundamental conocer el consumo energético y a partir de allí tomar decisiones frente a las alternativas que mejor se ajusten a la necesidad de las diferentes instituciones. Algunas de las más usadas, son aquellas que tienen su base en los recursos naturales renovables, tales como: energía solar, energía eólica, uso de combustibles amigables con el ambiente (biocombustibles). (FENERCOM, 2010)

Las diversas herramientas que permiten disminuir los niveles de producción de GEI, también traen consigo la mejora continua en los procesos de una compañía, la cual es un objetivo que siguen instituciones como los hospitales, donde se busca ser cada vez más eficientes en los diferentes procesos, sin dejar de ser una institución segura para el paciente, en la implementación. Se puede alcanzar estos objetivos, siempre y cuando sean correctamente aplicados. Una de estas normas es la ISO 50001 la cual busca habilitar a las organizaciones para que establezcan los sistemas y procesos necesarios para mejorar el rendimiento energético (Organización Internacionalización de Normalización ISO, 2011)

Los esfuerzos a nivel mundial frente al tema hospitalario y el consumo de energía que este representa han tenido resultados positivos, a partir de vínculos estratégicos entre diferentes instituciones y organizaciones gubernamentales, claro ejemplo de ello es la Red Global de Hospitales Verdes y Saludables, que nace a partir de una agenda donde se establecen pautas y principios de funcionamiento sostenible y consumo racional, en busca de la reducción de la huella de carbono y la promoción de salud ambiental pública (Karlner & Guenther, 2011). Además de documentos como Hospitales Saludables, Planeta Saludable, Personas Saludables, desarrollado por la OMS (OMS, Organización Mundial de la Salud, 2015), donde se establecen 7 aspectos, que caracterizan a un hospital comprometido con el medio ambiente, y los cuales se describen a continuación:

- **Eficiencia energética:** Reducir el consumo y los costes energéticos de los hospitales introduciendo medidas de eficiencia y conservación.
- **Diseño de edificios verdes:** Construir hospitales que sean receptivos a las condiciones climáticas locales, y que estén optimizados para reducir las demandas de energía y recursos.
- **Generación de energía alternativa:** Producir y/o consumir in situ energía limpia y renovable que garantice un funcionamiento fiable y resiliente.

- **Transporte:** Utilizar combustibles alternativos en los parques de vehículos de los hospitales; animar al personal a que vaya a trabajar caminando o en bicicleta; promocionar entre el personal, los pacientes y la comunidad el uso del transporte público; construir los edificios de atención sanitaria en sitios que minimizan la necesidad de que el personal y los pacientes tengan que utilizar medios de transporte.
- **Alimentación:** Ofrecer al personal y a los pacientes una alimentación producida localmente de manera sostenible.
- **Residuos:** Reducir, reutilizar, reciclar, elaborar compost; utilizar alternativas a la incineración de los residuos.
- **Agua:** Conservar el agua; evitar el agua embotellada cuando existan alternativas seguras (OMS, 2008).

Países como España demuestran su compromiso con el tema y han desarrollado innumerables documentos, en los cuales se describen acciones y principios bajo los cuales los centros hospitalarios pueden alcanzar eficiencia energética, y con ello lograr una disminución significativa en las emisiones de CO₂, reducción en el consumo de agua y gas natural, y el aporte al cuidado del medio ambiente (FENERCOM, 2010).

A continuación se describen las diferentes tecnologías que hicieron parte de la investigación dentro del HUS, y cuya factibilidad se analizó en los diferentes capítulos del documento, además de su evaluación como una posible alternativa desarrollada para mejorar el funcionamiento actual de la caldera encargada de la producción de vapor para el proceso de esterilización y cocción de alimentos. .

BIOMASA

La Biomasa es todo aquel material que procede de los restos de los seres vivos, siendo estos aprovechables para diferentes usos. Este material ha almacenado en su interior la energía que ha capturado proveniente del sol, especialmente la biomasa de origen vegetal (IDAE, 2015)

La Biomasa se puede clasificar según su origen en:

- Forestal: provenientes de labores de silvicultura como ramas y tocones.
- Industrial: de origen agrícola como huesos, cascaras, etc.
- Cultivos energéticos: cultivos sembrados pensando en ser utilizados como biomasa para los diferentes sistemas que lo implementen.

Adicional a esta clasificación, es importante realizar estudios de algunos factores determinantes en la eficiencia, precio y cantidad de material que se requiera, las características a evaluar son:

- Humedad: afecta tanto a la cantidad como a la calidad del producto y al proceso ya que se requiere de 2.300 Kcal/ Kg adicionales para evaporizarse.

- Tamaño y forma: la biomasa presenta una gran variedad de tamaños y formas.
- Densidad real y aparente: que varía considerablemente dependiendo de la tipología y presentación de la biomasa.
- Composición química: en este material se puede encontrar elementos como C (Carbono), H (Hidrogeno), N (Nitrógeno), S (Azufre), O (Oxígeno), Cl (cloro), y cenizas, sin embargo en la biomasa, los valores de S, N y cenizas, son mas bajos que el carbón utilizado tradicionalmente para producir energía.
- Poder Calorífico: (Kj/Kg) calor liberado en la combustión de 1 Kg. De biomasa

La biomasa permite ser utilizada para producir energía eléctrica, térmica y combustible para transporte. Para cualquiera de estos se necesitan de sistemas que permiten la conversión de la materia en energía, las 3 principales tecnologías son (APPA, 2015):

- Bioquímica (fermentación)
- Termoquímica: Combustión, Gasificación y pirolisis.
- Química: Transesterificación y síntesis química.

De las anteriores las tecnologías más utilizadas para la generación de energía eléctrica y térmica son las relacionadas con combustión, pues en muchos casos se busca mejorar sistemas tradicionales o implementar esquemas económicos para la organización.

Los generadores de energía por biomasa han demostrado ser muy confiables para la generación de energía tanto eléctrica como térmica.

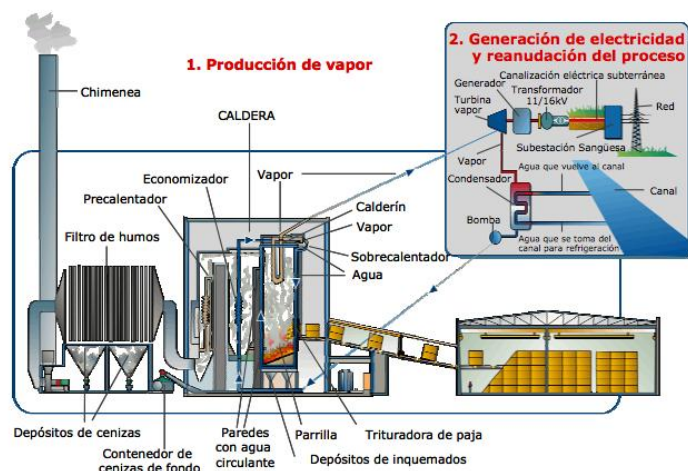


Imagen 1. Generación de energía por biomasa.

Fuente: Congreso internacional de ordenación del territorio. 2010

Como se observa en la gráfica 1, El sistema se conforma de las siguientes partes o zonas principalmente:

- Entrada: en esta, la biomasa es ingresada por medio manual o tecnológicos, previo a esto es necesario revisar el tipo de material orgánico que se va a utilizar en el

sistema, pues conviene que el poder calorífico de este material sea bueno y produzca la energía suficiente para alimentar el sistema completo.

- Parrilla: La parrilla tiene la función de activar el poder calorífico del material recolectado, inyectando llama a la biomasa, la cual aumentaría su poder calórico a causa de la combustión de la biomasa.
- Sistema de transferencia energética: una vez se produce energía en forma de calor, la parrilla tiene contacto directo con las tuberías donde una sustancia interna se encargara de transportar y distribuir la energía obtenida en forma de calor.

Una vez se realiza este recorrido, el calor producido por el sistema de Biomasa es inyectado a otros sistemas más complejos como a calderas o turbinas, dependiendo si se desea producir energía térmica o eléctrica, pues este tipo de sistemas permite adoptar los dos tipos de generación, adicional a esto no se producen emisiones que produzcan riesgo de contaminación o efectos a la salud, siendo un sistema sostenible y seguro para su adopción (COIAANPV, 2015).

ENERGIA GEOTÉRMICA

La energía geotérmica es aquella que proviene del interior de la tierra la cual queda en algunas zonas llamadas reservorios geotermales, y que pueden ser aprovechados para la producción de energía.

Los sistemas geotérmicos buscan obtener la energía producida por varios factores encontrados al interior de la tierra. Estos reservorios son el producto de muchos años de formación de magma, cuando dos placas chocan, en varias ocasiones se presenta un fenómeno llamado subducción, es decir, que una placa se sobrepone a otra, gracias a las altas presiones, la temperatura interna y el tipo de material que conforma la placa se produce el magma, este se encuentra en varias secciones del suelo donde se pueden detectar áreas dominadas por este material, en ocasiones, cerca de ellos se encuentran algunos acuíferos, esta característica genera que el agua de este permanezca caliente, cuando esto ocurre, si el acuífero cuenta en la parte superior con algún tipo de fuga, el agua es enviada a las zonas superficiales, es cuando se forman los Geiseres y los cuerpos de agua termales, sin embargo en la mayoría de veces, esta fuga no se produce, quedando atrapada en gran proporción el agua a altas temperaturas, este tipo de yacimientos son los que se pueden aprovechar para la generación energética (CEGA, 2015).

Los recursos geotérmicos permiten tener una gran posibilidad de usos, esto puede cambiar según el tipo de acuífero encontrado. Según su temperatura se puede clasificar en:

- Alta temperatura: sobrepasa los 150 °C permitiendo que el agua se obtenga en forma de vapor, lo que permite la producción directa de energía eléctrica.
- Media temperatura: de 90 a 150 °C, este sistema requiere de un fluido de intercambio el cual alimenta a las centrales eléctricas.

- Baja temperatura: de 30 a 90 °C, la temperatura es ineficiente para la generación de energía eléctrica, pero esta se puede emplear en la calefacción de un hogar o en diferentes procesos industriales.
- Muy baja temperatura: menos de 30 °C, puede ser utilizado en suministro de agua caliente, calefacción y climatización, para este caso, se requiere de bombas de calor.

Los sistemas geotérmicos funcionan por medio de bombas de calor las cuales inyectan y extraen del acuífero agua con una solución de glicol, lo que permite obtener de forma más eficiente el calor de estos cuerpos internos (CODENSA, 2015).

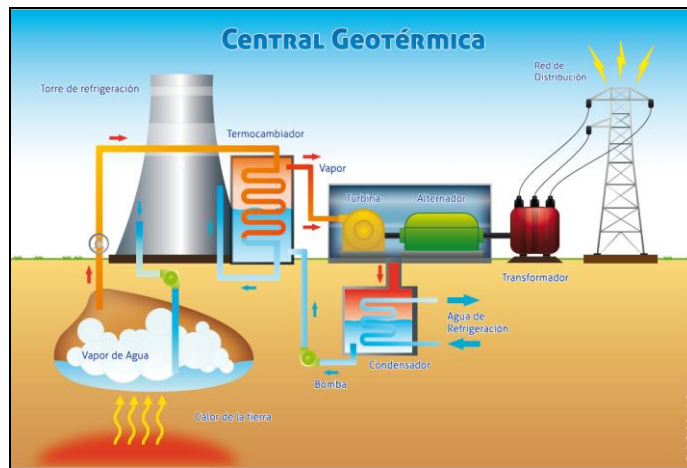


Imagen 2. Central de energía geotérmica

Fuente: Página Oficial Foro Consultivo Científico y tecnológico.

COLECTORES SOLARES

Los métodos utilizados en este proyecto son los colectores solares, a continuación se describen cada uno de ellos:

- Colector solar de placa plana

Los colectores solares de placa plana son los más sencillos de elaborar e instalar consiste en una placa solar la cual lleva soldados unos ductos metálicos preferiblemente, por donde circula el fluido. Este ducto puede ser configurado de tres formas posibles:

- Tubos soldados directo a la placa en contacto con la radiación absorbida
- Tubos soldados a la placa pero su ubicación está escondida de la radiación
- La placa esta troquelada, esta se forma al unir las láminas a la que se encuentran las placas, estas forman un canal (Ibañez Plana, 2005).

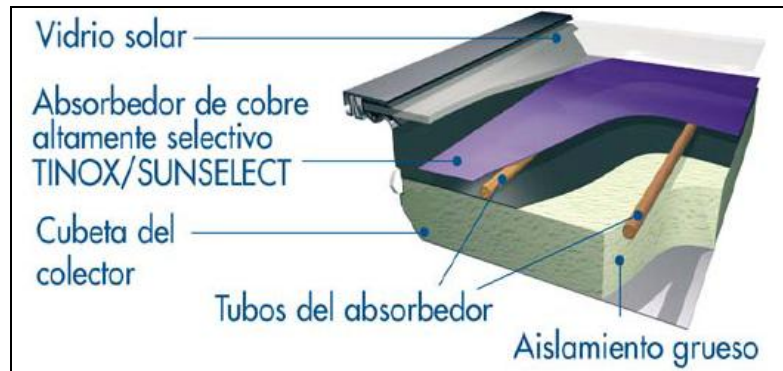


Imagen 3. Colector solar placa plana

Fuente: *Tecnología solar, 2012.*

La placa (material de absorción) debe ser elaborada con algún elemento que transmita rápidamente el calor, podemos utilizar dos materiales el Cobre, o el Aluminio, sin embargo se debe revisar los materiales apropiados evaluando tanto el aspecto técnico como el económico.

Para el caso de la placa absorbente se debe evaluar algunos aspectos importantes. Esta estructura es fundamental, pues debido a su sensibilidad la radiación es transformada en calor, las superficies de estas placas deben elegirse muy bien pues se debe buscar una mayor absorbancia y una baja emitancia.

La absorptancia es la relación de flujo de energía que tiene un cuerpo en su superficie y la radiación total incidente en él. La emitancia (W) es la cantidad de energía radiante de las longitudes de onda que es emitida por unidad de tiempo y unidad de superficie. El comportamiento de nuestra superficie se puede medir a través de una diferencia entre estos dos aspectos (absortancia /emitancia). La placa se puede seleccionar según los siguientes aspectos: deposición química, electroquímica, formación selectiva de estructuras, pinturas, deposición química o física de vapores.

A esta placa llegará la radiación solar la cual es transformada de energía solar a energía térmica, la placa aumenta su temperatura y emite ondas térmicas, las cuales son atrapadas en la cubierta.

Estas placas son de material opaco, lo que permite que cuando llegue la radiación, que la pérdida por transmitancia se reduzca, almacenando esto en forma de calor, logrando una diferencia interna de temperatura respecto al ambiente, estas cubiertas también permiten disminuir las pérdidas de calor por conducción y convección al exterior (Diez, 2009).

- **Colectores de Tubos al Vacío**

La función es similar a los colectores de placa plana, sin embargo en su interior se diferencia por poseer tubos cilíndricos dobles al vacío, uno de estos tubos actúa como superficie de captación, esta va recubierta de un absorbedor de alto nivel ($Mo-Al_2O_3$).

En el medio de los dos tubos se encuentra un líquido que facilita el transporte de la energía térmica al tubo interno caracterizado por estar sellado al vacío en su interior, este facilita el transporte al sistema interno que conduce esta energía térmica a los terminales donde se calienta el agua que utiliza las calderas (CIR, 2008).

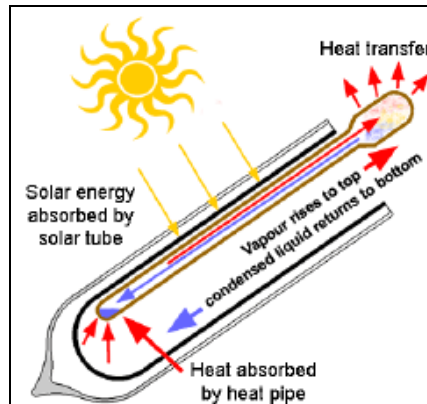


Imagen 4. Interior colector solar de tubos al vacío

Fuente: Biblioteca sobre ingeniería energética.

- Colectores Parabólicos

Estos Colectores solares tienen 3 componentes importantes a la hora de implementar: El primero es el diseño del disco colector, pues depende de la refracción de la luz sobre la superficie, este concentra la radiación solar sobre el segundo componente, una caja colectora elaborada con materiales resistentes a altas temperaturas, en su interior posee un cilindro que transporta la energía térmica obtenida de la superficie del cilindro que transforma la radiación solar en este tipo de energía, este lo transporta a la parte inferior donde se encuentra la placa que transfiere la energía térmica al agua que calienta las calderas, el tercer componente se refiere al tipo de material que se debe utilizar tanto para el disco como para el tubo, debido a sus funciones el material debe ser resistente al calor y de acero inoxidable, Según estudios previos el mejor material para el disco es un acero inoxidable conocido como AISI 430, para la caja colectora y la base se recomienda utilizar el acero inoxidable llamado AISI 304 en su mayor parte, en otras se utilizan anillos de aluminio (Kearny, 2007).

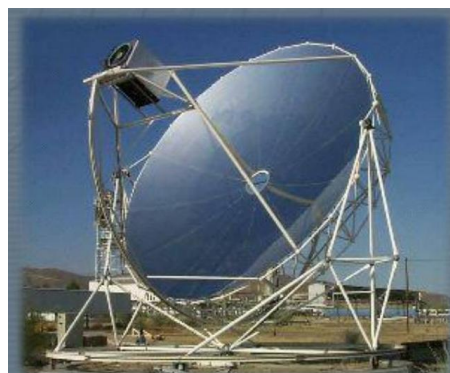


Imagen 5. Interior colector solar de cilindro parabólico

Fuente: photship potential of solar heat industrial process.

6 MARCO LEGAL

- Ley 143 de 1994 (Acueducto de Bogotá, 2013) “Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, trasmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética”.

Esta ley define los lineamientos fundamentales para el desarrollo energético del país y dicta algunas disposiciones, respecto a las fuentes de principales de generación, condiciones de interconexión, concesiones, conservación del medio ambiente, ahorro conservación y uso eficiente de la energía.

- *Ley 697 de 2001 (UPME, 2015) “Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones”.*

Esta ley dispone de los procedimientos para la creación de lineamientos donde se busca reducir el consumo de energía eléctrica tanto en hogares como en las empresas a través de programas educativos, tecnologías, incentivos, entre otros, los cuales se ven reflejados en los artículos de esta ley donde promueve la investigación y el estudio de los mismos.

Sin embargo esta labor está a cargo del ministerio de minas y energía pero el ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible es excluido de esta labor, lo que hace este programa lo insuficientemente soportado por la institución más importante de este tipo de labores.

Por ello es de vital importancia realizar investigaciones referente a la energía, en este trabajo se reflejaran las labores realizadas para que una institución pública cumpla con lo estipulado en esta ley a través de diversas actividades.

- *Decreto 3683 de diciembre 19 de 2003 (CREG, 2015) “Por el cual se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea una Comisión Intersectorial”.*

Por el cual se reglamenta la ley 697 de 2001, en concordancia con el uso racional y eficiente de la energía en el territorio nacional, y garantizar un abastecimiento ininterrumpido del servicio, respetando los lineamientos del desarrollo sostenible, a partir de la aplicación de fuentes no convencionales de energía y en especial el bienestar del consumidor. Todo ello con el apoyo de los diferentes entes nacionales (Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), y la *comisión intersectorial* (UPME, 2015), que promuevan el uso de forma responsable y sostenible de la energía a nivel nacional, con la integración al mercado de fuentes no convencionales de energía.

- *Sistema de Gestión Energética ISO 50001 (Ministerio de Minas y Energía, 2015)*

Este sistema ofrece varios procedimientos que permiten realizar un análisis cuantitativo de la energía que se consume en una empresa, vivienda, sector, etc. Su objetivo es buscar la mejora continua de los procesos de los diferentes sectores, en cuanto a su consumo energético, reduciendo los impactos generados por esto y obteniendo eficiencia económica.

Dando como resultado la aplicación de tecnología, procedimientos, y campañas que darán cumplimiento a los objetivos por los cuales se aplican este sistema de Gestión Energética.

En Colombia este sistema, si bien ya está aprobado aún no es obligatorio implementarlo, ni tampoco es necesario, por lo que hace que muchas empresas aún no se interesen en él, sin embargo se proyecta que este sistema se aplique como la ISO 14001, aceptada en muchas empresas y campos diferentes.

- *Ley 1665 de 2013. "Por medio de la cual se aprueba el "ESTATUTO DE LA AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES (IRENA)", hecho en Bonn, Alemania, el 26 de enero de 2009".*

En esta ley se aprueba el *ESTATUTO DE LA AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES (IRENA)*, bajo el cual se establece una agencia que impulsara el uso sostenible de las energías renovables a partir de la adopción de alternativas limpias, y favorables a la conservación del medio ambiente. Teniendo en cuenta los planes que establece cada nación como gobierno independiente. Combinando el uso eficiente de las energías renovables, a partir de la implementación de tecnologías y medidas de eficiencia energética.

- *Ley 1715 de 2014. "Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional"*

En términos generales, esta norma busca la promoción de la implementación de energías no renovables en el sistema energético colombiano, a partir de la integración en el mercado eléctrico, en zonas no interconectadas, donde disminuyen las posibilidades de acceso al sistema de energía; todo ello encaminado al desarrollo económico sostenible del país, que contribuya a la disminución de gases de efecto invernadero².

² Tomado de la ley 1715 de 2014 "Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional".

7 MARCO HISTORICO.

En Colombia se desarrollan leyes y normas, donde se implementa el esquema del uso racional y eficiente de la energía con el que se han desarrollado proyectos y programas que buscan cumplir con lo pactado. Y con ello impulsar la implementación de energías no convencionales, en zonas donde el acceso a los servicios energéticos es limitado (Ministerio de minas y energía, 2001).

En el año 2011, se creó la ISO 50001 este sistema busca obtener un uso eficiente de energía a niveles corporativos e institucionales, con los que se desea no solo cumplir con los acuerdos pactados en tratados como Kioto, también se desea llegar a la sostenibilidad económica y ambiental de estas instituciones (Organizacion Internacionalizacion de Normalizacion ISO, 2011)..

El desarrollo de proyectos de uso racional e implementación de equipos para el aprovechamiento energético ofrecido por los recursos renovables proporcionados por la naturaleza, son un claro ejemplo de que las alternativas convencionales de energía pueden ser complementadas por estas, que son positivas para el medio ambiente. Una evidencia de ello son los sistemas de consumo energético sostenible, desarrollados en países europeos que han dado resultados favorables y muy exitosos, algunos de los más destacados se nombran a continuación:

- Meyer Children´s Hospital, Italia (Europea, 2012) - Red de pilas fotovoltaicas integradas con la fachada producen alrededor de 37.000 kWh de electricidad al año. Está además conectado con el nuevo sistema de tri-generación (electricidad, calefacción, refrigeración) como hospital adyacente al campus de la Universidad de Careggi. Ambos hospitales están gobernados por el mismo sistema sanitario público regional. Teniendo en cuenta que este tuvo que ser trasladado a un área que proporcionara mayores beneficios para el aprovechamiento de energía renovable.
- Kennesy Albert Hospital, (Europea, 2012) Hungría. Utilización de la biomasa para mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de CO₂, en el año 2008 la institución decidió reemplazar el sistema convencional de calefacción por uno que funcionara a partir de biomasa. El nuevo sistema de biomasa se implantó en 2010 y ofrece tanto calefacción como agua caliente para los 30 pabellones del emplazamiento del hospital. Esto representa casi el 70% del consumo energético total del hospital. Se instalaron dos calderas con capacidades de 4 MW y 2,5 MW respectivamente. El combustible de biomasa de virutas de madera se obtiene principalmente de tres bosques locales y consiste en residuos de recorte de madera, residuos de sierra de alto contenido en corteza y otros residuos de poco valor.
- Czêstochowa Voivodeship Hospital, Polonia (Europea, 2012). Se realizó una instalación solar formada por 598 paneles con una superficie de absorción total de 1498 m² tanto en los tejados del edificio con en las zonas colindantes. Además, se modernizaron dos calderas de los hospitales mediante la instalación de un sistema de recuperación de energía que aumentó su eficiencia en un 8%. Logrando además la reducción de emisiones de CO₂, en 170 Toneladas al año

En el ámbito nacional tenemos como referencia los centros especializados de San Vicente Fundación, ubicado a unos cinco minutos del aeropuerto José María Córdoba de Rionegro Antioquia, y treinta minutos aproximadamente de Medellín; que en esencia es una construcción netamente verde, que aprovecha al máximo los servicios ofrecidos por la naturaleza. Donde se establece como estrategia fundamental el uso racional de los recursos disponibles, y establece como principio el uso de tecnologías limpias, colectores térmicos para el calentamiento del agua, lámparas con bajo contenido de mercurio, entre otras. Siendo además el único centro hospitalario a nivel mundial fuera de los Estados Unidos con certificación LEED plata, siendo esta una de las certificaciones más exigentes y sobresalientes en cuanto a edificaciones verdes (San Vicente Fundación, 2014).

El Hospital Cañaveralejo en la ciudad de Cali, logro la implementación de paneles solares, para la generación de electricidad del área de urgencias del centro de salud, y bioclimatizadores que reemplazaron el aire acondicionado; en la actualidad se encuentra en proceso de obtención de membrecía otorgada por la Red de Hospitales Verdes y Saludables (Jorge Orozco el PAis , 2014). Funcionarios de la institución aseguran que el consumo de alumbrado público se redujo a cero y que el ahorro ha sido hasta del 60%, recuperando la inversión realizada con la implementación de estas tecnologías.

Respecto a Bogotá, se encontraron casos exitosos como el del hospital de suba, donde se implementaron calentadores solares, reduciendo el consumo de gas natural, a tal punto de lograr un cobro de 0 pesos en el servicio, además de la implementación de orinal seco y un sanitario ecológico, logrando disminuir el consumo de agua en 1.080 L/día, puesto que reemplazar el sistema tradicional (6 L), por las nuevas tecnologías (1L, por descargar), han generado beneficios evidentes dentro del hospital. (MADS, 2014)

El hotel Bogotá Plaza, implemento colectores solares para el calentamiento de agua, apoyados por un sistema de caldera de alta eficiencia, supliendo la demanda del hotel siendo esta de 42 m³, de agua caliente al día, con la instalación de 150 colectores de placa plana (Bogota Plaza Summit Hotel, 2015).

8 CAPITULO I. CARACTERIZACIÓN CONSUMO GAS NATURAL (ALIMENTACIÓN CALDERAS) HOSPITAL UNIVERSITARIO LA SAMARITANA - HUS

El uso de alternativas no convencionales para la generación de energía son una prioridad hoy en día para muchas instituciones de salud, tanto nacionales como internacionales, todo ello con el fin de obtener beneficios económicos, y realizar un aporte significativo en la conservación del medioambiente y la lucha mundial contra el cambio climático, fundamentalmente por considerar que los hospitales son sin duda alguna, una de las infraestructuras que demandan mayor energía para su funcionamiento; puesto que estos deben prestar un servicio de forma continua, es decir, durante 24 horas, que garantice una atención óptima a la población que según tamaño y necesidades genera una demanda para las diferentes instituciones de salud, según la Secretaria Distrital de Salud de Bogotá, las infraestructuras hospitalarias, utilizan el doble de la energía que las oficinas convencionales.

En el desarrollo de este capítulo se evaluó el primer objetivo específico de los tres que fueron definidos y responden al objetivo general de este trabajo de investigación, que fue apoyado por el Centro de Investigación Médica del Hospital Universitario La Samaritana. Donde se estudió el comportamiento del consumo de gas natural con los datos mensuales, y se determinaron los periodos de mayor consumo.

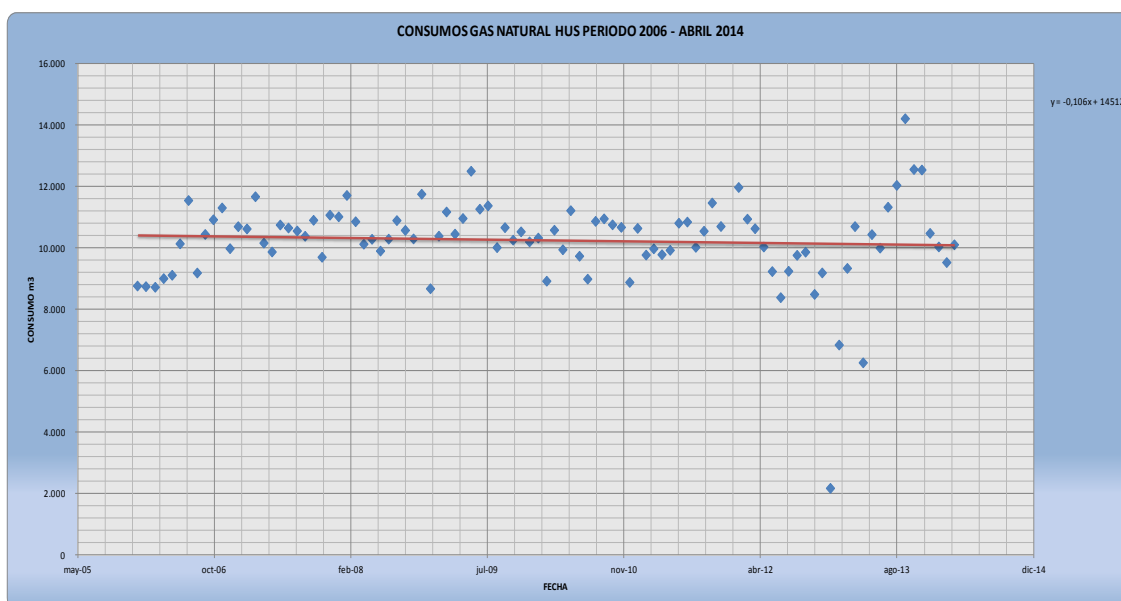
8.1 Consumo de gas natural mensual interanual.

La evaluación de los datos de consumo mensuales de gas natural en el HUS permitió identificar y conocer el comportamiento del gasto de combustible para la operación de las calderas), con el fin de obtener una base del consumo actual de este servicio por parte de la institución. Y con ello evaluar en los próximos capítulos la viabilidad e importancia de implementación a futuro de fuentes no convencionales de energía que complementen el funcionamiento de las calderas, considerando que estas no podrían ser reemplazadas en su totalidad y que por el contrario puedan ser optimizadas, teniendo en cuenta factores económicos y de infraestructura dentro del hospital

Se tomaron los datos de los consumos mes a mes de gas natural del Hospital, del año 2006 al mes de Abril del año 2014, (información fue proporcionada por el funcionario Luis Castellanos, Ingeniero ambiental del HUS), una vez se consolidaron los datos, se graficaron en su totalidad, con el fin de obtener una grafica de dispersión y evaluar el comportamiento de todos los meses durante ese periodo multianual.

A continuación se muestra en la grafica 1, los resultados obtenidos a partir de un gráfico de dispersión con línea de tendencia:

Gráfica 1 Gráfico dispersión - línea de tendencia consumo mensual interanual HUS (2006 –ABRIL 2014)



Fuente: autores.

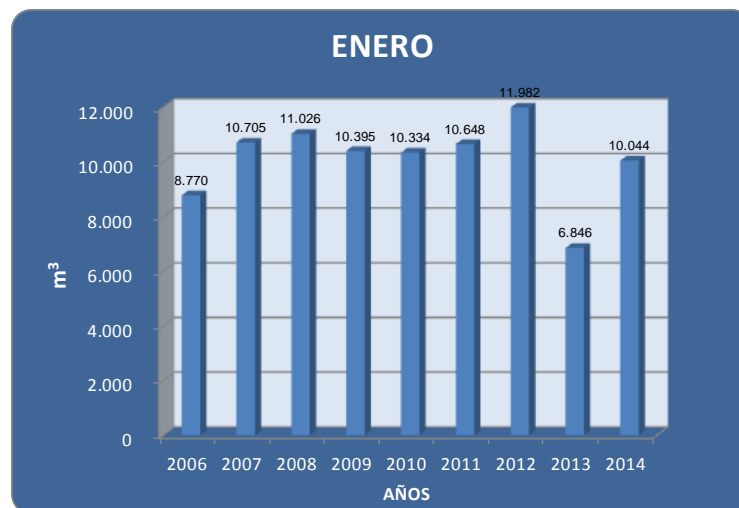
Los datos graficados muestran un comportamiento estable entre en los diferentes meses de los años que fueron evaluados; con algunos picos durante los meses de enero y julio, pero en su mayoría con pequeñas variaciones durante todos los años. Donde se evidenció que una gran porción de los datos son valores que están por encima 10.000 m³ al mes.

8.2 Comportamiento mes a mes del consumo de gas natural

Los datos mensuales multianuales facilitaron el análisis detallado del comportamiento del consumo de gas natural en el HUS, y de este modo determinar si existían eventos o periodos del año que contribuyeran a las fluctuaciones de gasto y tendencia mes a mes, además de conocer las posibilidades de respuesta a la demanda que puedan proporcionar las alternativas no convencionales.

Para la elaboración de las diferentes graficas se tuvieron en cuenta los consumos de los últimos 7 años correspondientes a cada uno de los meses, obteniendo los valores de todos los periodos. Y se evaluaron a partir de un grafico de barras donde se evidencian las tendencias, para los diferentes periodos anuales.

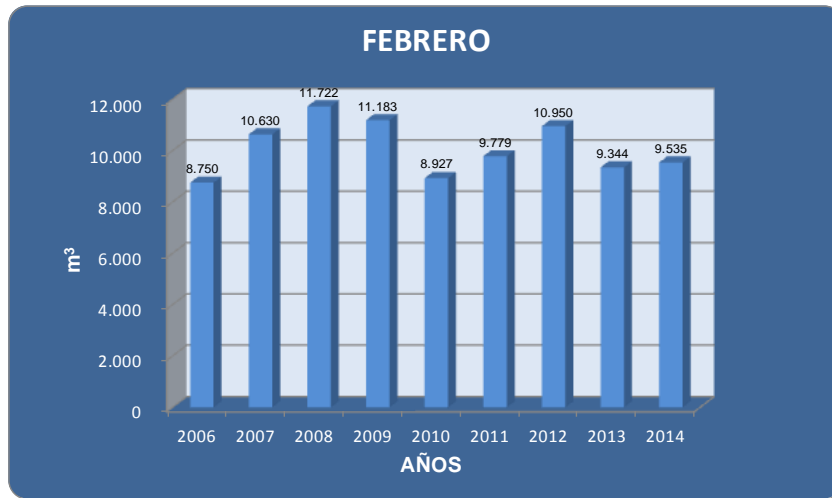
Gráfica 2. Gráfico de barras – consumo mes de Enero durante 2006 hasta abril de 2014.



Fuente: autores.

Los datos graficados muestran un comportamiento estable en los diferentes años, teniendo que el mayor consumo corresponde al año 2012 con 11.982 m³ y el menor en el año 2013 con 6846 m³ y un promedio interanual de 10.083 m³. Encontrando que el consumo entre los diferentes años correspondientes al mes de enero, se encuentran por encima de los 6.000 m³, con tendencia a disminuir.

Gráfica 3. Gráfico de barras – consumo mes de Febrero durante 2006 hasta abril de 2014.



Fuente: autores.

Los datos graficados para el mes de febrero muestran un comportamiento variable en los diferentes años, teniendo que el mayor consumo corresponde al año 2008 con 11.722 m³ y el menor en el año 2006 con 8.750 m³ y un promedio interanual de 10.091 m³. Evidenciando disminución en el consumo para este mes.

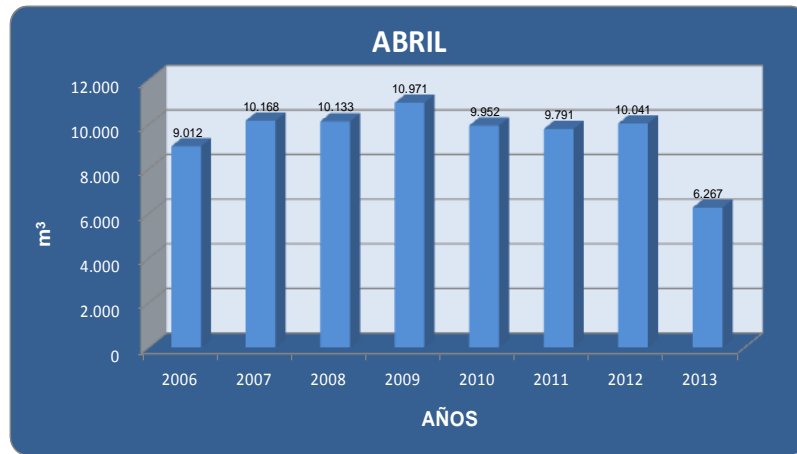
Gráfica 4. Gráfico de barras – consumo mes de Marzo durante 2006 hasta abril de 2014.



Fuente: autores.

Para el mes de marzo los datos graficados muestran un comportamiento estable en los diferentes años, teniendo que el mayor consumo corresponde al año 2007 con 11.680 m³ y el menor en el año 2006 con 8.729 m³ y un promedio interanual de 10.419 m³. Sin una tendencia clara, entre los diferentes años.

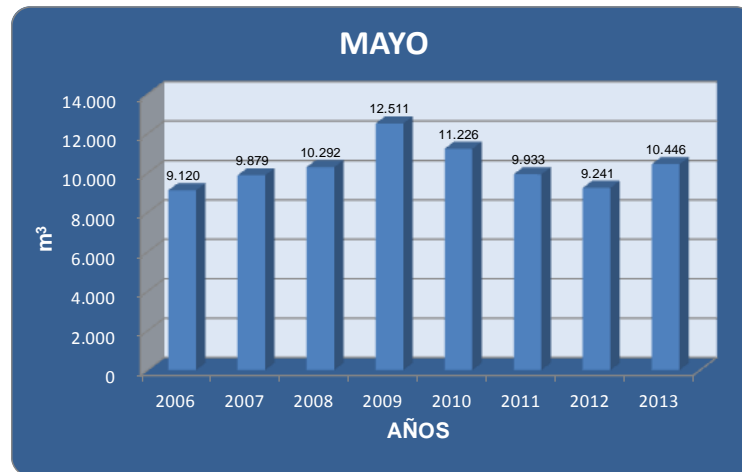
Gráfica 5. Gráfico de barras – consumo mes de Abril durante 2006 hasta abril de 2014



Fuente: autores.

Respecto a Abril, los datos graficados muestran un comportamiento estable en los diferentes años y se observan los menores consumos frente a los demás meses, teniendo que el mayor consumo corresponde al año 2009 con 10.971 m^3 y el menor en el año 2013 con 6.267 m^3 y un promedio interanual de 9.542 m^3 . Con tendencia a decrecer.

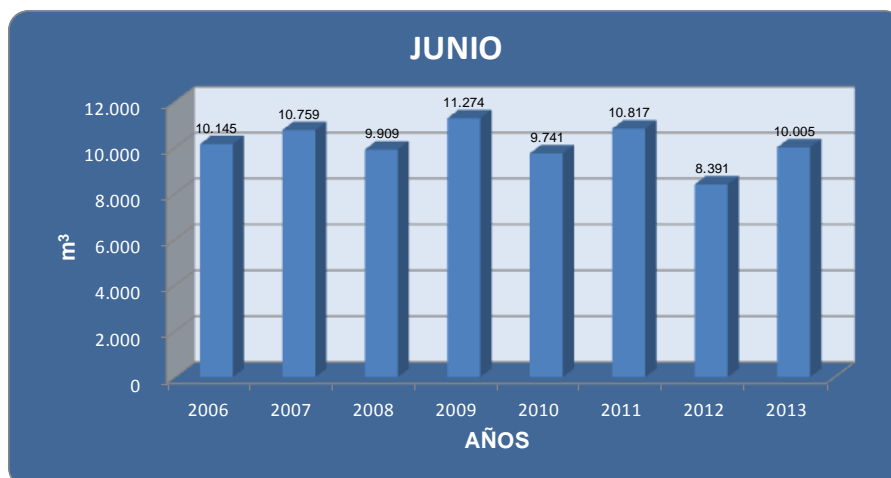
Gráfica 6. Gráfico de barras – consumo mes de Abril durante 2006 hasta abril de 2014.



Fuente: autores.

En el mes de mayo el mayor consumo se dio en el año 2009 con 12.511 m^3 , siendo este el mayor frente a los meses anteriores, y 9.120 m^3 el menor consumo respecto a los demás años, contando en promedio con 10.331 m^3 . Y con tendencia a aumentar.

Gráfica 7. Gráfico de barras – consumo mes de Junio desde el año 2006 hasta abril de 2014



Fuente: autores.

Los datos graficados correspondiente al mes de junio evidencian un comportamiento estable en los diferentes años evaluados, teniendo que el mayor valor de consumo se dio en el año 2009 con 11.274 m³ y el menor durante el 2012 con 8.391 m³, y un promedio interanual de 10.130 m³. Y con un incremento aparente para el último año evaluado.

Gráfica 8. Gráfico de barras – consumo mes de Julio desde el año 2006 hasta abril de 2014.



Fuente: autores.

Para el mes de julio en los diferentes años en los cuales se registraron los datos, no se presentaron fluctuaciones considerables y los consumos estuvieron alrededor de los 10.000 m³, obteniendo que el mayor se dio en el año 2006 con 11.557 m³, el menor durante el 2010 con 8.944 m³, con un promedio interanual de 10.542 m³. Con tendencia aumentar, en un 18,4% comparando los últimos 2 años.

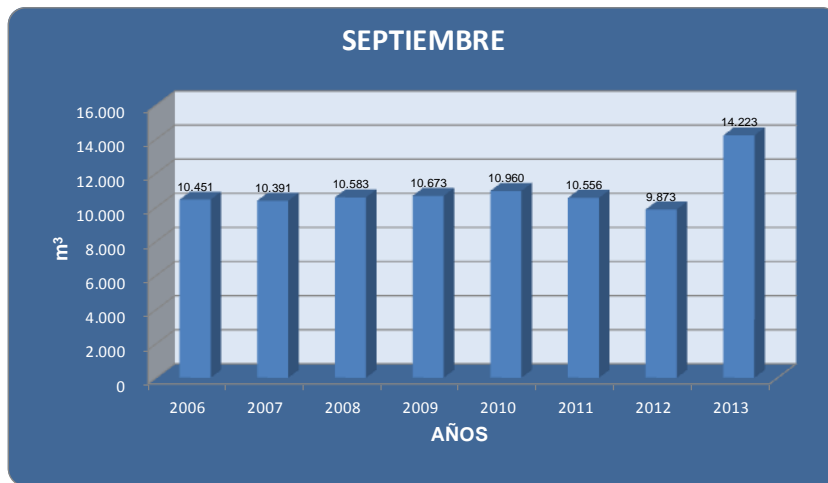
Gráfica 9. Gráfico de barras – consumo mes de Agosto desde el año 2006 hasta abril de 2014.



Fuente: autores.

Los datos graficados muestran un comportamiento estable en los diferentes años evaluados para el presente estudio, obteniendo que el mayor valor corresponde al año 2013 con 12.049 m³, el menor corresponde al año 2006 con 9.194 m³, y finalmente un promedio interanual de 10.426 m³. Evidenciando tendencia aumentar, respecto al año anterior, en un 18,9% aproximadamente.

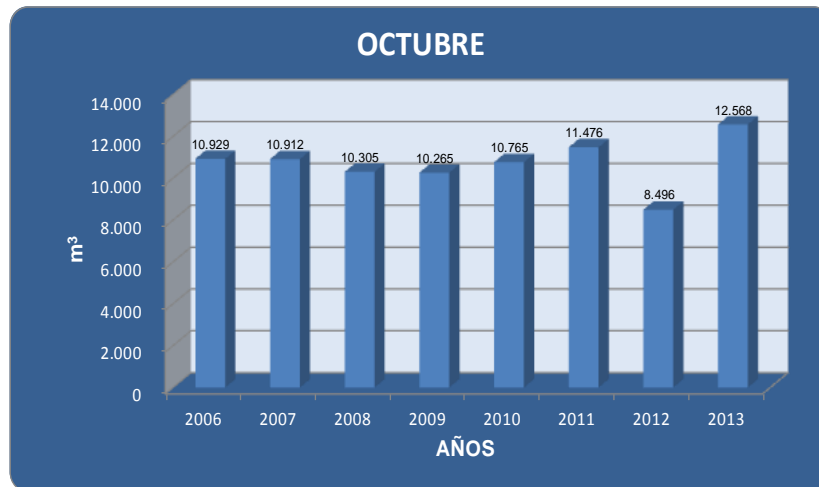
Gráfica 10. Gráfico de barras – consumo mes de Septiembre desde el año 2006 hasta abril de 2014.



Fuente: autores.

Para el mes de septiembre se obtuvieron valores que oscilan entre los 10.000 y 14.000 m³, registrándose en este mes el consumo más alto respecto a los demás meses con 14.223 m³, y el menor valor durante el año 2012 con 9.873 m³, y un promedio interanual de 10.964 m³, este último el más alto respecto a los demás promedios mensuales interanuales. Y con un comportamiento creciente en el consumo para el año 2013, en un 30,5% aproximadamente.

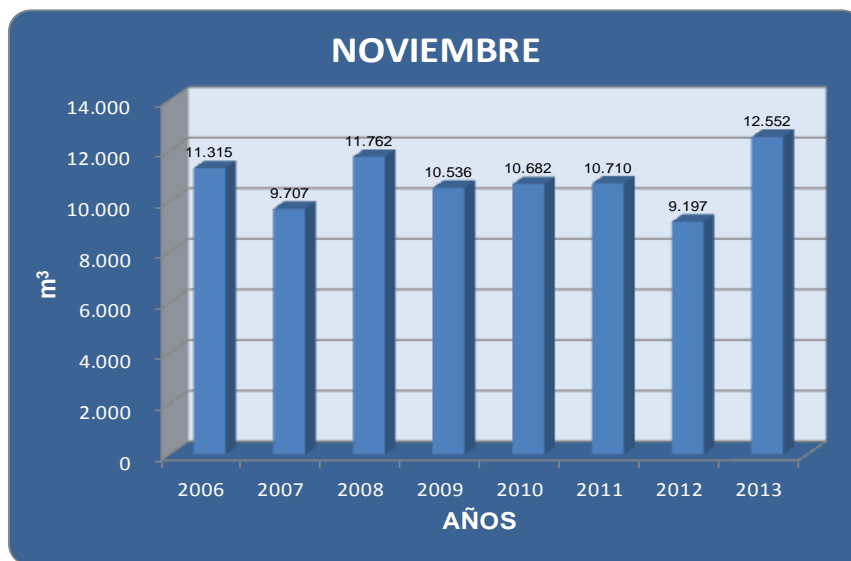
Gráfica 11 Gráfico de barras – consumo mes de Octubre desde el año 2006 hasta abril de 2014.



Fuente: autores.

Durante la evaluación del mes de octubre se encontraron los siguientes resultados, en primer lugar el mayor valor de consumo para este periodo se dio en el año 2013 con 12.568 m^3 (entre los más altos respecto a otros meses), el menor valor se obtuvo en el año 2012 con 8.496 m^3 . Y finalmente un promedio mensual interanual de 10.715 m^3 . Con tendencia a crecer frente al año anterior en 4.062 m^3 , correspondientes al 32,3%.

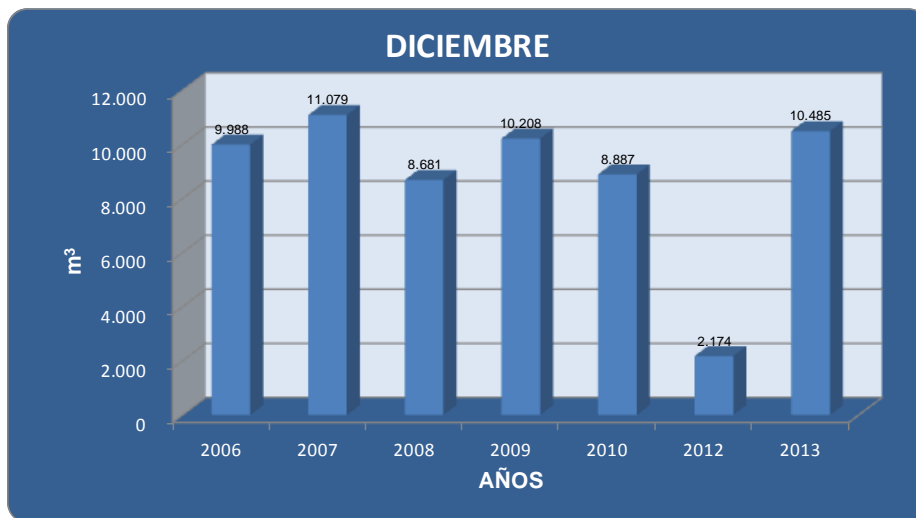
Gráfica 12. Gráfico de barras – consumo mes de Noviembre desde el año 2006 hasta abril de 2014.



Fuente: autores.

En el mes de noviembre no se evidencian grandes variaciones entre los consumos de los diferentes años, obteniendo que el mayor valor corresponda al año 2013 con 12.552 m^3 , el menor durante el 2012 con 9.197 m^3 y un promedio de 10.808 m^3 . Con un incremento del 26,7% entre los años 2012 y 2013.

Gráfica 13. Gráfico de barras – consumo mes de Diciembre desde el año 2006 hasta abril de 2014.



Fuente: autores.

Finalmente en el mes de diciembre se registro el menor valor de consumo respecto a los demás meses evaluados, dándose en el año 2012 con 2.174 m³, y en el 2007 el máximo consumo en comparación con los demás años con un valor de 11.079 m³, y un promedio de 8.786 m³, este ultimo el promedio más bajo en relación con los demás mensuales interanuales. Y con tendencia a incrementar teniendo en cuenta el ultimo año frente a los tres anteriores con un crecimiento del 79%.

8.3 Promedios mensuales interanuales.

Con el fin de conocer el mes de mayor consumo respecto a los años evaluados, se tomaron los valores promedio por mes y se compararon entre sí; determinando con ello, las actividades asociadas a dichos comportamientos (aumento en el número de pacientes atendidos). Y a partir de allí poder establecer criterios de diseño y valoración de alternativas posteriormente.

Los cálculos se realizaron tomando cada uno de los consumos por mes en los diferentes años y dividiéndolos por la cantidad de años. El método utilizado para la obtención de datos, se realizo a partir de la siguiente fórmula:

Ecuación 1.

$$PMIA \text{ (mes)} = \frac{\text{suma de valores por año según mes}}{\text{numero de años}}$$

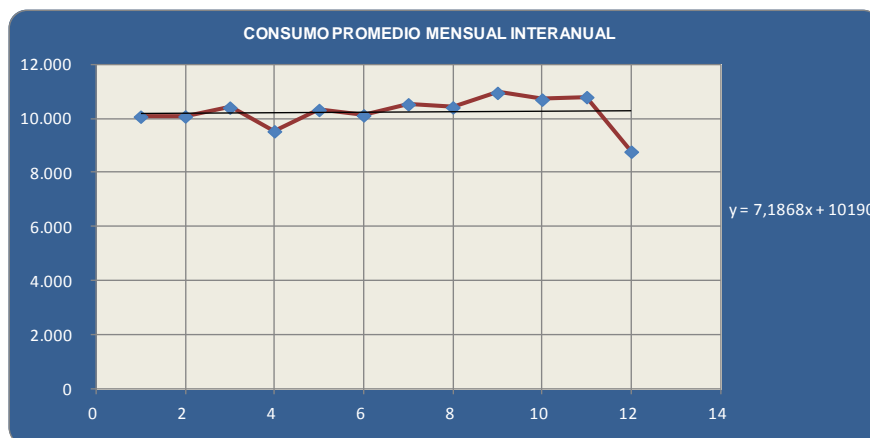
Teniendo en cuenta la formula descrita anteriormente, y realizando las operaciones correspondientes, se obtuvieron los promedios mensuales interanuales de gas natural, como se aprecia en el tabla 2.

Tabla 2. Promedios mensuales interanuales.

MESES	CONSUMO PROMEDIO (m ³)
ENERO	10.083
FEBRERO	10.091
MARZO	10.419
ABRIL	9.542
MAYO	10.331
JUNIO	10.130
JULIO	10.542
AGOSTO	10.426
SEPTIEMBRE	10.964
OCTUBRE	10.715
NOVIEMBRE	10.808
DICIEMBRE	8.786

Fuente: Autores

Gráfica 14. Gráfico lineal– promedios mensuales interanuales.



Fuente: Autores.

De acuerdo a los datos graficados se obtuvo que el dato de mayor consumo corresponda al mes de septiembre con 10.964 m³ y el menor al mes de diciembre con 8.786 m³. Con tendencia a aumentar, en los 3 años siguientes y con una disminución considerable para el año 2013.

8.4 Cálculo de emisiones de CO₂ a partir de los promedios mensuales interanuales.

Los cálculos de emisiones de CO₂, permitieron conocer la cantidad dióxido de carbono emitido al ambiente inherente al consumo de gas natural que alimenta las calderas del hospital. Teniendo en cuenta que los valores de emisiones por mes son fundamentales para la evaluación de las alternativas no convencionales que pueden ser aplicadas en el HUS. Y el análisis de los aspectos de disminución en el consumo de energía primaria y emisiones al ambiente.

Una vez se obtuvieron los promedios mensuales interanuales, se calcularon las emisiones de acuerdo al factor de emisión del gas natural colombiano establecido por la UPME. A partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 2.
$$\text{Emisiones } CO_2 = \text{PMIA} * \text{factor de emisión GN colombiano}$$

Para determinar dichos valores se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Se tomaron los promedios por mes, y se realizó la operación respectiva para conocer las emisiones de CO₂, de acuerdo a los diferentes meses que hicieron parte de la evaluación del presente estudio.
- Teniendo los valores de CO₂ calculados en Kg, se realizó la conversión a toneladas de CO₂, y este valor se dividió en la cantidad de años evaluados, con el fin de conocer un valor promedio año tras año. Y con ello se conocieron las emisiones anuales alcanzadas de acuerdo a los diferentes meses evaluados.

Ecuación 3.
$$\text{Emisiones } CO_2 = \text{consumo en } \frac{m^3}{\text{mes}} * 1,86 \frac{Kg \text{ } CO_2}{m^3}$$

Ecuación 4.
$$\text{Emisiones } CO_2 = \text{resultado en } \frac{Kg \text{ } CO_2}{\text{mes}}$$

Conversión a Toneladas:

Ecuación 5.
$$\text{Emisiones } CO_2 = \text{valor Kg } CO_2 \frac{0.001 \text{ Ton}}{1 \text{ Kg}}$$

Ecuación 6.
$$\text{Emisiones } CO_2 = \text{valor Ton } \frac{CO_2}{\text{mes}}$$

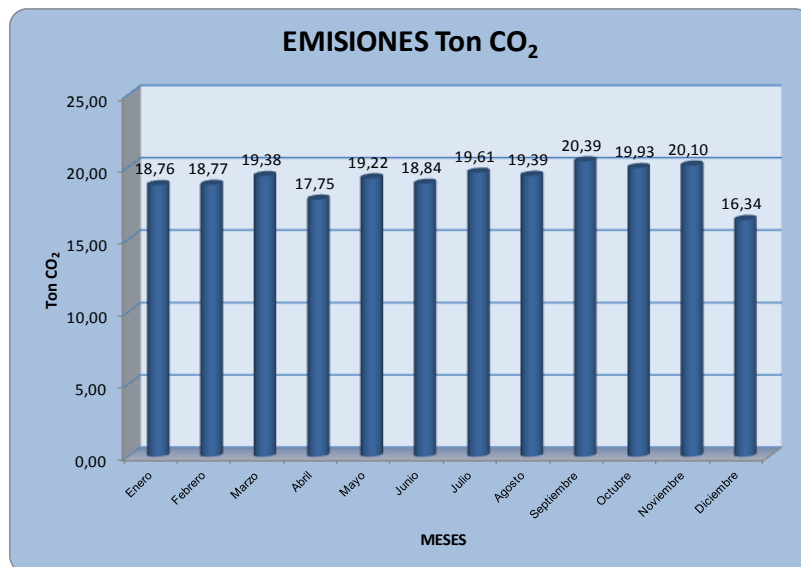
A partir de los ítems descritos anteriormente, se obtuvieron los valores promedio de emisiones de CO₂ que se relacionan en la tabla 1-2:

Tabla 3. Emisiones Ton CO₂ anuales.

MESES	EMISIONES Ton CO ₂ / año
Enero	18,76
Febrero	18,77
Marzo	19,38
Abril	17,75
Mayo	19,22
Junio	18,84
Julio	19,61
Agosto	19,39
Septiembre	20,39
Octubre	19,93
Noviembre	20,10
Diciembre	16,34

Fuente: Autores

Gráfica 15. Gráfico de barras – emisiones de CO₂ en Toneladas al año mes a mes.



Fuente: Autores

Una vez se realizaron los cálculos respectivos, y de acuerdo a la grafica 1-5, se observa una relación directamente proporcional entre el consumo de gas natural y la cantidad de emisiones realizadas por mes; claro ejemplo de ello, es el mes de septiembre donde se presentó el mayor consumo de gas y al mismo tiempo la mayor cantidad de emisiones. Caso similar en el periodo de menor consumo, que para este caso es Diciembre, siendo el de menor aporte de emisiones anuales de CO₂ al medio ambiente.

8.5 Cálculo de consumo de energía primaria.

El cálculo del consumo de la energía primaria nos permite evaluar la demanda de recurso actual del hospital a partir de los consumos mensuales interanuales de gas natural, teniendo en cuenta las toneladas equivalentes de petróleo, unidad que permitió hacer la respectiva comparación con el combustible con el cual operan las calderas del Hospital Universitario La Samaritana HUS.

Para realizar el respectivo cálculo mes a mes del consumo de energía primaria se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos.

- Consumos de gas natural de cada uno de los meses evaluados en los diferentes años (promedios mensuales interanuales).
- Poder calorífico del combustible que alimenta las calderas del hospital.
 - **Gas Natural: 40,8 MJ/ m³** (Comisión de Regulación de Energía y Gas, 2007)
- Factor de conversión de TEP 2.38×10^{-5} (Velasco, 2009).³

Las ecuaciones tenidas en cuenta para la realización de dichos cálculos se describen a continuación:

Ecuación 7

$$\text{Consumo energía primaria} = \text{PMA GN} * \text{poder calorífico GN}$$

Ecuación 8

$$\text{Consumo energía primaria} = \frac{\text{MJ}}{\text{mes}}$$

Conversión a TEP:

Ecuación 9

$$\text{consumo energía primaria} = \frac{\text{MJ}}{\text{mes}} * \frac{2.38 * 10^{-5} \text{ TEP}}{\text{MJ}}$$

Ecuación 10

$$\text{Consumo energía primaria} = \text{valor} \frac{\text{TEP}}{\text{mes}}$$

De acuerdo a las ecuaciones y aspectos anteriormente descritos se obtuvieron los siguientes resultados del consumo de energía primaria para los diferentes periodos mensuales evaluados:

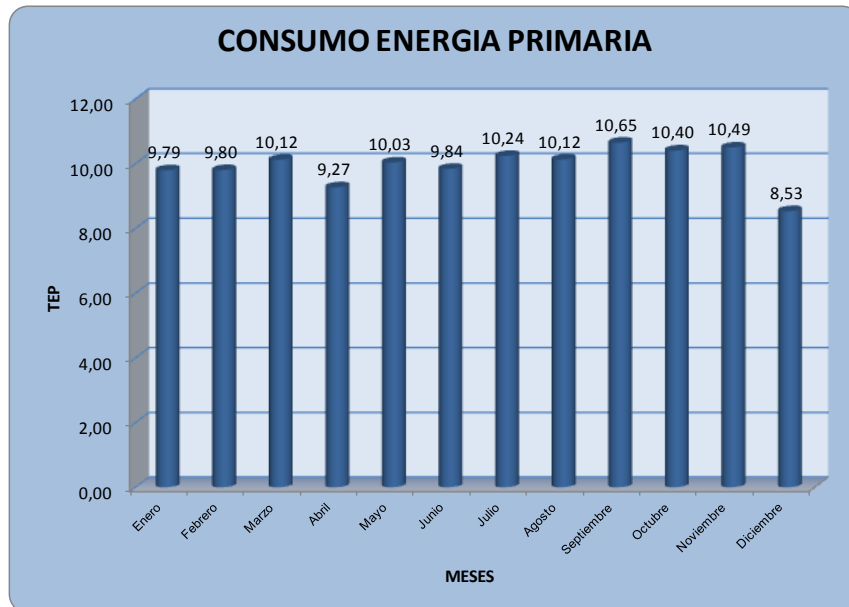
³ Factor de conversión tomado de Energías Renovables, Jaime González Velasco 2009.

Tabla 4. Consumo de energía primaria TEP/ año

MESES	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TEP/año
Enero	9,79
Febrero	9,80
Marzo	10,12
Abril	9,27
Mayo	10,03
Junio	9,84
Julio	10,24
Agosto	10,12
Septiembre	10,65
Octubre	10,40
Noviembre	10,49
Diciembre	8,53

Fuente: Autores

Gráfica 16. Gráfico de barras – Consumo de energía primaria en TEP.



Fuente: Autores

Respecto al consumo de energía primaria se observa un comportamiento directamente proporcional, asociado al consumo de combustible de las calderas para los diferentes meses, lo que supone un aumento en las emisiones de CO₂.

9 CAPÍTULO II. RECONOCER Y SELECCIONAR ALTERNATIVAS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA EN EL HUS.

9.1 Método de selección entre fuentes no convencionales⁴ de generación de energía térmica para el H.U.S.

Actualmente en el mercado se pueden encontrar distintas tecnologías que permiten reemplazar el uso de gas natural o inclusive de las calderas de forma parcial o total, donde varían características como precios, materiales, fuentes de generación, modo de operación, entre otros.

En el capítulo anterior se puede observar las emisiones que traen consigo la utilización del gas natural al sistema de calderas y la energía primaria necesaria para la producción de dicho combustible.

Con la selección de una de estas tecnologías se busca reducir tanto emisiones de GEI, como gastos económicos en gas natural optimizando el proceso de precalentamiento del agua que utiliza el sistema de calderas, y el cual es utilizado para la cocina y la zona de esterilización.

De estas alternativas se seleccionaron las que más se acoplaron a las características y necesidades que tiene el hospital, entre las cuales se encuentran los colectores solares de placa plana, colectores solares cilindro-parabólicos, colectores solares de tubos al vacío, Biomasa y planta geotérmica.

Cada uno de estos métodos ofrece alternativas diferentes para producir energía térmica, sin embargo se deben evaluar diferentes aspectos, pues al ser distintos, pueden cambiar su efectividad, según algunas características del lugar donde se desea implementar por factores climáticos, o propios de la estructura física del hospital, siendo estos determinantes en el funcionamiento del sistema.

Como ya se mencionó son varias tecnologías las que se pueden utilizar, por este motivo se ha elegido un método basado en calificaciones por características donde se realizó una tabla comparativa y cuya metodología de elaboración, será explicada y examinada a continuación:

⁴ **Fuentes no convencionales de energía:** Son aquellas fuentes disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleadas o son utilizadas de manera marginal y no se comercializan ampliamente. Se consideran fuentes no convencionales de energía, entre otras, la energía solar, energía eólica, energía geotérmica, energía proveniente de fuentes de biomasa, pequeños aprovechamientos hidroenergéticos, energía proveniente de los océanos, etc. (Decreto 3683 de 2003).

9.2 Valoración de Metodologías.

Para poder determinar qué tipo de tecnología y metodología es la más conveniente de acuerdo a las condiciones del HUS, se elaboró una tabla, donde se calificaron 5 parámetros de las 4 metodologías propuestas para reducir la demanda actual de energía térmica.

Esta tabla consiste en ordenar una fila con los métodos elegidos para alimentar el sistema de las calderas del hospital con calor, y columnas donde se relacionaron los parámetros a evaluar, los cuales se describen a continuación:

- **La aplicabilidad en el H.U.S.:** este ítem se refiere a la facilidad que tiene la aplicación de esta metodología de acuerdo a las necesidades del hospital, para ello se tienen en cuenta pautas importantes como: ubicación, permisos, fuente principal de energía, peligrosidad, si representa o no un riesgo para la salud humana, condiciones climáticas y requerimientos del cliente. La calificación va de 0 la menos aplicable a 5 la más aplicable, esta información surge de la revisión bibliográfica de la tecnología, que fue necesaria para desarrollar el presente documento.
- **Madurez:** la madurez de una tecnología se establece cuando ha sido desarrollada a tal punto que se puede comercializar, no es madura cuando sucede lo contrario (**Villaluz, 1999**) en el caso de estudio se debe calificar ya que no todas las tecnologías son maduras, es decir no se comercializan de manera tradicional o su permanencia en el mercado es aún muy baja. La calificación es de 0 la menos madura o desarrollada a 5 la más desarrollada o madura.
- **Costos de Implementación:** en este parámetro se examina cuál de las metodologías seleccionadas es la más costosa y cual la más económica para su respectiva instalación, adaptación al sistema y operación, sin embargo, no es necesario realizar estudios muy profundos sobre esto, ya que al ser tan diferentes estas metodologías, sus requerimientos cambian de manera drástica y de este se puede conocer los costos que genera una de la otra, así como el potencial de inversión que tenga la compañía. La calificación va de 0 la más costosa a 5 la más económica.
- **Menor Impacto Ambiental:** Si bien se busca reducir costos debido al consumo de gas natural, también los impactos ambientales inherentes al uso de este combustible. Además de tener en cuenta que este no es el único impacto que se pueda presentar al implementar la mejor alternativa, pues cada una posiblemente traiga consigo algún impacto negativo al medio ambiente, el cual debe ser contemplado. Para ello se tiene en cuenta el modo de operación de cada una de las tecnologías que utilizan estos métodos, donde se evaluaron de manera global, y no los diferentes tipos que existen de cada una de ellas. Es decir, que la comparación se realizó entre la generación de energía a través de Biomasa frente al colector solar de placa plana, y no con cada uno de los tipos que existen, de estas alternativas; determinando su eficiencia y menor impacto. La calificación va de 0 la de mayor impacto ambiental a 5 la de menor impacto ambiental.

- **Respuesta a la demanda:** En este ítem se evaluará el nivel del sistema propuesto frente a la demanda de energía térmica en las calderas, si este sule de forma parcial o total el consumo de calor de la caldera, que por ahora utiliza gas natural. La calificación va de 0 la de menor respuesta a la demanda, a 5 la de mayor respuesta a la demanda.
- **Logística del combustible:** se evalúa la metodología o los recursos que se necesitan para facilitar la fuente de energía de nuestra tecnología, facilidad de adquisición, transporte y disponibilidad. La calificación va de 0 sin posibilidad de traslado a 5 fácil de trasladar.

Después de realizar un breve análisis de cada Ítem, a continuación se muestra la calificación dada a cada uno de los métodos evaluados. (Ver tabla 1).

9.2.1 Colectores solares de placa plana:

Para esta alternativa se obtuvo una calificación final de 4,5 distribuido de la siguiente forma:

- **Aplicabilidad en el H.U.S.:** Se concedió la nota más alta pues al realizar el análisis de los requerimientos para su instalación no son complejos ni demasiados, adicional a esto, no se requiere de modificaciones considerables de la estructura del hospital, es fácil de operar y no presenta mayores riesgos para el operario, es bajo en costos de mantenimiento, fácil de instalar y desmontar. **Calificación: 5.**
- **Madurez:** los Colectores solares de placa plana fueron descubiertos en 1.907 por el ingeniero mecánico Frank Schumann y Clarence Kemp, y su desarrollo a lo largo del siglo XX, continuando en la actualidad, ofreciendo varios tipos de colectores, pues este colector de placa plana ha sido el más comercializado de los colectores al ofrecer varios tipos de material, en el mercado, encontrando tecnología con alto, medio y bajo rendimiento (SEED Schlumberger Excellence in Education Development, 2015). **Calificación: 5.**
- **Costos de implementación:** para la implementación de este tipo de tecnología se requieren de algunos gastos iniciales como mano de obra, herramientas, compra de algunos elementos como canaletas o conductos, arreglos al sistema para adaptar el ingreso del producto proveniente de la celda. Los costos de operación y mantenimiento son de 0,5% a 1,5% sobre la inversión de en la instalación del mismo, lo que permite ver a futuro el ahorro obtenido por esta metodología. **Calificación: 5.**

- **Menor Impacto Ambiental:** Todo proceso tecnológico puede llevar consigo algún impacto al medio ambiente, este puede ser positivo o negativo, para el caso se están calificando los impactos negativos que el método pueda traer consigo, en el caso de las los colectores solares, ya que no se encuentran impactos significativos pues no producen algún tipo de subproducto contaminante, excepto en caso tal que se presente un daño y se tenga que reemplazar la parte afectada, pero se debe tener en cuenta que esta tecnología tiene garantías de funcionamiento por varios años, lo que reduce la posibilidad de este caso y más aún el cambio y producción de residuos. **Calificación: 5.**
- **Respuesta a la demanda:** el colector solar de placa plana puede calentar el agua en un rango de 39°C a 50°C lo que implica que no se produce vapor de agua, pero si aumenta la temperatura del medio conductor en la mayoría de casos, el agua, la cual lleva este calor al sistema de calderas por lo tanto no responde a la demanda en un 100%. **Calificación: 3.**
- **Logística del combustible:** el combustible utilizado es proveniente del sol, lo que implica una facilidad para obtener la energía requerida a diario sin utilizar recursos económicos del hospital para poder suministrar esta energía en calor al sistema. **Calificación: 5.**

9.2.2 Colectores de tubos al vacío:

La calificación asignada a esta fuente de energía es de 4,7.

- **Aplicabilidad en el H.U.S.:** Este método al igual que los colectores de placa plana, no requieren de muchos cambios estructurales, pues no se necesita un amplio espacio para su instalación, su conexión con las calderas no demanda modificaciones directas a cada una (recordemos que utiliza dos calderas) y el sistema de precalentamiento no necesita de amplias modificaciones. Por tal motivo su calificación en este parámetro es alto. **Calificación: 5.**
- **Madurez:** Los colectores de Tubos al vacío provienen de inicios del siglo XIX, con la invención de la caja de Horace de Saussure, en la que se encontraba un sistema compuesto por una caja cerrada con una pantalla de vidrio y la cual distribuía el calor captado por la radiación del sol transformada, dando calefacción a los hogares de esa época (Sumiseran S.L., 2014), en base a ella se diseñan estos colectores. **Calificación: 5.**
- **Costos de implementación:** el sistema de colectores solares de tubos al vacío, tiene características similares en la implementación que el colector de placa plana, su diferencia radica en el precio pues debido a sus materiales de elaboración, es más costoso pero su instalación es similar. **Calificación 4.**

- **Menor Impacto Ambiental:** Los colectores solares de tubos al vacío son sistemas que no producen impacto ambiental, pues su fuente de energía son las radiaciones solares y no se produce ningún tipo de subproductos, los posibles impactos que se presenten es a causa de los residuos producidos después de un mantenimiento que requiera el cambio de partes, pero debido a que estos casos son relativamente bajos, pues su mantenimiento es cada 3 años, o cuando se requiera en caso de algún daño. **Calificación 5.**
- **Respuesta a la demanda:** el colector de tubos al vacío, no reemplaza la totalidad de energía requerida para la operación de la caldera, se busca aportar una parte de esta energía requerida, estos colectores pueden llegar a generar una temperatura interna al sistema hasta de 40°C en días nublados, lo que aumenta el porcentaje en comparación con el placa plana hasta en un 100% (**Perez L. B., Cubasolar, 2013**). **Calificación: 4.**
- **Logística del combustible:** la fuente que utiliza este método es la radiación solar, dando suministro a diario de forma interminable, por lo tanto se le concede a este parámetro la calificación más alta. **Calificación 5.**

9.2.3 Colectores de Cilindro parabólicos:

La calificación asignada a esta alternativa es de 4,7. Para la cual tuvieron en cuenta los siguientes aspectos evaluados con la escala anteriormente descrita (ver descripción metodología de valoración página 26).

- **Aplicabilidad en el H.U.S.:** los colectores Cilindro parabólicos a nivel global son sistemas que no requieren grandes espacios ni modificaciones considerables en la estructura, pero varía de acuerdo a las necesidades. **Calificación: 5.**
- **Madurez:** este sistema patentado en el año de 1907 e implementado en 1912 por Frank Shuman, ha sido desarrollado en los últimos 20 años. En poco tiempo ha alcanzado un gran desarrollo siendo este un método altamente eficiente. **Calificación: 5.**
- **Costos de implementación:** el colector solar cilindro parabólico no requiere de modificaciones considerables a la estructura del hospital pero si se debe invertir en su compra, pues de los colectores solares propuestos es el más costoso. **Calificación 3.**
- **Menor Impacto Ambiental:** Los colectores solares cilindro parabólicos son sistemas que no producen impacto ambiental considerable, pues su fuente de energía son las radiaciones solares y no se produce ningún tipo de subproductos mientras esté trabajando de la forma correcta, los posibles impactos que se presenten es a causa de los residuos producidos después de un mantenimiento que sea requerido el cambio de partes o los fluidos térmicos, que son variados, algunos contaminantes, pero debido a que estos casos son relativamente bajos no se tienen en cuenta, pues su mantenimiento es cada 3 años, o cuando se requiera en caso de algún daño. **Calificación 5.**

- **Respuesta a la demanda:** el colector cilindro parabólico, debido a sus características, al ser compuesto por un metal resistente al calor y que a su vez concentra la radiación en un punto produciendo gran cantidad de energía térmica, puede suplir las necesidades de la caldera, según el estado climático, sin embargo, al igual que los anteriores colectores, no reemplazará toda la energía generado por el gas natural. **Calificación: 5**
- **Logística del combustible:** la fuente que utiliza este método es la radiación solar, dando suministro a diario de forma interminable, por lo tanto se le concede a este parámetro la calificación más alta. **Calificación 5.**

9.2.4 Biomasa:

La calificación total que se asignó a este tipo de generación de energía es de 4,3, a continuación se describen los aspectos tenidos en cuenta para su evaluación:

- **Aplicabilidad en el H.U.S.:** los diferentes sistemas de producción de energía por Biomasa permiten variedad de métodos a la hora de implementarlos en las instalaciones del hospital, para ello se requiere maquinaria especializada, para el funcionamiento de este equipo, se debe modificar una parte de la estructura en el área de calderas para poder instalar dichos equipos, lo que hace que su aplicabilidad sea más compleja. **Calificación 4.**
- **Madurez:** Los sistemas basados en biomasa para la producción de energía han sido los métodos más antiguos que se han utilizado por el hombre a través de la historia, sin embargo en los últimos años se han desarrollado maquinarias y metodologías cada vez más limpias, reduciendo la producción de subproductos en las emisiones, siendo este un sistema ambientalmente sostenible. **Calificación: 4**
- **Costos de implementación:** estos sistemas basados en Biomasa, no son costosos, en el mercado se puede encontrar diversidad de compañías y tecnologías que pueden cambiar su precio, según su capacidad y requerimientos de uso, por este motivo es de fácil acceso y económico sin embargo es bueno tener en cuenta las modificaciones estructurales ya mencionadas. **Calificación: 5**
- **Menor impacto ambiental:** este sistema no trae consigo impactos ambientales considerables si se cuenta con un sistema de control óptimo, sin embargo siempre se obtendrá algún subproducto por el proceso de combustión que ocurre al interior de los sistemas utilizando la Biomasa como combustible, por lo que la calificación no puede ser la más alta. **Calificación: 4.**
- **Respuesta a la demanda:** este sistema puede responder fácilmente a la demanda energética térmica que requiere los sistemas de calderas a cualquier hora del día ya que utiliza como fuente de energía los residuos sólidos del instituto, esto permite que el poder calorífico, si bien pueda cambiar según el tipo de residuos, se limite a ciertas características de esta fuente. **Calificación: 5.**
- **Logística del combustible:** el sistema basado en biomasa, toma como combustible principalmente biomasa forestal residual de difícil adquisición, así que la logística es

más complicada, adicionalmente este tipo de residuos podrían afectar el sistema y el tipo de operación que requiere. **Calificación: 2.**

9.2.5 Geotérmica:

La generación de energía a través de origen geotérmico es muy eficiente sin embargo al evaluar se obtiene una calificación de 3,1, siendo esta la más baja respecto a las demás que fueron objeto de análisis. A continuación se describen los parámetros evaluados.

- **Aplicabilidad en el H.U.S.:** los sistemas de captación de energía proveniente al interior de la tierra son complejos y requieren obras completas, por lo que su aplicabilidad en el hospital es poco probable, ya que estas obras no se pueden ejecutar fácilmente sin generar interrupciones considerables en la operación. **Calificación: 3.**
- **Madurez:** este sistema se ha desarrollado en los últimos 30 años, siendo la tecnología desarrollada para ciertas áreas, mas sin embargo, no es práctica y adaptable para ciertos casos. Adicionalmente en Colombia no se registran casos en el que se haya utilizado este tipo de tecnologías **Calificación: 2.**
- **Costos de implementación:** este tipo de sistemas requieren de obras completas para su implementación, por lo que es necesario construir una estructura técnicamente adecuadas para tal función, lo que implica una gran inversión en obras. **Calificación: 2.**
- **Menor Impacto Ambiental:** este sistema en su operación no produce altos impactos ambientales, sin embargo el montaje de la obra requiere actividades como excavaciones, construcción de obra, y utilización de agua. **Calificación: 4.**
- **Respuesta a la demanda:** el sistema propuesto puede suministrar calor constante al sistema sin embargo para el caso particular en el H.U.S., este no se tiene en cuenta debido a las dificultades en la implementación de este sistema, aunque este podría responder a las necesidades de la institución. **Calificación: 3.**
- **Logística de combustible:** esta alternativa no requiere de combustibles adicionales. **Calificación: 5.**

En el resultado de esta tabla, se observa en la columna “total” en la cual se hace una comparación de los resultados, de un promedio que se obtiene de cada calificación de los diferentes parámetros. Eligiendo los 3 métodos de más alto valor, para realizar el respectivo análisis técnico, ambiental y económico.

Para la respectiva calificación de la matriz, se ha tomado información de diferentes textos tanto técnicos, como de información basada en guías elaboradas para hospitales, edificios e instituciones que han implementado este tipo de metodologías.

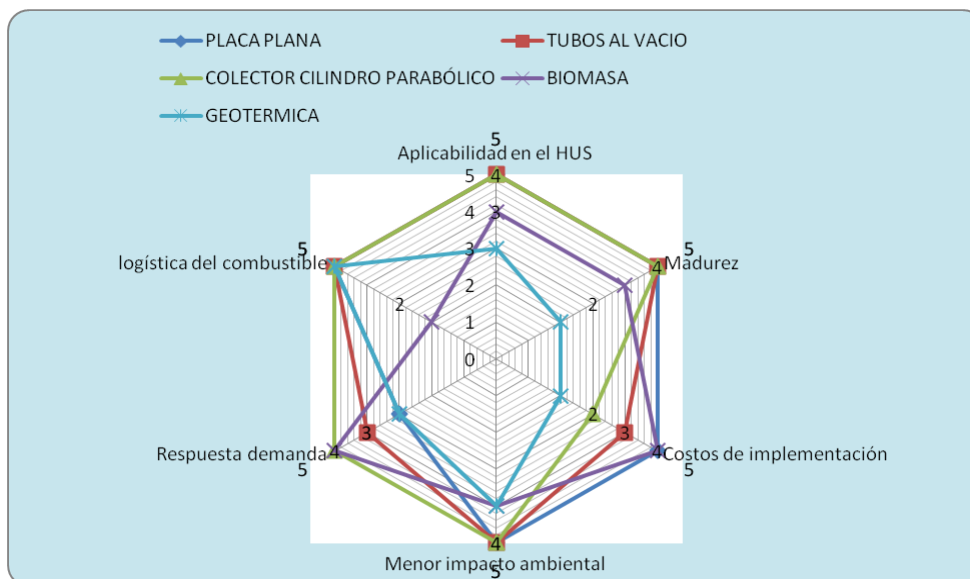
Tabla 5. Calificación de metodologías propuestas

Metodología seleccionada	Aplicabilidad en el HUS	Madurez	Costos de implementación	Menor impacto ambiental	Respuesta demanda	logística del combustible	Total
PLACA PLANA	5	5	5	5	3	5	4,5
TUBOS AL VACIO	5	5	4	5	4	5	4,7
COLECTOR CILINDRO PARABÓLICO	5	5	3	5	5	5	4,7
BIOMASA	4	4	5	4	5	2	4,0
GEOTERMICA	3	2	2	4	3	5	3,1

Fuente: Autores.

En la siguiente grafica se puede apreciar las diferencias entre los colectores solares frente a la biomasa y la generación de energía geotérmica.

Gráfica 17. Comparación de características por metodología de generación energética.



Fuente: autores.

Como se puede observar, cada una de las metodologías proponen sistemas completos, que podrían suplir la demanda de energía térmica en las calderas del hospital, sin embargo, las diversas características demuestran que los colectores solares son la mejor alternativa por costo, montaje, operación, madurez y efectividad.

Por tal motivo fueron seleccionados para realizar el análisis respectivo en cuanto a la aplicación en el H.U.S. y con ello determinar cuál de los 3 tipos de colectores es el más adecuado para implementar al sistema de calderas del hospital. A continuación se realiza una descripción y valoración detallada de cada uno de ellos.

9.3 Valoración por tipo de colector

Como se pudo observar anteriormente, se realizó un análisis por metodología que nos permita seleccionar que clase de fuente es la mejor para aplicar al sistema de las calderas del hospital dando como resultado los colectores solares, donde se exponían los 3 tipos que se manejan para esto pues son de fácil instalación, bajo costo, fuente de generación de energía constante (excepto en las noches claro está), y no produce ningún impacto negativo al medio ambiente, es totalmente seguro y no expone a riesgos a los operarios ni a la comunidad que rodea el hospital.

A continuación se realizará un análisis por tipo de colector solar donde se comparan marcas encontradas en el mercado frente a ciertos parámetros decisivos como son precios, eficiencia, garantía, capacidad y disponibilidad en Colombia.

Para fines de evaluación de los diferentes tipos de colectores solares se tuvieron en cuenta los siguientes criterios, con los respectivos rangos y valores distribuidos como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6. Criterios de evaluación y calificación de metodologías propuestas.

Eficiencia	Garantía	Capacidad	Disponibilidad	Costos
0: 0% al 10%	0 - sin garantía	0: con capacidad menor 1,5 l/min.	0: sin empresas que distribuyen las tecnologías, están en desarrollo y primeros años de distribución.	Se evalúa de acuerdo a los costos de las otras marcas de la misma tecnología, pues esta puede cambiar en un colector de placa plana a uno de tubos al vacío
1: 11% al 30%	1 - de 1 mes a 2 años	1: con capacidad entre 1,5 l/min – 2,5 l/min.	1: empresas extranjeras sin sedes en Colombia y sin funciones de importación	
2: 31% al 40%	2 - de 2 años a 5 años	2: con capacidad entre 2,6 l/min – 3,5 l/min.	2: empresas extranjeras sin sucursales pero con posibilidad de importación del producto	
3: 41% al 70%	3 - de 5 a 7 años	3: con capacidad entre 3,6 l/min – 4,5 l/min.	3: empresas extranjeras que ofrecen el servicio de envío e importación al país	
4: 71% al 80%	4 - de 7 a 9 años	4: con capacidad entre 4,6 l/min – 5,5 l/min.	4: empresas nacionales con sedes en otras ciudades pero que no ofrecen facilidades de envío	
5: 81% al 100%	5: más de 10 años	5: con capacidad entre 5,6 l/min en adelante.	5: empresas nacionales con sedes en diferentes ciudades del país o que se ubique en Bogotá (sean distribuidores o propias)	

Fuente: Autores.

Los parámetros a evaluar son:

- **Eficiencia:** Con este parámetro se busca el colector por marcas que entregue la mayor cantidad de energía al sistema y que a su vez sea de fácil manejo e instalación. Su calificación va de 0 el menos eficiente a 5 el más eficiente.
- **Garantía:** se evalúa la marca que tenga la mejor garantía en tiempo y si es posible en servicio.
- **Capacidad:** se evalúa la cantidad de agua que puede cubrir el colector según el modelo propuesto por la empresa fabricante.
- **Costos:** Para costos se tiene en cuenta el costo que tendría la compra del colector y los costos por los que sale la instalación de esta tecnología en el hospital.
- **Disponibilidad en Colombia:** en nuestro país las energías sostenibles no han sido las de mayor demanda puesto que en la mayoría de los casos se optan por energías convencionales, es por esto que hay pocas empresas que realizan distribución de estos equipos, y por tal motivo se decide evaluar qué tipo de colector se puede encontrar en el país.

9.3.1 Colectores de placa plana

Como ya se ha mencionado, los colectores de placa plana son los más sencillos y económicos que se pueden obtener, se pueden encontrar varios artículos donde se indica como diseñar y construir un colector de estas características, como se menciona en uno desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia. (Claros, 2011) Sin embargo se realizará un análisis por diferentes tipos de marca de colectores para identificar que aspectos se pueden encontrar a la hora de adquirir un producto comercial de este tipo, el fin no es imponer marcas, simplemente dar veredicto de cuales características podremos encontrar y cuales se ajustan a los requerimientos del hospital.

9.3.1.1 Colectores Solares Marca Kioto (*Kioto Solar Energy, 2015*):

Estos colectores se caracterizan por constituirse de materiales sencillos, lo que hace que su precio sea bajo en comparación con otras compañías, sin embargo se debe revisar cada parámetro propuesto.

- **Eficiencia:** Los colectores solares de placa plana Kioto ofrecen una eficiencia del 70% de la radiación tomada transformada en energía, siendo este de un porcentaje considerable teniendo en cuenta en qué forma se desea utilizar, **Calificación 3.**
- **Garantía:** la garantía por fabricante es de 10 años lo que permite tener confianza en el producto. **Calificación 5.**
- **Capacidad:** la capacidad es de 3,79 l/min, estos son almacenados pues no circula el líquido que transporta de manera continua, **calificación 3.**

- **Disponibilidad en Colombia:** Estos colectores se pueden adquirir en dos ciudades de Colombia ubicadas en las ciudades de Bogotá e Itagüí comercializados por hybrytec Colombia (Hybrytech S.A.S., 2015), **Calificación 5.**
- **Costos:** los colectores solares marca Kioto tienen un precio aproximado de \$1'760.000 COP, **Calificación 4.**

Este colector obtuvo una calificación promedio de 4,4 en comparación con las otras dos marcas.

9.3.1.2 Colectores solares marca Chromagen (sumiseran)⁵:

Estos colectores de placa plana se destacan por su eficiencia y facilidad de adquisición, son de marca Alemana y son exportados a varios países de América latina, Europa, entre otros. Los parámetros evaluados son:

- **Eficiencia:** Los colectores de placa plana Chromagen tienen una eficiencia del 75% sobre la energía captada, **Calificación 4.**
- **Garantía:** Los colectores solares de Chromagen tienen una garantía de 2 años. **Calificación 2.**
- **Capacidad:** los colectores funcionan con un caudal de 4,75 l/min* m², **calificación 4.**
- **Costos:** los precios de estos colectores están en 1'500.000 COP, **calificación 4.**
- **Disponibilidad en Colombia:** estos colectores son provenientes de Israel, en Colombia se puede conseguir a través de Aguamarket⁶ en Bogotá, **calificación 5.**

Los colectores Chromagen tienen grandes ventajas, sin embargo su tiempo de garantía, y la eficiencia un poco más baja que el colector de la empresa Kioto, hacen que baje un poco la calificación frente a los demás. **Calificación: 4**

9.3.1.3 Colector Ecosun:

Esta compañía ofrece un colector solar de placa plana compuesto por un sistema interno de polipropileno, aumentando su eficiencia, instalación y operación. Los parámetros evaluados son:

- **Eficiencia:** Este colector ha demostrado una gran eficiencia en su proceso de generación de energía pues puede alcanzar hasta un 77% de eficiencia en días soleados. **Calificación 4**

⁵ Sumiseran S.L. *Colectores planos*, recuperado de: <http://www.sumiseran.es/contents/es/d6.html>

⁶ Aguamarket cotización de productos en agua en latinoamerica: <http://www.aguamarket.com/productos>

- **Garantía:** Ecosun ofrece una garantía de 10 años para sus colectores. **Calificación 5.**
- **Capacidad:** el flujo interno de agua es de 15 l/min es decir 900 lt/hora. **Calificación 5**
- **Costos:** \$3'000.000 COP por la totalidad de la instalación. Contiene 8 colectores y el sistema de tuberías, **Calificación 5.**
- **Disponibilidad en Colombia:** En nuestro país se puede obtener por medio de la empresa Hybrytec con sede en Itagüí – Antioquia y Bogotá D.C. **calificación 5.**

De acuerdo a la valoración de los diferentes aspectos tenidos en cuenta y descritos anteriormente este colector obtiene una calificación de 4,6 respecto a las demás marcas.

Tabla 7. Evaluación colectores de placa plana por marca.

Placa plana	Kioto	Sumiseran	Maxol Ecosun
Eficiencia	4	4	4
Garantía	5	2	5
Capacidad	3	4	5
Disponibilidad en Colombia	5	5	5
Costos	4	4	4
Total	4,2	3,8	4,6

Fuente: Autores

9.3.2 Colectores solares Tubos de vacío.

Los colectores solares de tubos al vacío se caracterizan por ser un sistema eficiente y de fácil acceso, su producción de energía es más alta que la obtenida por los colectores de placa plana, a continuación se evalúa sus características de acuerdo algunas marcas disponibles en el mercado:

Para la calificación de los colectores solares de tubos al vacío, se eligieron 3 empresas internacionales que ofrecen la venta de estos productos se califican los siguientes colectores por marca:

9.3.2.1 Colector solar de tubos al vacío marca Ritter Solar⁷:

Es elaborado en Alemania, el modelo a evaluar es el CPC 12 XL INOX por ser elegido entre otros 3 como el de mejor características, a continuación se evalúan los diferentes parámetros propuestos para determinar el mejor colector de tubos al vacío para el HUS:

- **Eficiencia:** según la ficha técnica este colector presenta una eficiencia del 65% aproximadamente, funciona con 12 tubos al vacío, aumentando la cobertura frente a

⁷ Ritter Grupe *OEM Solar*, recuperado de: <http://www.ritter-gruppe.com/es/oem-solar/produkte/standard-kollektortypen/cpc-xl-inox.html>

la encontrada al modelo más cercano que opera con 6 tubos a vacío y tiene una cobertura de 1,06 litros. **Calificación 3**

- **Garantía:** estos colectores tienen una garantía de 10 años, pero debido a no encontrarse distribuidor autorizado en Colombia, el mantenimiento tendrá que realizarse con alguna empresa nacional que pueda efectuar esta labor y solo en caso de mantenimiento correctivo. **Calificación 5.**
- **Capacidad:** este colector cubre un caudal de 4,64 l/min, **calificación 4.**
- **Costos:** el valor aproximado de este colector es de \$1'300.000 COP por cada colector, adicional al total de estos colectores se debe sumar un valor de \$104.000 COP, precio de las válvulas a instalar de este colector, **calificación 4**
- **Disponibilidad en Colombia:** Estos colectores son comercializados por Codesolar⁸ ubicada en la ciudad de Quito – Ecuador, **calificación 3.**

Este colector obtiene finalmente una calificación de 3,8 en comparación con los demás colectores evaluados.

9.3.2.2 Colector Solar de tubos al vacío marca Termal (HP):

Estos colectores elaborados en Republica Checa, se pueden conseguir en varios países alrededor del mundo, el modelo elegido a evaluar es el C01-30 en la tabla 13.3, a continuación se relacionarán los parámetros evaluados en este colector:

- **Eficiencia:** este colector tiene una efectividad del 81% según lo encontrado en la ficha técnica del producto. **Calificación 5.**
- **Garantía:** lo encontrado según la página consultada, la garantía es de 10 años por cada colector, cada uno tiene una vida promedio de 20 años. **Calificación 5.**
- **Capacidad:** puede un caudal de 3,82 l/min de agua, operando con 30 tubos al vacío, lo que aumenta su capacidad frente a los otros colectores menores de 25 tubos al vacío. **Calificación 3.**
- **Costos:** el precio de este colector es de \$1'200.000 COP cada uno, este valor solo menciona el precio del colector mas no de los demás elementos que se requieren más un valor de \$104.000 COP, precio de las válvulas a instalar de este colector. **Calificación 5.**
- **Disponibilidad en Colombia:** estos colectores se pueden adquirir de manera sencilla en el país a través de Solaire del grupo Airetecnica S.A.⁹ **Calificación 5.**

La calificación obtenida de esta evaluación es de 4,6 siendo el más alto entre estos colectores.

⁸ Codesolar Cia. Ltda., recuperado de: <http://www.codesolar.com/Energia-Solar/Energias-Renovables/Ritter-Solar-CPC-XL-INOX.html>

⁹ Solaire *tienda solar*, Recuperado de: <http://www.solaire.com.co/>

9.3.2.3 Colector solar de tubos al vacío ANWO ¹⁰:

La empresa chilena Onwa ofrece variedad de colectores solares, sin embargo se elige el modelo NSCE-58-30 compuesto de 30 tubos al vacío, con un peso de 115 Kg, presión máxima de 8 bar y una resistencia al viento de 30m/s, el caudal de agua caliente es de 225 lts.

- **Eficiencia:** Este colector presenta una eficiencia del 77.6% según la información suministrada por el fabricante. **Calificación 4**
- **Garantía:** el proveedor programa mantenimientos cada año y la garantía podría cubrir hasta 10 años, **calificación 5.**
- **Capacidad:** maneja un caudal de 3,50 l/min. **Calificación 2.**
- **Costos:** el precio de este colector es de \$1.545,00 USD sin incluir costos de transporte desde Chile, impuestos de importación e IVA, **Calificación 1.**
- **Disponibilidad en Colombia:** ANWO S.A. está en fase de expansión por varios países, entre ellos Colombia, sin embargo aún no se ha inaugurado la primera sucursal, por tal motivo la compra y venta es a través de internet y se necesitaría trasladar la maquinaria desde Chile, además de esto la garantía podría cambiar debido a esta condición, **calificación 1.**

Este colector obtiene una calificación de 2,6. Teniendo en cuenta la valoración descrita anteriormente.

Tabla 8. Evaluación colectores Tubos al Vacío por marca

Tubos al vacío	Ritter Solar	Termal (HP)	ANWO
Eficiencia	3	5	4
Garantía	5	5	5
Capacidad	4	3	2
Costos	4	5	1
Disponibilidad en Colombia	3	5	1
Total	3,8	4,2	2,6

Fuente: Autores

9.3.3 Colector solar cilindro-parabólico:

Esta tecnología de colectores son los más eficientes en transformar las radiaciones solares en calor, debido a su diseño y los materiales utilizados, estos colectores utilizan la facultad de concentrar la energía en un punto para aumentar el calor con el que funciona este colector, es por esto que solo es usado principalmente en procesos industriales donde se

¹⁰ ANWO S.A. COLECTOR SOLAR HEAT PIPE 30 TUBOS TECHO INCLINADO, Recuperado de: http://www.anwo.cl/site_2/ficha_producto?unit=8&category_id=368aae0673feb7844de663cf8aa9469f&product_id=12414.

requiera una gran demanda de calor y este dispositivo pueda suplir estas necesidades. A continuación relacionaremos marcas y características de algunos colectores encontrados.

Los colectores cilindro-parabólicos, como se mencionó son más eficientes que los colectores de placa plana o de tubos al vacío, sin embargo en el mercado se encuentran varias empresas que diseñan y fabrican esta tecnología, adaptándolo según las necesidades del cliente.

Estos colectores son de alta eficiencia y manejan temperaturas internas altas por lo que es utilizado en la industria principalmente, sin embargo en nuestro caso que se requiere del funcionamiento de dos calderas, por lo que se evaluarán estas tecnologías, buscando reducir el consumo de gas durante las horas del día. Cabe resaltar la eficiencia de estos colectores sin la necesidad de recibir la radiación solar durante días soleados, aun si se presenta nubosidad, estos colectores pueden producir grandes cantidades de calor aportado al sistema al cual se le desea aplicar.

A continuación se realizara un rápido análisis de la calificación otorgada a cada colector de diferente fabricante:

9.3.3.1 Colector solar cilindro - parabólico Smirro¹¹:

Esta empresa Alemana se especializa en la elaboración de sistemas de concentración solar y consultoría de eficiencia energética, su único producto para la producción de energía es el colector cilindro-parabólico Smirro, el cual fue evaluado en la tabla 9, obteniendo una calificación de 3,8 con los siguientes criterios:

- **Eficiencia:** según lo encontrado en la ficha técnica del fabricante, la eficiencia de este sistema es del 75%, de la consulta previa se ha encontrado que la eficiencia de estos productos está entre el 70 % y el 76 %, se decide otorgar una **calificación de 4**.
- **Garantía:** la mayoría de empresas da una cobertura de 10 años del producto, incluyendo su respectivo mantenimiento preventivo de manera anual y correctivo, cuando se requiera, se da una **calificación: 5**.
- **Capacidad:** para el caso de las instalaciones del hospital, se encuentra un área de 184 m² con la cual se puede instalar todo un sistema completo del fabricante que consta de 102 m² de colectores, con los cuales se puede dar una capacidad de 28,3 l/min de agua, sin embargo esta agua recibe entre 95 a 250°C de temperatura recolectada, lo que puede producir vapor de agua directamente, **calificación: 5**
- **Disponibilidad en Colombia:** Estos colectores fueron comercializados en Colombia por un distribuidor nacional, sin embargo actualmente de esta labor se encarga la misma empresa Smirro, pues tiene servicios para la exportación de estos colectores, y se encuentran varios proyectos en Europa, en colaboración con otras instituciones (Medios Digitales de Comunicación Especializada, 2011). Sin embargo esto afecta otras características como el mantenimiento y los costos, pues pueden aumentar costos debido al traslado. **Calificación 3**

¹¹ Smirro GMBH, *Procesos de calor*, Recuperado de: <http://smirro.de/smirro/index.php/es/procesos-de-calor>

- **Costos:** si bien no es fácil encontrar los precios, pues la empresa no publica esta información, en promedio estos colectores pueden ser adquiridos por \$2000 USD sin contar con los gastos de envío que no están incluidos, lo que representa una gran inversión. **Calificación: 2.**

9.3.3.2 Colector solar cilindro parabólico TECGEN¹².

Esta empresa originaria de china ofrece servicios de venta en tecnologías limpias donde se encuentran colectores cilindro parabólico de alta eficiencia, se ofrecen diversos tamaños, según requerimientos del cliente. Para el caso se analizará el colector modelo No CS5.7-23¹³ A continuación realizaremos un análisis de la calificación otorgada de cada parámetro sobre este producto:

- **Eficiencia:** estos colectores presentan una efectividad hasta del 65% teniendo en cuenta que este trabaja con temperaturas entre 250°C a 300°C, es decir que en el rango más bajo de temperatura acumulada (250°C) al mínimo del porcentaje de efectividad (50%), esta trabaja con una temperatura de 125°C, siendo este lo suficientemente alto para transmitir al sistema vapor de agua, el cual suplirá en hasta un 50% la temperatura que maneja la caldera. **Calificación 3.**
- **Garantía:** No se encuentra especificada la garantía del producto, sin embargo la compañía a otros productos les garantiza el funcionamiento de sus equipos de forma correcta por 10 años, aunque tienen una vida útil de 20 años y maneja un mantenimiento anual por medio de proveedores en diferentes países a nivel mundial, **calificación de 5.**
- **Capacidad:** estos colectores están entre 41,6 l/min lo que permite producir una considerable cantidad de agua o vapor de agua que alimentará al sistema, **calificación de 5.**
- **Disponibilidad en Colombia:** Los colectores TECGEN no tienen distribuidores autorizados en Colombia, la compra se hace directamente con la compañía, Latinoamérica representa casi un 10% de ventas para la empresa, por lo tanto las garantías y compras son manejadas directamente por la compañía, lo mismo que la importación del producto, **Calificación 3.**
- **Costos:** este colector tiene un precio que puede variar entre los 100 y 600 dólares por colector. **Calificación 4.**

Esto nos da un total de 4 para el colector cilindro parabólico de la compañía TECGEN solar Technology Co Ltda.

¹² Tecgensolar Technology Co Ltda., *página oficial*: recuperado de: <http://www.TECGENsolar.com/zmcx.asp>

¹³ Tecgen internacional, *Colector No CS5.7-23*, recuperado de: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/guangzhou-parabolic-trough-solar-collector-1936495196.html>

9.3.3.3 Colector Cilindro parabólico Eurothrough SKAL-ET 150:

Esta empresa Alemana ahora conocida como heliothrough¹⁴ se dedica al desarrollo de aplicativos y accesorios enfocados a colectores solares tiene un gran historial de proyectos alrededor del mundo, se puede observar proyectos en Estados Unidos, España, Chile, entre otros países.

Actualmente se encarga de elaborar tecnología de punta en el desarrollo de sus colectores cilindro parabólicos entre ellos el modelo a evaluar SKAL-ET 150, sin embargo, gran parte de la información de este colector ha sido retirado de la web por lo que se basa en otros artículos en el que se evalúa a este colector. A continuación se realizará el respectivo análisis:

- **Eficiencia:** El colector SKAL-ET tiene una efectividad de hasta el 77% sobre la energía recibida, **calificación 4.**
- **Garantía:** los colectores según los visto por el fabricante, la garantía va hasta por 10 años, sobre la vida total del proyecto que puede alcanzar los 20 años, sin embargo se debe tener en cuenta que no hay distribuidor autorizado en Colombia y que actualmente esta empresa realiza convenios para el manejo permanente del sistema lo que podría dificultar la adquisición de estos sistemas en el HUS, **calificación 4.**
- **Capacidad:** muchos de estos sistemas tienen diferentes líquidos que sirven de medio de transporte de calor, en este caso utiliza agua o un aceite dentro del sistema, maneja un volumen de 5,56 l/min bombeado constantemente por una motobomba de 1 caballo de fuerza, **calificación 4.**
- **Disponibilidad en Colombia:** La empresa aún no cuenta con sucursales en el país, sin embargo ofrecen sus productos a nivel mundial desde su sede principal en Alemania, se da una calificación de 3 debido a las dificultades de traslado de los productos. **Calificación 3.**
- **Costos:** estos colectores pueden tener un costo de 210 Euros / m² sin incluir el traslado y la importación, por lo que requiere de una gran inversión en comparación con otros colectores. **calificación 1.**

¹⁴ Heliiothrough (Flagsol GmbH), *applications*, Recuperado de: <http://www.heliotrough.com>

Tabla 9. Evaluación colectores cilindro-parabólicos según marcas.

Colector Cilindro parabólico	Smirro	TECGEN	Eurothrough
Eficiencia	4	3	4
Garantía	5	5	4
Capacidad	5	5	4
Disponibilidad en Colombia	3	3	3
Costos	2	4	1
Total	3,8	4	3,2

Fuente: Autores

Finalmente se obtiene una calificación de 3,2 pues de los tres es el de más fácil manejo, eficiencia y capacidad, sin embargo su precio y las limitaciones de la compañía en cubrir un proyecto en el país, reduce la calificación.

A raíz del ejercicio anterior se puede obtener las mejores propuestas por marca según cada tipo de colector, sin embargo se debe realizar un análisis más profundo acerca de los colectores con mas puntaje para determinar cuál de ellos es el más efectivo para efectos de implementación.

9.4 Análisis de colectores con más alto puntaje.

Una vez se realizaron las revisiones pertinentes por marcas y tipo de colector se obtuvo como resultado, que tres de ellos tienen mayor factibilidad de implementación y pueden traer grandes beneficios al hospital en caso de llegar a su implementación, sin embargo se realizará una comparación de la información obtenida durante la investigación, entre estos tres colectores para determinar cuál es el mejor para la institución.

Los colectores con mayores cualidades para implementar son:

- **Colector de placa plana Ecosun:** obtuvo un puntaje de 4,6 sin embargo los otros colectores alcanzaron el mismo puntaje, pero este se eligió debido a su fácil operación, alto rendimiento y adquisición, si bien el costo es más alto que los otros 3, no son muy amplias las diferencias de precios.
- **Colector de tubos al vacío Termal:** este colector alcanzó una nota de 4,2 al ser muy eficiente y de tener un precio accesible en comparación con los otros colectores anteriormente evaluados.
- **Colector Cilindro-parabólico TECGEN:** Este colector obtuvo un puntaje de 4 al representar más eficiencia que los otros dos colectores y de la misma forma posee una buena capacidad a diferencia de los otros dos colectores.

Tabla 10. Comparación colectores por tipos

Colectores	Ecosun	Termal (HP)	TECGEN
Eficiencia	4	5	3
Garantía	5	5	5
Capacidad	5	3	5
Disponibilidad en Colombia	5	5	3
Costos	4	5	4
Total	4,6	4,2	4

Fuente: Autores

Observando tabla 10 se puede observar que el colector Termal de tubos al vacío es el de mayor puntaje, si bien no tiene una garantía más amplia que la encontrada en la marca Ecosun, su costo lo favorece, pues la tecnología es de gran eficiencia y el precio no es más alto que otros.

El colector Ecosun, si bien presenta una gran eficiencia su costo es más alto debido al material con el que está elaborado, y solo produce alta cantidad de energía durante días soleados, lo que reduce la producción de calor durante días nublados.

El colector Eurothrough contiene alta eficiencia, capacidad y una buena garantía, sin embargo no se recomienda debido a sus altos precios, la baja disponibilidad en Colombia y el reciente cambio de mercado, pues ya no se adquiere el colector solo, sino que tiene que adquirirse todo el proyecto, sin embargo este tipo de sistemas se recomienda especialmente para la industria, debido a su alta producción de calor, si bien esto sirve bastante al hospital el precio reduce la posibilidad de adquisición.

A diferencia de los colectores anteriores el que utiliza tecnología con tubos al vacío es el de mayor viabilidad, debido a su fácil adquisición, precios accesibles, disponibilidad de garantía preventiva y correctiva a nivel nacional y su alta eficiencia, pues la producción de energía térmica en días nublados sigue siendo alta, así como su diseño práctico para instalar y operar. Es por tal motivo que se recomienda implementar la tecnología de tubos al vacío para poder obtener resultados en un tiempo prudente, sin embargo este resultado es aun preliminar, pues hay que tener en cuenta otros factores externos que influyen directamente en la decisión de optar por la instalación de esta tecnología en el hospital, estos factores requieren un análisis minucioso, pues la estructura del hospital, los factores climáticos, los costos finales y el área disponible para implementar este sistema podrían determinar si se pueden implementar este tipo de proyectos dentro del HUS.

A continuación se realizará dicho análisis y con ello poder obtener una información más detallada, donde finalmente se determinará la prefactibilidad técnica, económica y ambiental.

10 CAPITULO III: EVALUAR ALTERNATIVAS SELECCIONADAS DESDE EL PUNTO DE VISTA TÉCNICO, AMBIENTAL Y ECONÓMICO

De acuerdo al segundo capítulo del presente documento, y a la evaluación allí realizada de las alternativas para la generación de energía térmica dentro del Hospital Universitario la Samaritana. En el siguiente aparte se analizó técnica, económica y ambientalmente, cada una de ellas y de acuerdo con dichos resultados se obtuvo la de mayor factibilidad de aplicación en el HUS.

En primer lugar fue necesario determinar dos aspectos esenciales, para el desarrollo adecuado de las alternativas seleccionadas. El primero de ellos la determinación de las áreas para la instalación de colectores solares, y el segundo las condiciones de radiación de la zona donde se encuentra ubicada la institución.

Desde el punto de vista técnico, se evaluaron las áreas que ofrecían mejores características de instalación de los colectores solares. Tal como se describe a continuación:

10.1 Determinación del área para instalación de colectores solares.

Para poder instalar el sistema de colectores solares, se requiere de un espacio adecuado, pues el sistema viene acompañado de accesorios importantes para su funcionamiento y que requieren de algunas especificaciones necesarias, y especialmente donde la incidencia de radiación solar sea mayor durante el día.

El espacio requerido debe contar con las siguientes características:

- **Cercanía al sistema de calderas:** por costos y efectividad el lugar a elegir se debe encontrar en zonas aledañas al sistema de calderas, pues al presentar esta característica, se reducen pérdidas de temperatura en el traslado del agua caliente del colector, al agua que se encuentra dentro del cilindro de precalentamiento de las calderas.
- **Ubicación con la mayor cobertura de radiación:** estratégicamente la zona para instalar los colectores solares, debe estar en un área donde la cobertura de la incidencia solar sea la mayor durante el día, sin interrupciones.
- **Fácil instalación y adaptabilidad de los colectores:** el área debe ser fácil de modificar sin muchas obras en caso de instalarse los colectores donde no se generen sobre costos o cambios de estructuras, pues el sistema solo requiere leves modificaciones.
- **Lugar accesible:** el lugar seleccionado debe contar con fácil acceso a los colectores en caso de requerirse, pues se deben efectuar mantenimientos y contar con un espacio suficiente para la realización de estas labores,

- **Lugar sin amenaza de daños estructurales:** el área debe presentar una buena estructura que soporte los colectores y que no tenga cerca elementos que puedan caer sobre los colectores y fracturen los tubos.

Para determinar estos valores se observan los planos del H.U.S. sin embargo, de los edificios y bodegas cercanas a las calderas, no se cuenta con información completa, ni planos de esta área; para lo cual se utilizó una herramienta Web disponible de Google Maps, que a partir de imágenes satelitales, permite determinar el área de las diferentes estructuras.

Una vez identificada la ubicación del hospital en la ciudad de Bogotá, se realizaron acercamientos de la zona, delimitando en primer lugar toda el área que correspondía a la institución. Y Seleccionando la imagen de mayor claridad del lugar. Donde se realizó un análisis previo de la estructura en la que se puede instalar el sistema de colectores, basados en la evaluación de los parámetros anteriormente mencionados. (Ver imagen 6).

Imagen 6. Delimitación del área perteneciente al H.U.S.



Fuente: Google Maps.

Posteriormente se identificaron las zonas de posible instalación, y fueron evaluadas de acuerdo a los aspectos importantes. Donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- La parte frontal del hospital se encuentra bastante alejada de las calderas, y las estructuras superficiales no permiten la concentración constante de la radiación solar directa sobre el sistema de colectores en caso de instalarse. Y por tal motivo esta zona fue descartada para la instalación. (Ver imagen 7).

Imagen 7. Área Frontal y ubicación de calderas



Fuente: Google Maps.

- Se determina que el área más adecuada para evaluar la instalación de los colectores, se encuentra ubicada en la zona posterior de la planta principal cerca al área de las calderas, en la Imagen 8 se delimita el área que más se acopla para evaluar la instalación de los colectores.

Imagen 8. Área determinada para evaluar la instalación del sistema de colectores.



Fuente: Google Maps.

Las áreas de la Imagen 8 están compuestas por estructuras no muy altas (marcadas en rojo), que se encuentran retiradas del edificio central. El edificio principal es una estructura de más de 6 pisos de altura que en horas de la mañana cubre el área con la sombra proyectada por la radiación solar, esta no afecta la incidencia solar en un área ubicada en la

parte posterior del edificio. En esta zona se encuentran operaciones y bodegas como: Morgue del hospital, baños operarios, cuarto de residuos, y algunas bodegas.

Al realizar el análisis se descartan dos áreas debido a su distancia frente al cuarto de calderas, esta son, la morgue y los baños de los operarios (superiores a 50 m). De estas áreas se han elegido el cuarto de residuos y la parte alta del cuarto de calderas. Estas dos estructuras reciben durante la mayor parte del día, radiación solar sin interrupción por estructuras, excepto al finalizar las tardes. Teniendo en cuenta la evaluación se determinó que el mejor lugar para instalar el sistema de colectores solares, es en la misma bodega de calderas pues no requiere instalar grandes distancias de conductos, motobombas de mucha potencia y es mayor la efectividad, por reducción en la pérdida de energía considerable en el transporte de calor por medio del agua.

10.1.1 Área seleccionada para colectores.

Es importante conocer el área aproximada de esta estructura en su zona alta, con el fin de determinar la cantidad de colectores que pueden ser instalados.

Con el fin de determinar el área con el que se cuenta para la instalación de los colectores se utiliza el aplicativo ya mencionado por medio de Google Earth y Maps.

Imagen 9. Área elegida para la instalación de colectores



Fuente: Google Maps.

Al utilizar el software mencionado se obtiene un área de 184 m², en esta área se pueden instalar.

10.2 Condiciones de radiación de la zona correspondiente al HUS.

Debido a que las tecnologías seleccionadas para la generación de energía toman su fuente principal de la radiación solar, es importante conocer sus niveles energéticos, a partir de promedios anuales, que permitieron definir la efectividad y la cantidad aproximada de energía producida por el colector solar.

Eso se realiza con el fin de determinar los meses que más energía puede producir el colector, así como los meses de menor generación, y si es técnicamente viable, o no, adoptar esta tecnología en el hospital, siendo una guía de estudio del comportamiento del sistema de colectores.

Para poder conocer estos valores se realizó consulta al Atlas de radiación solar de Colombia, donde se identificaron las condiciones energético-solares de la zona, teniendo en cuenta su comportamiento mes a mes, dicha evaluación se realizó de acuerdo la siguiente descripción:

Primero se tomó la imagen del mapa de Colombia y se ubica la ciudad de Bogotá. (Ver Imagen 10)

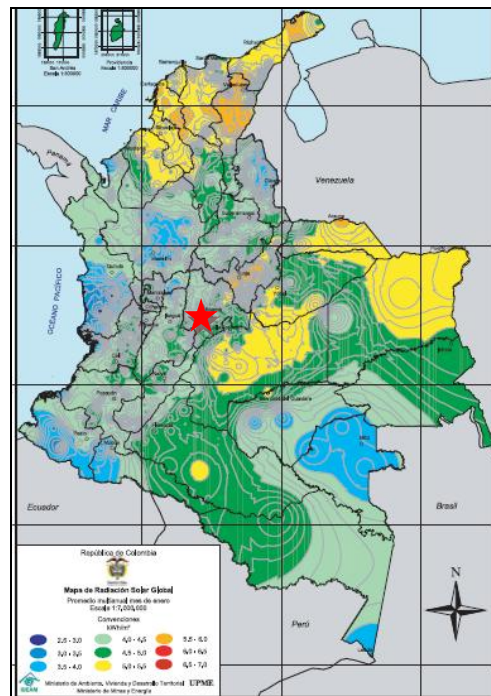


Imagen 10. Mapa radiación solar multianual Enero.

Fuente: Atlas de radiación solar de Colombia.

Simultáneamente se ubicó la ciudad en el mapa de Colombia, donde se marca el lugar donde se encuentra el hospital.



Imagen 11. Mapa Colombia.

Fuente: Tomado de Google maps.

Con esta marca se puede realizar una comparación entre el atlas de radiación y las imágenes tomadas en google maps, dejando de referencia las cotas que se pueden observar en cada una de las imágenes del atlas.

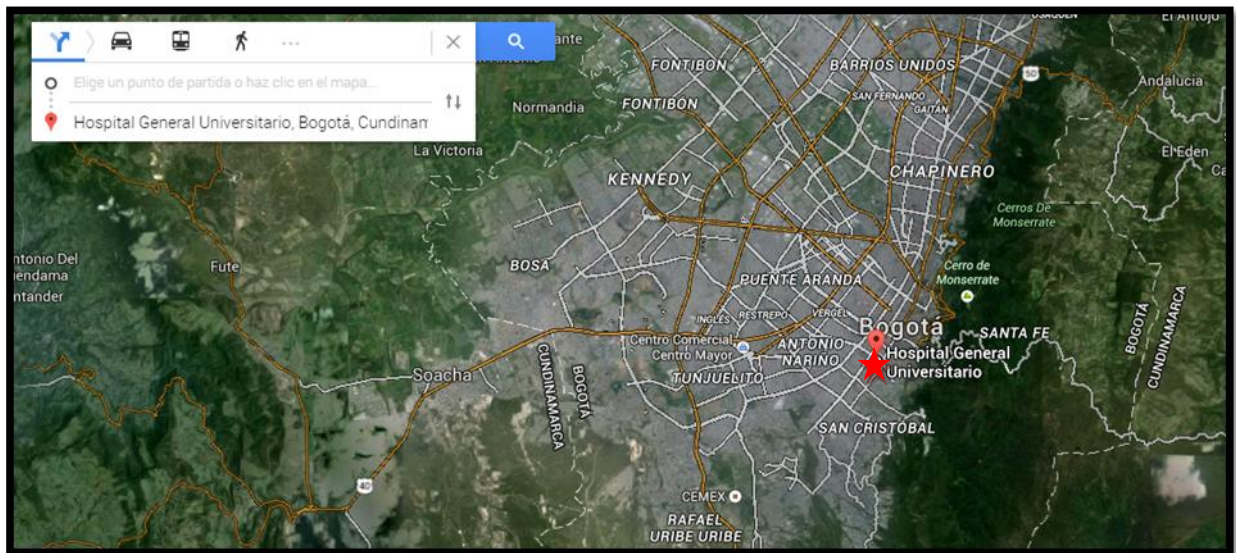


Imagen 12. Ubicación del H.U.S. a través de Google maps.

Fuente: Tomado de Google maps.

Una vez ubicado el lugar del hospital en el atlas, se marcó el punto y se buscó en la tabla de valores el color correspondiente, repitiendo el procedimiento mes a mes hasta obtener todos los datos de radiación solar, a modo de ejemplo se describe la toma de datos para el mes de Enero:

El mes de Enero se presentó en medio de una temporada seca en gran parte del país, lo que indicó un aumento considerable de la radiación solar a causa de los niveles bajos de nubosidad (CAR, 2013), alcanzando porcentajes que van del 16% al 33%, con esto se observó que la energía otorgada por el sol no es muy alta en comparación con otros lugares como Tunja que doblan en ciertas épocas del año la radiación de Bogotá (UPME , 2013).

Del atlas de radiación solar se obtuvo la siguiente imagen:

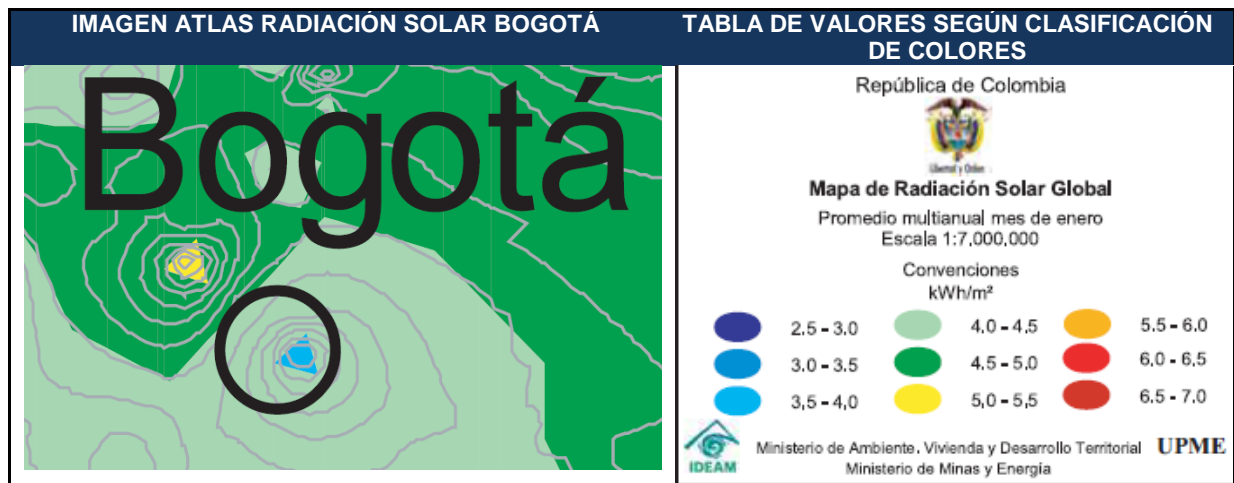


Imagen 13. Radiación solar (promedio multianual) Enero.

Fuente: Atlas de radiación solar de Colombia.

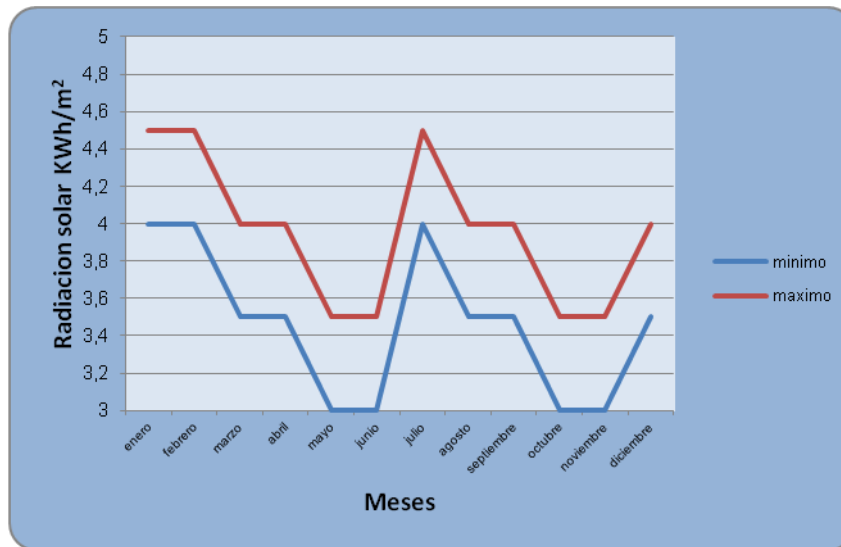
En la imagen 13 se obtuvo el promedio de radiación solar durante el mes de Enero tomados desde el 2001 hasta el 2013, para Bogotá, la radiación se calculó en promedio de 3,5 a 4,5, siendo este el mayor nivel de radiación a la que se alcance, en esta sección del mapa en el atlas, se observaron líneas o curvas de nivel dividiendo el mapa en dos partes, una de un color verde más oscuro con un centro amarillo y la otra parte de color verde claro con azul en su centro, como apoyo se realizó una breve consulta en el sistema SIG del IDEAM. (IGAC, 2015)

De esto se pudo ubicar el sector donde se encuentra el H.U.S. en la localidad de Santa Fe, en la zona que está delimitada por los niveles entre 4.0 y 4.5 kWh/m². Estos niveles no son altos, esto influye en la selección del método para producir energía.

Este mismo procedimiento se realiza cada uno de los meses del año, obteniendo los datos de la radiación solar en el área de influencia.

10.2.1 Comparación de datos multianuales vs área de Influencia.

Gráfica 18. Comparación de valores máximos y mínimos en área de influencia



Fuente: Atlas de radiación solar de Colombia.

En Colombia se puede ver una gran variabilidad climática comportada de forma bimodal, es decir, que se destaca una temporada de estiaje, vista entre los meses de Diciembre, Enero, Febrero y Julio, Agosto y Septiembre, los meses de Septiembre, Octubre y Noviembre son los meses de menor nivel de radiación solar, al coincidir con la temporada de lluvias, lo que conlleva a mayor presencia de nubes, bloqueando gran parte de los rayos solares que utilizan los colectores para producir energía, este comportamiento se puede observar en la grafica 18.

Tabla 11. Promedios de radiación mensual multianual en el área de estudio

Mes	Promedio Radiación Solar (kWh/m ²)
Enero	4
Febrero	3,8
Marzo	4
Abril	3
Mayo	3
Junio	3,5
Julio	4,3
Agosto	3,7
Septiembre	3,2
Octubre	3
Noviembre	3,1
Diciembre	3,9

Fuente: Atlas radiación solar de Colombia.

Realizando un promedio de estos meses, decimos que la radiación anual está estimada en un valor de $3,5 \text{ kWh/m}^2$, sin embargo para los respectivos cálculos, se debe partir del peor escenario, con esto se determinara la efectividad del sistema, tomando el valor del mes o meses con más bajos niveles de radiación $3,0 \text{ kWh/m}^2$.

Sin embargo se debe resaltar que el colector a utilizar debe presentar una buena eficiencia en días nublados, por esta razón es importante determinar la efectividad del colector según los niveles de radiación que recibe. Para conocer este dato debemos determinar cuántos colectores se pueden instalar y que área del H.U.S. es apta para este tipo de tecnología, tal como se realizó en el análisis anterior, donde se determinó la de mayor optimización de la tecnología.

10.3 Análisis de prefactibilidad Técnica y ambiental.

El análisis de prefactibilidad técnica, económica y ambiental permitió conocer la alternativa de mayor viabilidad y mejor desarrollo dentro del hospital, y determinar su eficiencia, beneficios ambientales y oportunidad de mejora a nivel económico de la institución.

De acuerdo a las tres opciones ofrecidas por los colectores solares térmicos (tubos de vacío, cilindro parabólicos y placa plana), se evaluaron a partir de su eficiencia y área de captación, las características que ofrecían para cumplir con las necesidades que requiere la demanda y el funcionamiento de las calderas.

10.3.1 Análisis técnico.

En el análisis técnico desarrollado se determinó básicamente el número de colectores de acuerdo a los diferentes tipos y el área ofrecida de instalación, la cantidad de energía capturada por un colector en el día, la energía total capturada por el número de colectores de acuerdo al tipo y la cantidad de energía producida al mes. Con el fin de conocer la oferta energética con la implementación de esta alternativa.

10.3.1.1 Numero de colectores por fabricante y tipo

Inicialmente se calculo el número de colectores de acuerdo al área superficial de captura de radiación, contenida en las fichas técnicas de los diferentes fabricantes y al área de instalación calculada anteriormente y que se encuentra disponible (182 m²). Las ecuaciones empleadas se describen a continuación:

Ecuación 11

$$\text{No. de paneles} = \frac{\text{Área de instalación disponible}}{\text{Área del colector} * (\text{factor de corrección})}$$

- **Área de instalación disponible:** se determino a partir de las zonas que ofrecían las mejores características y que permitían la mayor eficiencia del colector. Área total disponible 182 m².
- **Área de colector:** es el área superficial de captación del colector. Áreas tomadas de las fichas de cada uno de los proveedores por tipo de colector. (referencias de mayor área).
- **Factor de corrección:** Valor definido teniendo en cuenta los componentes que hacen parte del colector solar y requiere de un espacio en la instalación del mismo (1,5).

Una vez aplicada la metodología descrita anteriormente, se obtuvieron los siguientes resultados para cada uno de los colectores de acuerdo a medidas de referencia en tres marcas distintas:

Tabla 12. Numero de colectores de acuerdo a tipo y marca.

TIPO DE COLECTOR	SUPERFICIE	FACTOR DE CORRECCIÓN	NUMERO DE COLECTORES
- PLACA PLANA			
KIOTO	2,03	1,5	60
SUMISERAN	2,1		58
ECOSUN	3,8		32
- TUBO DE VACIO			
RITER SOLAR	2.86	1,5	42
TERMAL HP	4.67		26
ANWO	2.4		51
- CILINDRO PARABOLICO			
SMIRRO	3.4	1,5	36
EUROTHROUGH	127.3		1

Fuente: Autores y fichas técnicas de proveedores.

Como se aprecia en la tabla anterior, el número de colectores por tipo y fabricante, se obtuvo que la mayor cantidad corresponde a los colectores de placa plana fabricados por Kioto con 60 unidades, seguido por SUMISERAN con 58 unidades y por ANWON (Tubo de vacío) con 51 unidades, la menor cantidad corresponde a EUROTHROUGH (cilindro parabólico) con 1 unidad, esta última, directamente relacionada con el área superficial de la estructura, puesto que es la de mayor envergadura respecto a todos los tipos evaluados.

10.3.1.2 Energía capturada por un colector.

Respecto a la eficiencia y capacidad energética de cada uno de los colectores que fueron analizados se determinó la energía capturada por un colector, la energía total capturada y la cantidad de energía producida en un mes, fundamentado en el análisis de radiación solar (UPME, 2013), la eficiencia del colector y su área superficial, en la evaluación se tuvieron en cuenta de las siguientes ecuaciones:

Ecuación 12

$$\text{Energía capturada 1 colector} = \text{energía solar disponible} * \text{eficiencia del colector} * \text{área del colector}$$

- **Energía solar disponible:** es el valor promedio de radiación en cada uno de los meses de acuerdo a la evaluación realizada para el área del hospital, y cuyos datos fueron tomados del atlas de radiación solar de Colombia (kWh/m². día).
- **Eficiencia del colector:** valor predeterminado de acuerdo al tipo de colector, dado en porcentaje, determinando el rendimiento de la tecnología y cuyo dato fue tomado de la ficha técnica del proveedor (%).

- **Área del colector:** superficie de captación de energía del colector solar (m²).

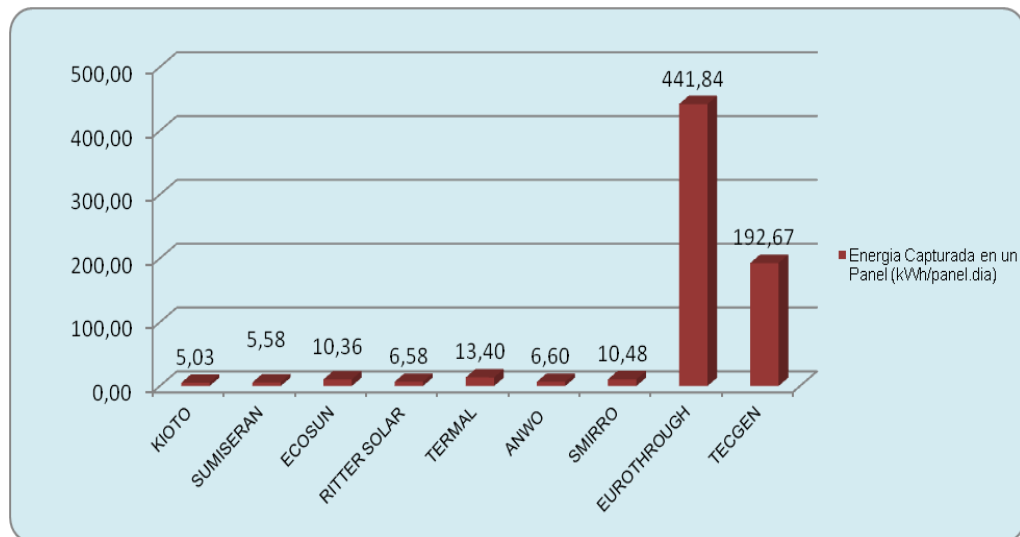
Los resultados obtenidos para cada uno de los colectores analizados se observan a continuación:

Tabla 13. Energía Capturada en un colector (kWh/panel.día).

MES	SUMISERAN	ECOSUN	RITTER SOLAR	TERMAL	ANWO	SMIRRO	EUROTHROUGH	TECGEN
ENERO	5,6840	6,3000	11,7040	7,4360	15,1308	7,4496	11,8320	499,0160
FEBRERO	5,3998	5,9850	11,1188	7,0642	14,3743	7,0771	11,2404	474,0652
MARZO	5,6840	6,3000	11,7040	7,4360	15,1308	7,4496	11,8320	499,0160
ABRIL	4,2630	4,7250	8,7780	5,5770	11,3481	5,5872	8,8740	374,2620
MAYO	4,2630	4,7250	8,7780	5,5770	11,3481	5,5872	8,8740	374,2620
JUNIO	4,9735	5,5125	10,2410	6,5065	13,2395	6,5184	10,3530	436,6390
JULIO	6,1103	6,7725	12,5818	7,9937	16,2656	8,0083	12,7194	536,4422
AGOSTO	5,2577	5,8275	10,8262	6,8783	13,9960	6,8909	10,9446	461,5898
SEPTIEMBRE	4,5472	5,0400	9,3632	5,9488	12,1046	5,9597	9,4656	399,2128
OCTUBRE	4,2630	4,7250	8,7780	5,5770	11,3481	5,5872	8,8740	374,2620
NOVIEMBRE	4,4051	4,8825	9,0706	5,7629	11,7264	5,7734	9,1698	386,7374
DICIEMBRE	5,5419	6,1425	11,4114	7,2501	14,7525	7,2634	11,5362	486,5406

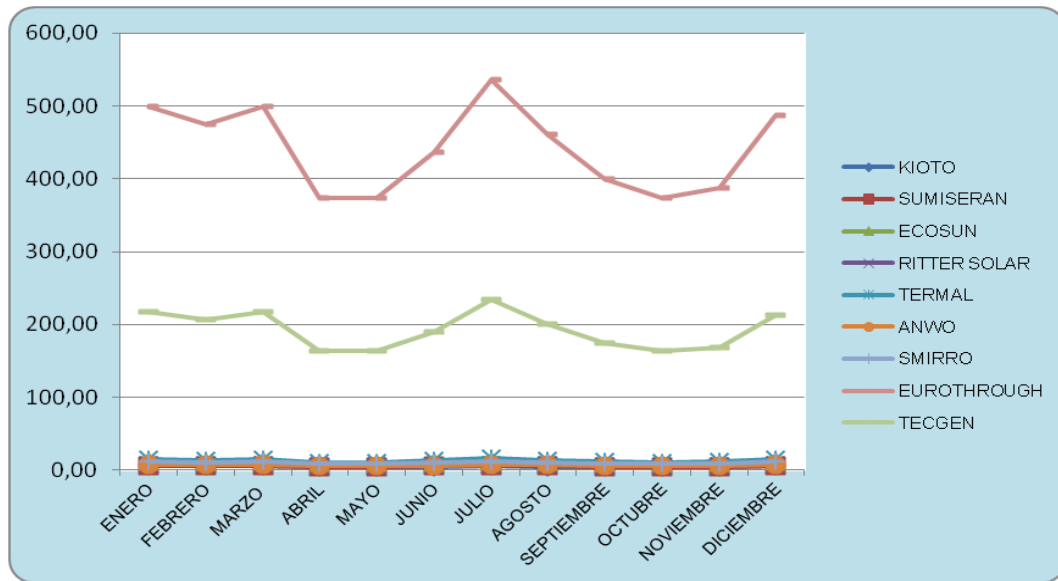
Fuente: Autores.

Gráfica 19. Comparación de promedios anuales de energía capturada en un colector por marca.



Fuente: Autores.

Gráfica 20. Comparación datos mensuales de energía capturada en un colector por marca.



Fuente: Autores.

De acuerdo a la grafica 19, el colector con mayor capacidad de capturar energía en un día es el colector cilindro parabólico marca **EUROTHROUGH**, con 441,84 kWh, teniendo en cuenta que su superficie de captación es la mayor de todos los colectores evaluados, y que su eficiencia esta alrededor del 90%; seguido por la marca **TECGEN** con 192,67 kWh.

10.3.1.3 Energía total capturada al día.

Una vez se hallo la energía capturada por 1 colector, se determino la energía total capturada al día, teniendo en cuenta el número de colectores y la energía que este era capaz de capturar; tal como se muestra a continuación:

Ecuación 13

$$\text{Energía Total Capturada al día} = \text{Energía capturada por 1 colector} * \text{No. de colectores}$$

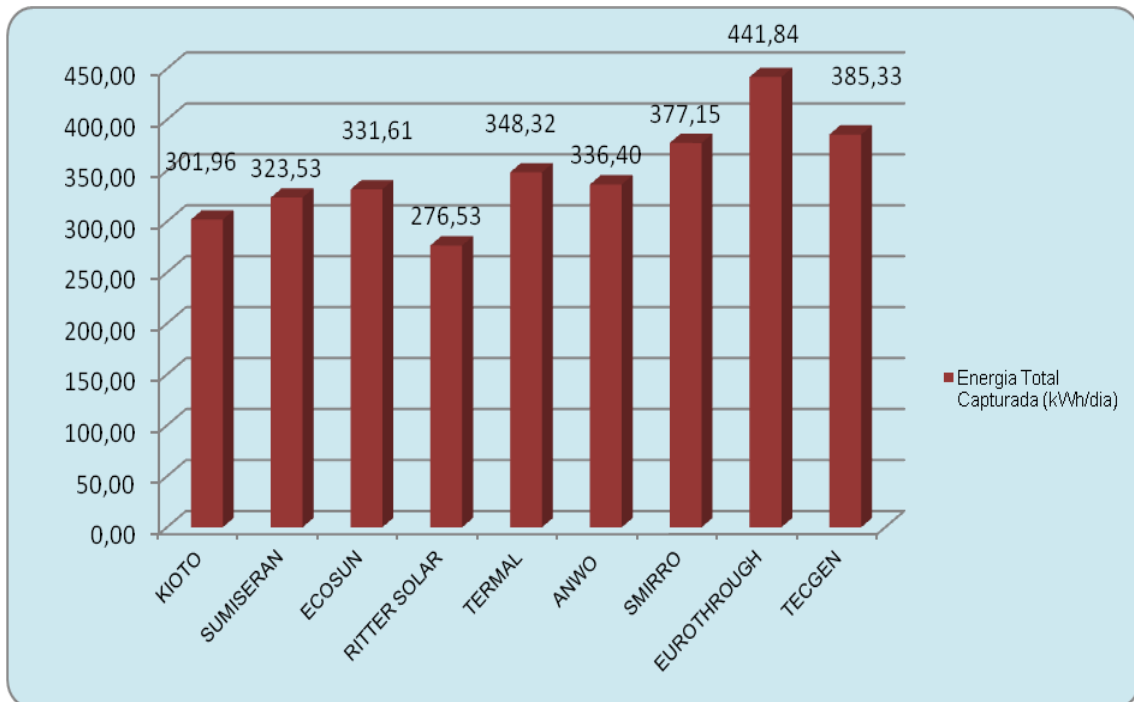
- **Energía Capturada por 1 colector:** determinada a partir del promedio de radiación solar de cada mes, el porcentaje de eficiencia del colector y el área del mismo (kWh/panel.día).
- **Numero de colectores:** cantidad de paneles necesarios para cubrir el área de instalación disponible.

Tabla 14. Energía Total Capturada (kWh/día).

MES	KIOTO	SUMISERAN	ECOSUN	RITTER SOLAR	TERMAL	ANWO	SMIRRO	EUROTHROUGH	TECGEN
ENERO	341,040	365,400	374,528	312,312	393,401	379,930	425,952	499,016	435,200
FEBRERO	323,988	347,130	355,802	296,696	373,731	360,933	404,654	474,065	413,440
MARZO	341,040	365,400	374,528	312,312	393,401	379,930	425,952	499,016	435,200
ABRIL	255,780	274,050	280,896	234,234	295,051	284,947	319,464	374,262	326,400
MAYO	255,780	274,050	280,896	234,234	295,051	284,947	319,464	374,262	326,400
JUNIO	298,410	319,725	327,712	273,273	344,226	332,438	372,708	436,639	380,800
JULIO	366,618	392,805	402,618	335,735	422,906	408,424	457,898	536,442	467,840
AGOSTO	315,462	337,995	346,438	288,889	363,896	351,435	394,006	461,590	402,560
SEPTIEMBRE	272,832	292,320	299,622	249,850	314,721	303,944	340,762	399,213	348,160
OCTUBRE	255,780	274,050	280,896	234,234	295,051	284,947	319,464	374,262	326,400
NOVIEMBRE	264,306	283,185	290,259	242,042	304,886	294,445	330,113	386,737	337,280
DICIEMBRE	332,514	356,265	365,165	304,504	383,566	370,431	415,303	486,541	424,320

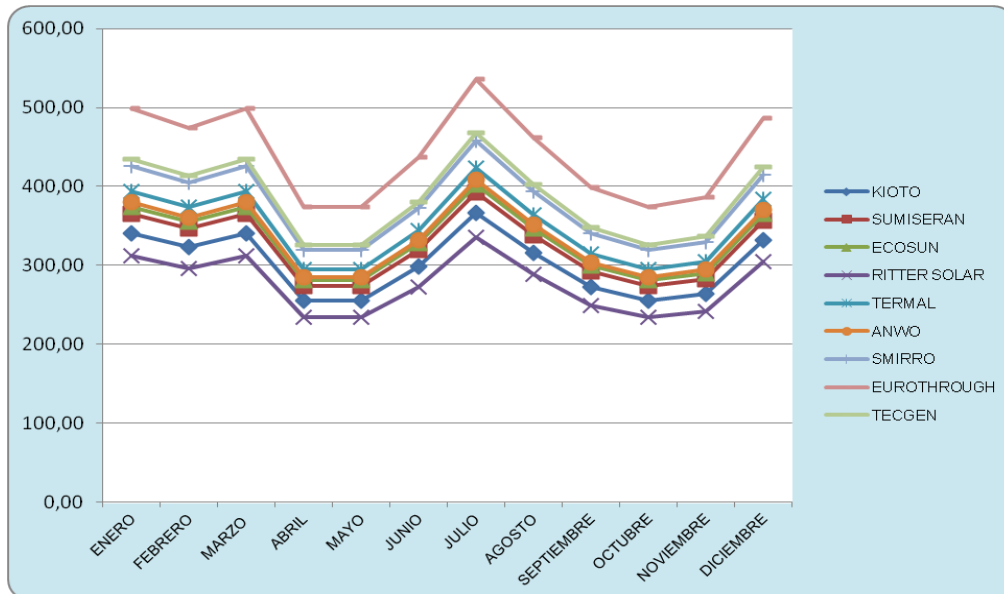
Fuente: Autores.

Gráfica 21. Comparación de promedios anuales de energía total capturada al día por marca.



Fuente: Autores.

Gráfica 22. Comparación de datos mensuales de energía total capturada por marca.



Fuente: Autores.

En la tabla 14 y la grafica 21, se observa los resultados obtenidos en la energía total capturada en un día. Encontrando una relación directa con la energía producida por un panel, donde el producto entre el número de colectores necesarios de acuerdo a sus dimensiones y la energía capturada por uno, da como resultado la energía total que es capaz de producir un tipo de marca, a partir de su porcentaje de eficiencia.

10.3.1.4 Energía total capturada al mes.

Finalmente, se determino la energía capturada al mes por el número de colectores de acuerdo al tipo, con el fin de valorar la eficiencia de los mismos durante este periodo:

Ecuación 14

$$\text{Energía Total Capturada al mes} = \text{Energía total capturada al día} * \text{días del mes}$$

- **Energía total capturada al día:** es el producto entre la energía capturada por un colector y el número de colectores.
- **Días del mes:** días por mes, para el desarrollo de esta investigación se tomó el número de días de acuerdo a cada mes del año.

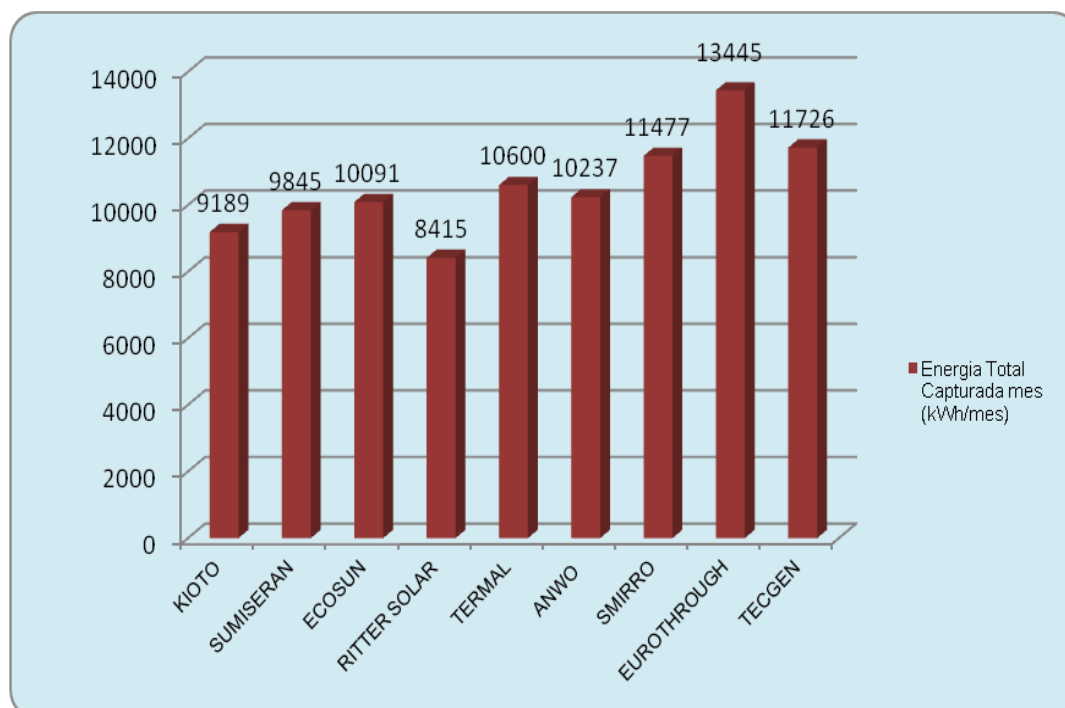
De acuerdo a las ecuaciones anteriores se obtuvieron los resultados que se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 15. Energía Total Capturada en el mes (kWh/día).

MES	KIOTO	SUMISERAN	ECOSUN	RITTER SOLAR	TERMAL	ANWO	SMIRRO	EUROTHROUGH	TECGEN
ENERO	10572,240	11327,400	11610,368	9681,672	12195,425	11777,818	13204,512	15469,496	13491,200
FEBRERO	9071,664	9719,640	9962,445	8307,499	10464,461	10106,127	11330,323	13273,826	11576,320
MARZO	10572,240	11327,400	11610,368	9681,672	12195,425	11777,818	13204,512	15469,496	13491,200
ABRIL	7673,400	8221,500	8426,880	7027,020	8851,518	8548,416	9583,920	11227,860	9792,000
MAYO	7929,180	8495,550	8707,776	7261,254	9146,569	8833,363	9903,384	11602,122	10118,400
JUNIO	8952,300	9591,750	9831,360	8198,190	10326,771	9973,152	11181,240	13099,170	11424,000
JULIO	11365,158	12176,955	12481,146	10407,797	13110,082	12661,154	14194,850	16629,708	14503,040
AGOSTO	9779,322	10477,845	10739,590	8955,547	11280,768	10894,481	12214,174	14309,284	12479,360
SEPTIEMBRE	8184,960	8769,600	8988,672	7495,488	9441,619	9118,310	10222,848	11976,384	10444,800
OCTUBRE	7929,180	8495,550	8707,776	7261,254	9146,569	8833,363	9903,384	11602,122	10118,400
NOVIEMBRE	7929,180	8495,550	8707,776	7261,254	9146,569	8833,363	9903,384	11602,122	10118,400
DICIEMBRE	10307,934	11044,215	11320,109	9439,630	11890,539	11483,372	12874,399	15082,759	13153,920

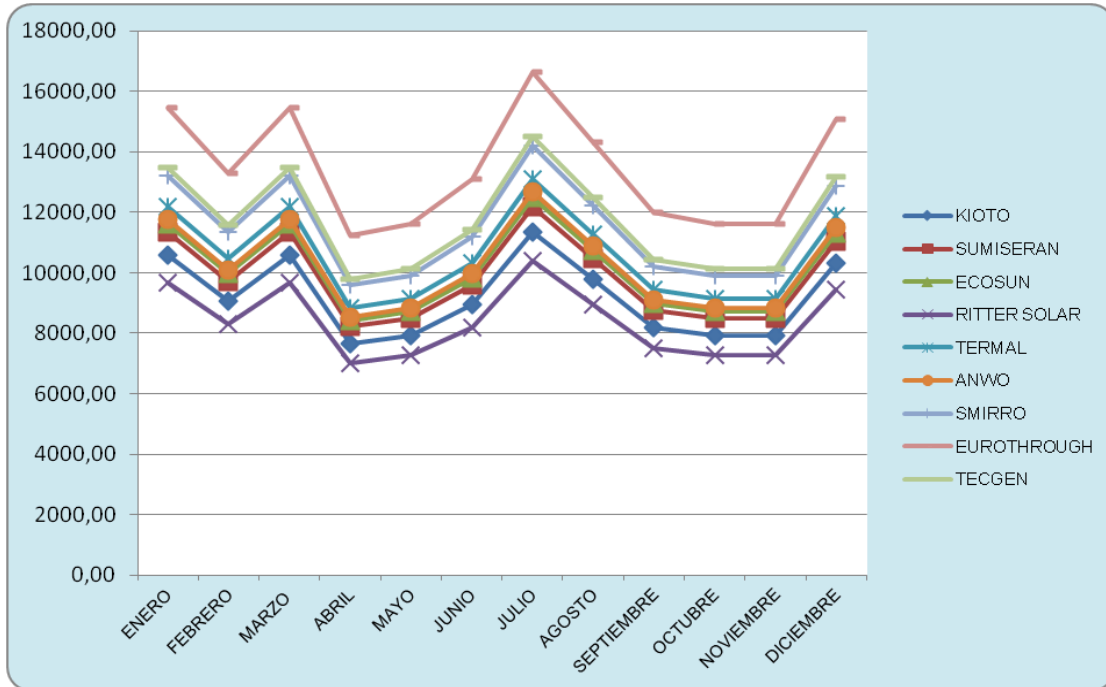
Fuente: Autores.

Gráfica 23. Comparación de promedios anuales de energía total capturada por marca.



Fuente: Autores.

Gráfica 24. Comparación de datos mensuales de energía total capturada por marca.



Fuente: Autores.

A partir de los cálculos realizados y los resultados presentados en las tablas anteriores, se obtuvo que los colectores de mayor generación de energía durante un mes, son los cilindro parabólicos marca **EUROTHROUGH** con 161344,35 kWh/mes, **TECGEN** con 140711,04, los SMIRRO con 137720,93 kWh/mes. Y los colectores de tubo de vacío marca **TERMAL HP** con 127196,31 kWh/mes.

Los valores de energía obtenidos en cada una de las evaluaciones realizadas para los diferentes tipos de colectores y fabricantes, evidenciaron que existen variables que definen dicho rendimiento, tales como el porcentaje de eficiencia y el área superficial de absorción de radiación, de allí los índices de mayor producción en los colectores cilindro parabólicos, y los menores en los de placa plana.

10.3.2 Análisis de prefactibilidad Ambiental

En este análisis se evaluaron la reducción de emisiones de CO₂ y la reducción de energía primaria. Todo ello, con el fin de determinar los beneficios a nivel ambiental, frente al diagnóstico realizado de las condiciones actuales de consumo de energía térmica del HUS.

Se realizaron cálculos preliminares se relacionan a continuación:

Ecuación 15

$$\text{Poder calorífico de GN } \left(\frac{kWH}{m^3} \right) = \text{Poder calorífico de GN } \left(\frac{MJ}{m^3} \right) * \text{factor conversión}$$

- **Poder calorífico de GN:** Es el contenido de energía en el gas. En la factura corresponde a un promedio del poder calorífico superior del gas entregado en el periodo facturado (CREG, 2007)MJ/m³.
- **Factor conversión a m³:** valor de equivalencia en kWh de MJ (0,27 kWh).

10.3.2.1 Gas natural ahorrado.

Para obtener los valores de reducción de CO₂ y consumo de energía primaria, se calculó la reducción del consumo de gas natural, que se obtendría al reemplazar parte de esa energía con la proveniente de los colectores solares, la cantidad ahorrada se ajustó teniendo en cuenta la eficiencia de la caldera empleada actualmente en el hospital HUS. Los cálculos que fueron desarrollados para tal fin, se describen a continuación:

Ecuación 16

$$\text{Gas natural ahorrado } \left(\frac{kWh}{mes} \right) = \frac{\text{energía total capturada } \left(\frac{kWh}{mes} \right)}{\text{eficiencia de la caldera } \%}$$

- **Energía total capturada mes:** es la obtenida a partir de la multiplicación entre la energía capturada al día y el número de días del mes (kWh/mes).
- **Eficiencia caldera:** es la cantidad de energía transferida al agua durante el proceso de calentamiento y cuyo valor esta en porcentaje. Para este caso el valor fue extraído de la ficha técnica del fabricante 80% (ver anexos).

Una vez se determino la cantidad de energía en forma de gas natural ahorrado se realizo la respectiva conversión a m³ del combustible durante el mes, con el fin de realizar los cálculos de reducción de emisiones y energía primaria.

Ecuación 17

$$\text{Gas natural ahorrado} = \frac{\text{gas natural kWh} \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}}{\text{poder calorífico del gas natural}}$$

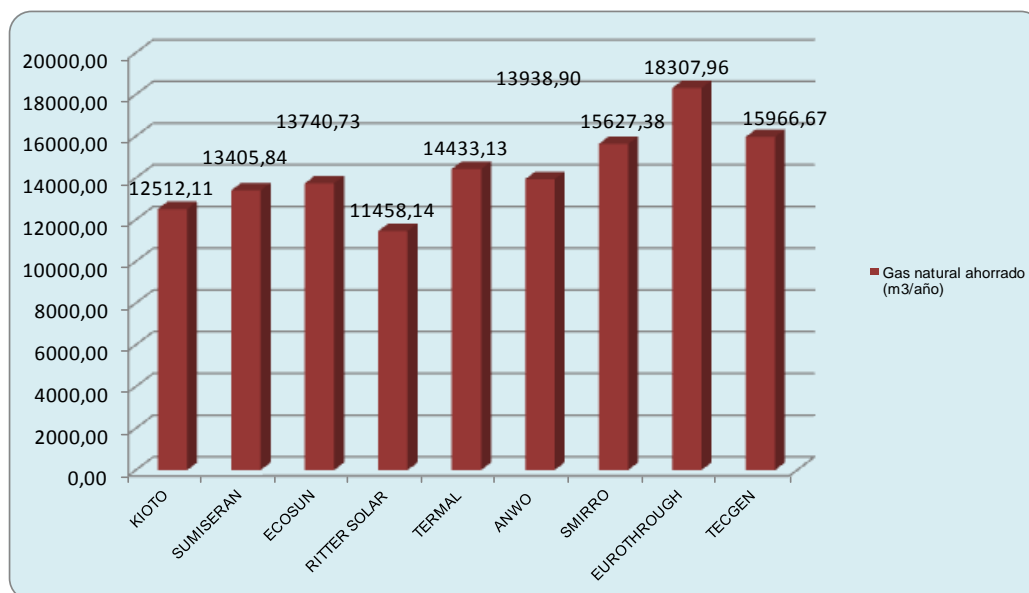
- **Gas natural kWh/mes:** es el producto entre la cantidad de energía capturada en el mes (kWh/mes) sobre la eficiencia de la caldera.
- **Poder calorífico:** El valor que se tuvo en cuenta fue el obtenido en la conversión a kWh/m³. para efectos de comparación de consumo del hospital. (ver ecuación 14).

Tabla 16. Gas natural ahorrado (m³/mes)

MES	KIOTO	SUMISERAN	ECOSUN	RITTER SOLAR	TERMAL	ANWO	SMIRRO	EUROTHROUGH	TECGEN
ENERO	1199,65	1285,33	1317,44	1098,59	1383,83	1336,4	1498,33	1755,34	1530,86
FEBRERO	1029,37	1102,90	1130,45	942,66	1187,42	1146,8	1285,67	1506,20	1313,58
MARZO	1199,65	1285,33	1317,44	1098,59	1383,83	1336,4	1498,33	1755,34	1530,86
ABRIL	870,71	932,90	956,21	797,37	1004,39	970,0	1087,50	1274,04	1111,11
MAYO	899,73	964,00	988,08	823,94	1037,87	1002,3	1123,75	1316,51	1148,15
JUNIO	1015,83	1088,39	1115,58	930,26	1171,79	1131,7	1268,75	1486,38	1296,30
JULIO	1289,62	1381,74	1416,25	1180,99	1487,62	1436,7	1610,71	1886,99	1645,68
AGOSTO	1109,67	1188,93	1218,64	1016,20	1280,04	1236,2	1385,96	1623,69	1416,05
SEPTIEMBRE	928,76	995,10	1019,96	850,52	1071,35	1034,7	1160,00	1358,98	1185,19
OCTUBRE	899,73	964,00	988,08	823,94	1037,87	1002,3	1123,75	1316,51	1148,15
NOVIEMBRE	899,73	964,00	988,08	823,94	1037,87	1002,3	1123,75	1316,51	1148,15
DICIEMBRE	1169,65	1253,20	1284,51	1071,13	1349,24	1303,0	1460,88	1711,46	1492,59

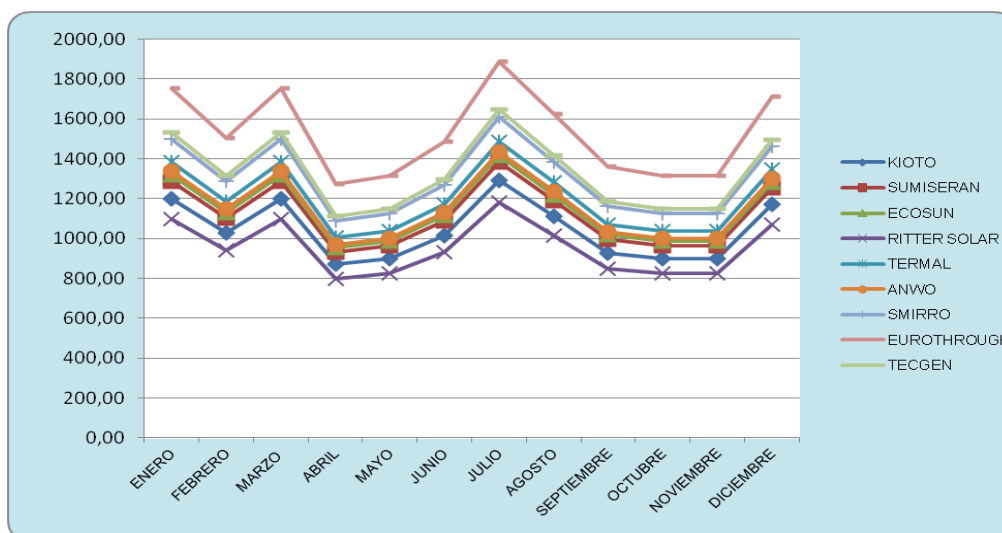
Fuente: Autores.

Gráfica 25. Comparación de gas natural ahorrado durante el año de por marca.



Fuente: Autores.

Gráfica 26. Comparación de datos mensuales de gas natural ahorrado por marca.



Fuente: Autores.

De acuerdo a las operaciones realizadas y basadas en los consumos mensuales promedio de gas natural, se obtuvieron los resultados señalados en la grafica 25, donde se encontró que la mayor cantidad de gas natural ahorrado a partir de la sumatoria de promedios mensuales interanuales se lograría con los colectores marca **EUROTHROUGH** con 18307,96 m³ al año, seguidos por los colectores marca **TECGEN** con 15966,6 m³ al año. Lo anterior representa una reducción del 14,9% del consumo promedio anual del hospital, esto para el primer tipo de colector con mayor reducción (**EUROTHROUGH**). Para el caso de los colectores **TECGEN** la reducción en el año sería de 12,99%, de acuerdo a los consumos promedio mensuales del HUS.

Con lo anterior se demuestra las reducciones que se obtendrían con la implementación de estas tecnologías alternativas, que optimizan la operación de la caldera y por ende los costos del servicio de gas natural serian menores a los actuales.

10.3.2.2 Reducción de emisiones de CO₂.

Las reducciones de emisiones de CO₂, permitió valorar las ventajas que trae consigo la implementación de los colectores, y lograr beneficios en la reducción de la generación de gases efecto invernadero, que representan una problemática a nivel global.

Para calcular dichas reducciones que se valoraron en cada uno de los tipos de colectores por fabricante, se tuvo en cuenta el gas natural ahorrado, el factor de emisión del combustible y el valor de conversión a Toneladas, tal como se describe a continuación:

Ecuación 18

$$\text{Reducción de Emisiones de CO}_2 \left(\frac{\text{Ton}}{\text{mes}} \right) = \frac{\text{gas natural ahorrado} \frac{\text{m}^3}{\text{mes}} * \text{FE del gas natural}}{\text{equivalencia de Kg en Toneladas}}$$

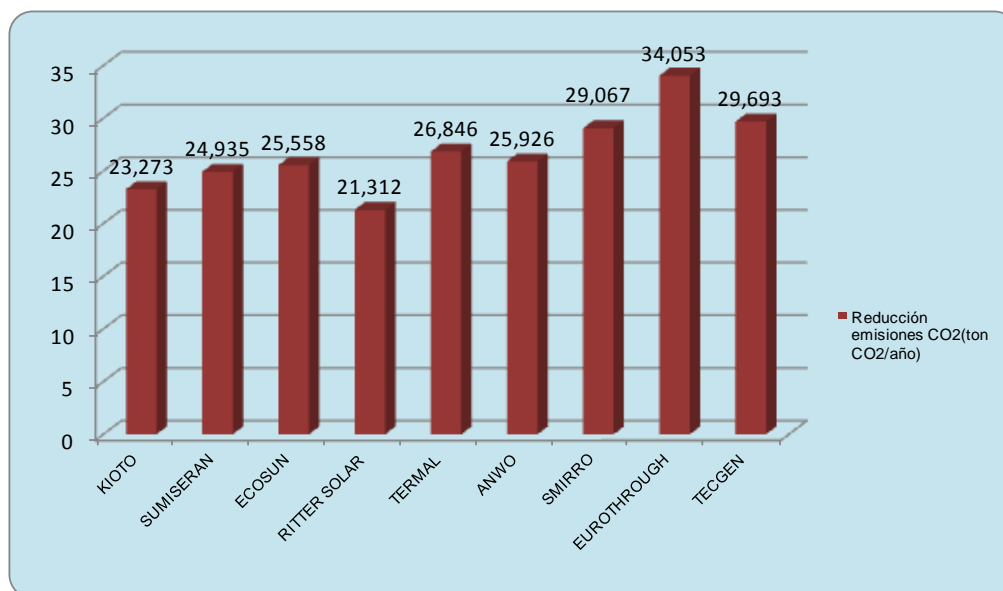
- **Gas natural ahorrado:** es el producto entre el gas natural en kWh/mes sobre el poder calorífico del combustible, en kWh/m³.
- **F.E. del gas natural:** factor de emisión del gas natural, de acuerdo al documento FECOC – UPME. (1.86 kg CO₂/m³ GN) (UPME, 2015)

Tabla 17. Reducción de emisiones (Ton CO₂/año)

MES	KIOTO	SUMISERAN	ECOSUN	RITTER SOLAR	TERMAL	ANWO	SMIRRO	EURO THROUGH	TECGEN
ENERO	2,23	2,39	2,45	2,04	2,57	2,49	2,79	3,26	2,85
FEBRERO	1,91	2,05	2,10	1,75	2,21	2,13	2,39	2,80	2,44
MARZO	2,23	2,39	2,45	2,04	2,57	2,49	2,79	3,26	2,85
ABRIL	1,62	1,74	1,78	1,48	1,87	1,80	2,02	2,37	2,07
MAYO	1,67	1,79	1,84	1,53	1,93	1,86	2,09	2,45	2,14
JUNIO	1,89	2,02	2,07	1,73	2,18	2,10	2,36	2,76	2,41
JULIO	2,40	2,57	2,63	2,20	2,77	2,67	3,00	3,51	3,06
AGOSTO	2,06	2,21	2,27	1,89	2,38	2,30	2,58	3,02	2,63
SEPTIEMBRE	1,73	1,85	1,90	1,58	1,99	1,92	2,16	2,53	2,20
OCTUBRE	1,67	1,79	1,84	1,53	1,93	1,86	2,09	2,45	2,14
NOVIEMBRE	1,67	1,79	1,84	1,53	1,93	1,86	2,09	2,45	2,14
DICIEMBRE	2,18	2,33	2,39	1,99	2,51	2,42	2,72	3,18	2,78

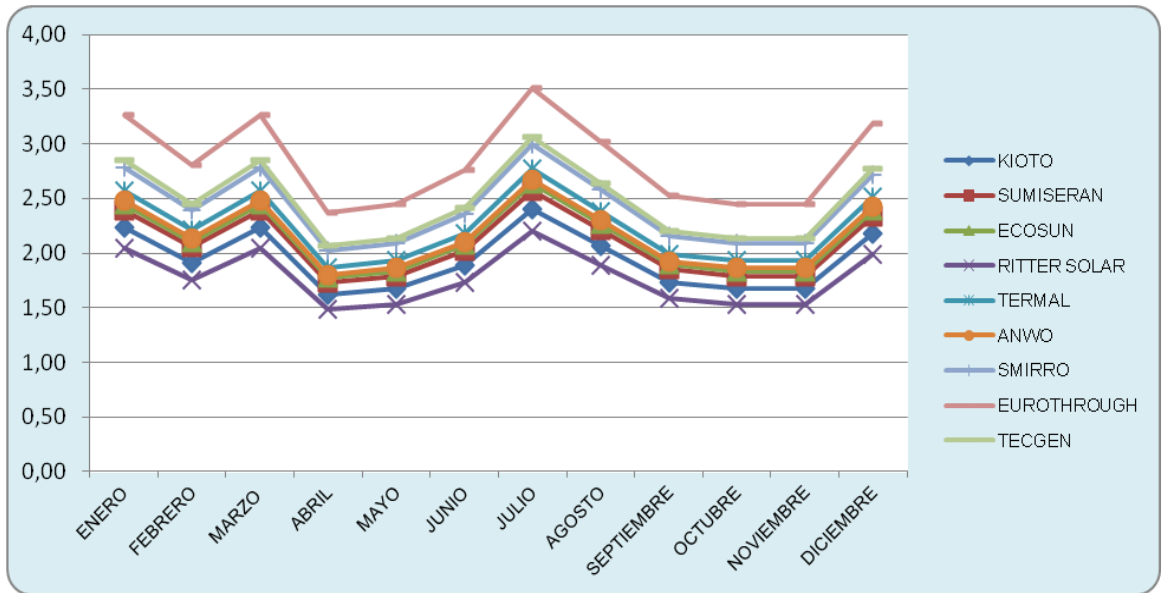
Fuente: Autores.

Gráfica 27. Comparación de reducciones de emisiones de CO₂ al año marca.



Fuente: Autores.

Gráfica 28. Comparación de datos mensuales de reducción de emisiones de CO₂ marca



Fuente: Autores.

En cuanto a las reducciones de emisiones de CO₂, los colectores marca **EUROTHROUGH** son los de mayor eficiencia con 29,7 Ton CO₂ en el año, seguido de los **TECGEN** con 29,693 Ton CO₂ en el año. Y **SMIRRO** con 29,067 Ton CO₂, todos de tipo cilindro parabólicos y con los mayores porcentajes de eficiencia. Las reducciones son del 14,91%, 12,97% y 12,71%, respectivamente. Frente a las emisiones de CO₂ anuales de acuerdo a la cantidad de gas natural consumido por la operación de la caldera.

10.3.2.3 Reducción de consumo de energía primaria.

Con el cálculo de la energía primaria reducida con la implementación de el sistema de colectores, se evidenciaron las ventajas de reemplazar parte del combustible usado en la actualidad aprovechando los beneficios energéticos que trae consigo la radiación solar, y en especial la reducción del consumo de este combustible fósil, que en términos generales es el causante de las emisiones de gases efecto invernadero (IPCC, 2007). Siendo este un indicador de la reducción de consumo de recursos naturales renovables.

Los cálculos que se desarrollaron para conocer los valores de reducción, están relacionados con el gas natural ahorrado y el factor de conversión en TEP. Y cuya descripción se observa a continuación:

Ecuación 19

$$Reducción\ energía\ primaria\ \left(\frac{TEP}{mes}\right) = Gas\ natural\ ahorrado\ \frac{m^3}{mes} * factor\ energía\ primaria$$

- **Gas natural ahorrado:** es el producto entre el gas natural en kWh/mes sobre el poder calorífico del combustible, en kWh/m³.

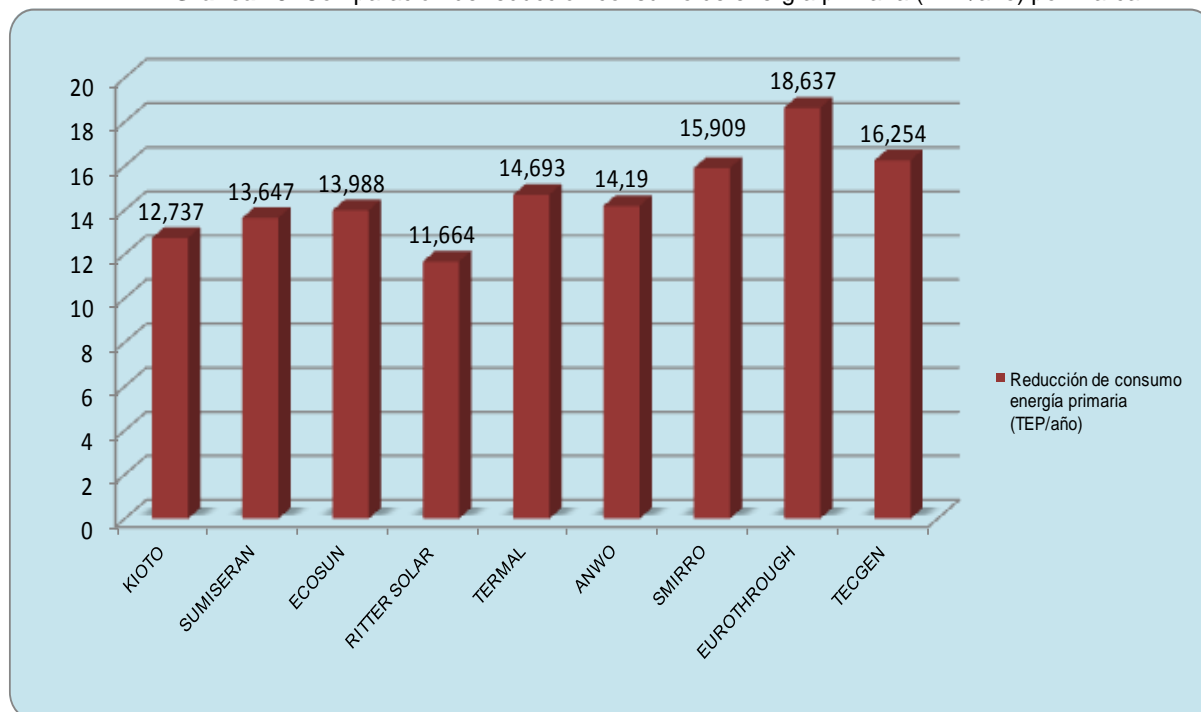
- **Factor de energía primaria:** es el valor obtenido en la conversión del poder calorífico del combustible toneladas equivalentes de petróleo. (ver ecuación 10).

Tabla 18. Reducción uso de energía primaria (TEP/año).

MES	KIOTO	SUMISERAN	ECOSUN	RITTER SOLAR	TERMAL	ANWO	SMIRRO	EURO THROUGH	TECGEN
ENERO	1,22	1,31	1,34	1,12	1,41	1,36	1,53	1,79	1,56
FEBRERO	1,05	1,12	1,15	0,96	1,21	1,17	1,31	1,53	1,34
MARZO	1,22	1,31	1,34	1,12	1,41	1,36	1,53	1,79	1,56
ABRIL	0,89	0,95	0,97	0,81	1,02	0,99	1,11	1,30	1,13
MAYO	0,92	0,98	1,01	0,84	1,06	1,02	1,14	1,34	1,17
JUNIO	1,03	1,11	1,14	0,95	1,19	1,15	1,29	1,51	1,32
JULIO	1,31	1,41	1,44	1,20	1,51	1,46	1,64	1,92	1,68
AGOSTO	1,13	1,21	1,24	1,03	1,30	1,26	1,41	1,65	1,44
SEPTIEMBRE	0,95	1,01	1,04	0,87	1,09	1,05	1,18	1,38	1,21
OCTUBRE	0,92	0,98	1,01	0,84	1,06	1,02	1,14	1,34	1,17
NOVIEMBRE	0,92	0,98	1,01	0,84	1,06	1,02	1,14	1,34	1,17
DICIEMBRE	1,19	1,28	1,31	1,09	1,37	1,33	1,49	1,74	1,52

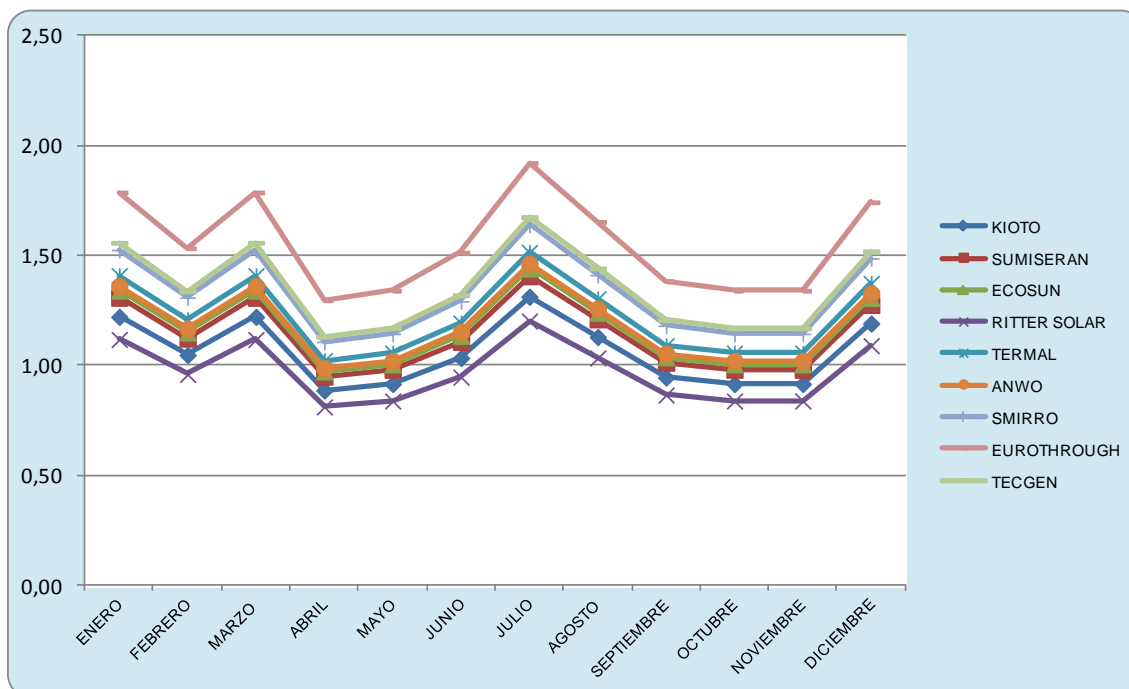
Fuente: Autores.

Gráfica 29. Comparación de reducción consumo de energía primaria (TEP/año) por marca.



Fuente: Autores.

Gráfica 30. Comparación de datos mensuales de reducción uso de energía primaria (TEP/año) por marca.



Fuente: Autores.

Los valores obtenidos en la evaluación de la cantidad de energía primaria que deja de consumirse con la reducción de m³ de gas natural con el cual opera actualmente la caldera, arrojó que los colectores **EUROTHROUGH** con 18.637 TEP/año son los de mayor rendimiento en este ítem, tal como se evidencio en la reducción de consumo de gas natural y toneladas de CO₂ emitidas, seguido por **TECGEN** con 16.254 TEP/año. Y finalmente **SMIRRO** con 15,909 TEP/año promedio. Obteniendo reducciones entre el 13,38% y el 15,59%, frente a al uso de energía primaria calculado en el primer capítulo del presente documento.

10.3.2.4 Porcentaje de demanda atendida con energía solar

El uso de energía solar, a partir de colectores solares térmicos, evidenció en efecto que representa un porcentaje de la demanda de combustible por parte de la caldera y que por consiguiente parte de esta, será atendida con la implementación de esta tecnología.

A continuación se describe el paso a paso realizado para determinar los porcentajes de demanda a partir del tipo de colector y de acuerdo al fabricante de cada uno:

Ecuación 20

$$\% \text{ demanda atendida con energía solar} = \frac{\text{Energía Total capturada} \left(\frac{\text{kWH}}{\text{mes}} \right)}{\text{Demanda total de energía en el HUS} \frac{\text{kWH}}{\text{mes}}}$$

- **Energía total capturada:** es la obtenida a partir de la multiplicación entre la energía capturada al día y el número colectores.
- **Demanda total de energía en el HUS:** es el producto entre la demanda total mensual de energía en el HUS dada en m³/mes y el poder calorífico del combustible en kWh/m³.

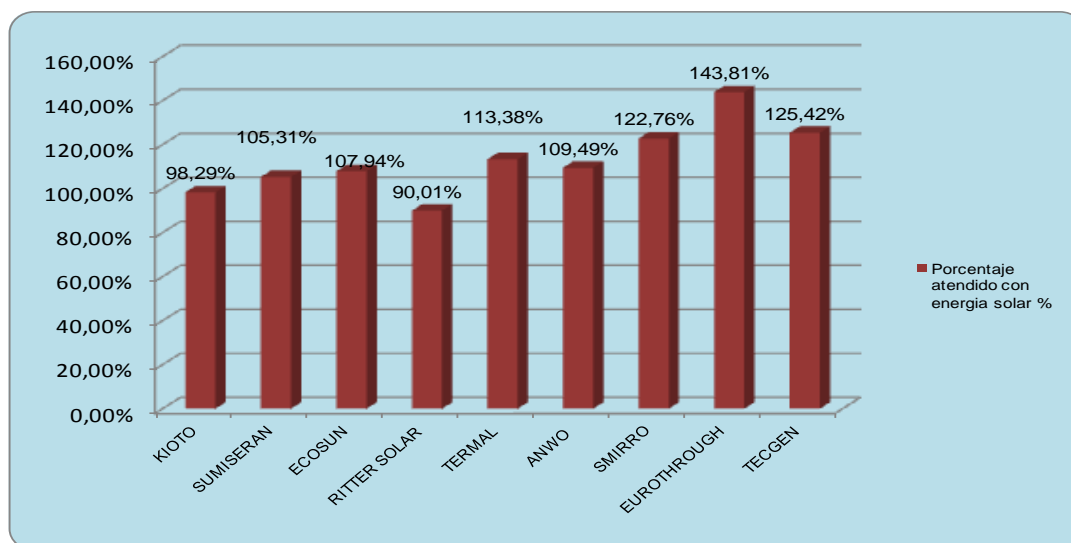
A partir de los cálculos realizados para determinar el gas natural ahorrado, las reducciones de CO₂, la reducción de energía primaria y el porcentaje de demanda atendida con energía solar; se presentan a continuación los resultados obtenidos, y desarrollados en las siguientes tablas:

Tabla 19. Porcentaje atendido con energía solar.

MES	KIOTO	SUMISERAN	ECOSUN	RITTER SOLAR	TERMAL	ANWO	SMIRRO	EUROTHROUGH	TECGEN
ENERO	9,52	10,2	10,5	8,7	11,0	10,6	11,9	13,9	12,1
FEBRERO	8,16	8,7	9,0	7,5	9,4	9,1	10,2	11,9	10,4
MARZO	9,21	9,9	10,1	8,4	10,6	10,3	11,5	13,5	11,8
ABRIL	7,30	7,8	8,0	6,7	8,4	8,1	9,1	10,7	9,3
MAYO	6,97	7,5	7,7	6,4	8,0	7,8	8,7	10,2	8,9
JUNIO	8,02	8,6	8,8	7,3	9,3	8,9	10,0	11,7	10,2
JULIO	9,79	10,5	10,7	9,0	11,3	10,9	12,2	14,3	12,5
AGOSTO	8,51	9,1	9,4	7,8	9,8	9,5	10,6	12,5	10,9
SEPTIEMBRE	6,78	7,3	7,4	6,2	7,8	7,5	8,5	9,9	8,6
OCTUBRE	6,72	7,2	7,4	6,2	7,7	7,5	8,4	9,8	8,6
NOVIEMBRE	6,66	7,1	7,3	6,1	7,7	7,4	8,3	9,7	8,5
DICIEMBRE	10,65	11,4	11,7	9,8	12,3	11,9	13,3	15,6	13,6

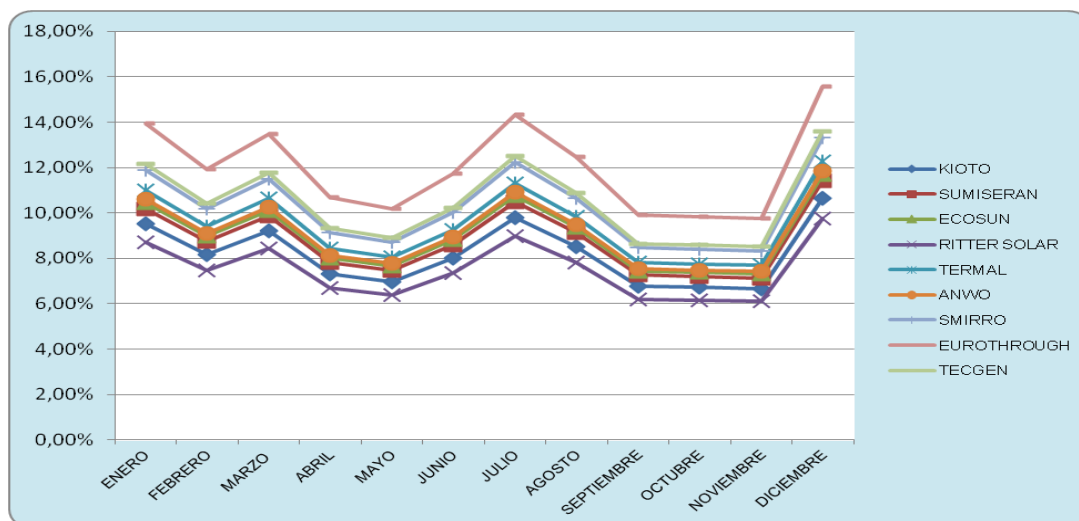
Fuente: Autores.

Gráfica 31. Comparación de porcentaje atendido con energía solar en el año por marca.



Fuente: Autores.

Gráfica 32. Comparación de datos mensuales de Porcentaje atendido con energía solar por marca.



Fuente: Autores.

Finalmente se evidenciaron los porcentajes de la demanda atendida con la implementación de cada uno de los colectores que fueron estudiados, donde **EUROTHROUGH** es el de mayor cubrimiento con 143,81%, seguido **TECGEN** con el 125,42% y por último **SMIRRO** con 122,76%. Evidenciando que a partir de la energía solar capturada por cada uno de los diferentes colectores, podría satisfacerse un porcentaje de la necesidad de combustible que requiere en la actualidad el hospital para el funcionamiento de su caldera, y en algunos casos sobrepasar la demanda total durante el año.

La evaluación en el análisis ambiental, evidenció un comportamiento positivo en las reducciones de CO₂ y consumo de energía primaria en todos los colectores evaluados, teniendo que los de mayores beneficios son los cilindro parabólicos, seguidos por los de tubo de vacío y finalmente los de placa plana. Además de obtener porcentajes de demanda atendida con el aprovechamiento de la energía ofrecida por la radiación solar, lo que reduciría el consumo de gas natural en el HUS, y por consiguiente el costo en la factura mes a mes (análisis financiero). Y cuyos valores oscilaron entre el 7% y 12% aproximadamente, revistiendo importancia en el análisis financiero que se describe a continuación y que evaluó desde el punto de vista económico la viabilidad de este proyecto dentro de las necesidades del HUS.

10.3.3 Análisis de pre factibilidad Económico.

Para conocer la pre factibilidad económica de las tecnologías propuestas se ha optado por utilizar el software libre Retscreen 4 *“es una herramienta de software de análisis de proyectos de energía limpia basada en Excel que ayuda a los gestores a determinar de manera rápida y económica la viabilidad técnica y financiera de proyectos potenciales de energía renovable, eficiencia energética y cogeneración.”* (RETSscreen, 2014)

Por medio de este programa se puede realizar un estudio y determinar datos relevantes a la hora de implementar un proyecto de energías limpias, para el caso, colectores que utilizan como fuente principal la luz solar. A continuación se realizará una descripción de las funciones del programa frente al análisis financiero.

10.3.3.1 Parámetros de análisis (Portafolio - CEET, 2014):

Inicialmente el programa solicita una información con la cual se realiza dicho análisis, esta información fue obtenida de forma previa de cada colector.

- **Costo Anual:** el primero de estos ítems es el costo anual de la tecnología implementada, para el caso se introduce el monto del ahorro mensual en gas que se obtiene por la implementación de la tecnología analizada en la columna “caso base”, para la sección de “caso propuesto” se introduce el costo de la fuente de energía la cual es “cero” ya que es energía solar.
- **Costos Iniciales Incrementales:** en la casilla de “caso propuesto” introducimos el valor total de la implementación del sistema del colector propuesto en el caso.
- **Parámetros Financieros:** Estos datos nos permitirán complementar el análisis, pues en él se determinan factores importantes que pueden cambiar según el tiempo de vida del sistema de colectores y otros factores como la inflación, la cual varía según el país donde se implementen. Identificar variables financieras como la TIR y el payback para reconocer la viabilidad del proyecto
- **Tasa de inflación:** la Inflación es el aumento sostenido y generalizado de los precios de los diferentes productos que se pueden adquirir en un país en relación al peso nacional. Se indica el poder adquisitivo que se tiene sobre las cosas.
- **Tiempo de vida del proyecto:** Este tipo de proyectos tienen un tiempo limitado de utilidad, factores como el avance tecnológico, costos, utilidad de los mecanismos, el mercado, y su efectividad, hacen que estos sistemas tengan limitantes contempladas en un periodo determinado sin embargo se observa que los fabricantes consultados dan un promedio de 20 años¹⁵.
- **Relación de deuda:** en este ítem se asume que el hospital realizara la inversión total del proyecto sin solicitar una fuente de financiación externa, por ello es del 0%.

¹⁵ Tiempo estandarizado por los fabricantes de acuerdo al tipo de colector.

Con los datos relacionados anteriormente se obtendrá una gráfica, en la cual se relacionan varios datos que son los resultados simulados en el programa, estos son:

- **Viabilidad financiera:** con este se puede observar los resultados al cruzar los datos facilitados anteriormente y en los que se observa si el proyecto puede traer ganancias o pérdidas durante su vida útil.
- **TIR (Tasa Interna de Retorno):** “es la tasa que iguala el valor presente neto a cero. La tasa interna de retorno también es conocida como la tasa de rentabilidad producto de la reinversión de los flujos netos de efectivo dentro de la operación propia del negocio y se expresa en porcentaje.” (Vaquiro, 2012)
- **Repago – Capital:** en este ítem se observa el tiempo de recuperación en la inversión, teniendo en cuenta que a partir de este año se obtendrá ganancia del proyecto.
- **Flujo de Caja acumulado:** es un informe financiero donde es presentado los flujos de ingreso y egresos, que tiene una empresa durante un periodo determinado.

10.3.4 Análisis Financiero colector Solar de placa plana

10.3.4.1 .Colector Marca Kioto.

A continuación se realiza un breve análisis del estudio financiero realizado en el RetScreen, y con el cual se podrá observar si este proyecto es financieramente viable para implementar en el hospital y si genera ahorro traducido en ganancias económicas durante la vida del sistema de colección.

Es por este motivo que se utiliza este software, el cual nos facilitará el análisis financiero requerido.

Para poder realizar este análisis, se debe ejecutar el programa y dar unos requisitos que el software exige tal como se ve en la gráfica 19, para el caso se llevo a cabo los siguientes pasos:

- **Datos tenidos en cuenta para la evaluación.**

Según los cálculos provenientes de los costos y ahorros que se pueden obtener con el colector solar de placa plana.

- **Ahorro de Gas natural/mes:** según cálculos realizados, se puede obtener un ahorro de gas natural aproximado, por un valor de \$ 9.978.892 COP en el mes, el cual se obtiene de multiplicar los m³ de gas natural ahorrado, con el precio de este.
- **Costos de implementación:** La instalación de este sistema da un valor de \$ 105'600.000 COP, en el valor se incluye los implementos que requiere el sistema y la

mano de obra este valor se da si se aprovecha toda el area, pues permite la instalación de 60 colectores.

Imagen 14. Hoja 2 Costos del proyecto

Definido por el usuario			
Definido por el usuario		<input type="radio"/> Energia	
		<input type="radio"/> Energia verde	
		<input checked="" type="radio"/> Otro	
		Caso base	Caso propuesto
Costo anual	COP	9.978.892	0
Costos iniciales incrementales	COP		105.600.000

Fuente: Software RETScreen.

Una vez se han ingresado los datos pasamos a la hoja de cálculo titulada Modelo de energía. Esta parte se divide en 3 secciones, en la primera se ingresan los datos de costos generales del proyecto ver Tabla 20.

- **Tasa de inflación:** la tasa de inflación en el 2014 está en el 2,9% (Vaquiro, 2012).
- **Tiempo de Vida del proyecto:** los proyectos energéticos basados en sistemas de colectores solares, tienen una duración de 20 años.

Tabla 20. Valores introducidos al RETScreen colector **KIOTO**.

Ahorro de gas natural/mes	9.978.892
Costos de implementación	105.600.000
Tasa de Inflación	2,9%
Tiempo de vida del proyecto	20

Fuente: Autores.

A raíz de estos valores se obtiene un resultado en el cual se divide en dos partes, una gráfica y datos extraídos del cruce de datos.

La grafica que se obtiene después del cruce de datos nos muestra información valiosa de la cual podemos concluir si el proyecto es económicamente rentable o no para el hospital.

Imagen 15. Análisis financiero parámetros **KIOTO**

Análisis Financiero		
Parámetros financieros		
Tasa de inflación	%	2,9%
Tiempo de vida del proyecto	año	20
Relación de deuda	%	0%
Costos iniciales		
Costos iniciales incrementales	COP	105.600.000
Otro	COP	
Costos iniciales totales	COP	105.600.000
Incentivos y donaciones	COP	
Costos anuales/pagos de deuda		
Costo anual - Caso propuesto	COP	0
Otro	COP	
Costos anuales totales	COP	0
Ahorros y renta anuales		
Costo anual - Caso base	COP	9.978.892
Otro	COP	
Total renta y ahorros anuales	COP	9.978.892
Viabilidad financiera		
TIR antes - impuestos - activos	%	10,1%
Pago simple de retorno del capital	año	10,6
Repago - capital	año	9,1

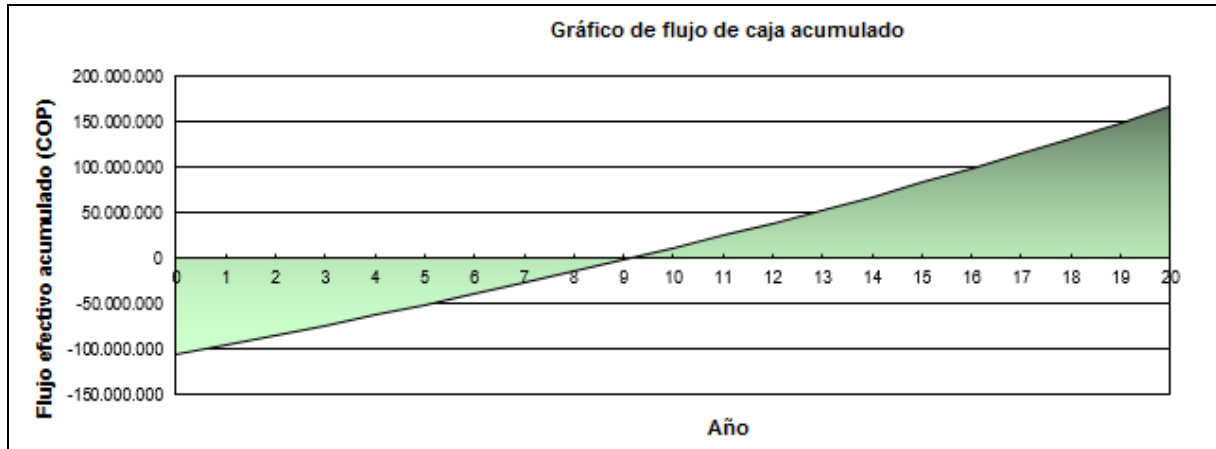
Fuente: Software RETScreen.

Se encuentra la viabilidad financiera, se divide en 3 datos importantes:

- **TIR:** la TIR resultante del proyecto es de 10,1% durante la vida del proyecto.
- **Pago simple de retorno capital:** para el proyecto propuesto, el tiempo de este retorno es de 10,6 años.
- **Repago:** el periodo de la recuperación de inversión es de 9,1 años.
- **Introducción de datos en Ret Screen:** Al ejecutar el programa se abre un archivo en Excel, al cual ingresamos datos básicos del análisis que se requieren como:

Los resultados, representado en la gráfica y en los datos como ahorros y renta anual y la viabilidad financiera, permiten realizar el respectivo análisis financiero del proyecto.

Gráfica 33. Flujo de caja colector **KIOTO**.



Fuente: Software RETScreen.

La grafica 33, genera una simulación del proyecto, basado en los datos entregados, retomando los datos ya entregados (TIR, Pago simple y Repago) se observa que el proyecto puede producir ganancias de un valor mayor a la inversión después de los 10 años de implementarse el proyecto, lo que hace de este una respuesta a término medio, sin embargo podía no ser muy eficiente financieramente si se tiene en cuenta que durante los primeros 10 años, al producto lo cubre la garantía y después, cualquier daño o falla debe ser asumida por el cliente lo que hace de este proyecto basado en placas planas marca Kioto, Poco confiable para su adopción en el hospital.

10.3.4.2 Colector Chromagen (Sumiseran)

El colector Chromagen posee varias características diferentes a los del colector marca Kioto, como efectividad o tamaño por lo tanto se debe realizar un análisis diferente en el RETScreen.

- **Datos tenidos en cuenta para la evaluación.**

Para el colector solar de placa plana marca Chromagen, se obtienen datos diferentes al colector solar anterior, pues ha cambiado de características relevantes como el área que ocupa, precio y rendimiento, a continuación se socializan los datos:

- **Ahorro de Gas natural/mes:** este colector puede ofrecer un ahorro de \$ 10'691.670 COP al mes.
- **Costos de implementación:** La instalación de este sistema da un valor de \$87'000.000,00 COP, en el valor se incluye los implementos que requiere el sistema y la mano de obra.
- **Tasa de inflación:** la tasa de inflación en el 2014 está en el 2,9%.

- **Tiempo de Vida del proyecto:** los proyectos energéticos basados en sistemas de colectores solares, tienen una duración de 20 años.

Tabla 21. Valores introducidos al RETScreen colector **CHROMAGEN**.

Ahorro de gas natural/mes	\$ 10.691.670
Costos de implementación	\$ 87'000.000,00
Tasa de Inflación	2,9%
Tiempo de vida del proyecto	20

Fuente: Autores.

Al introducir los valores el programa RetScreen se pueden obtener los siguientes resultados:

- **TIR:** la TIR resultante del proyecto es de 13,9% durante la vida del proyecto.
- **Pago simple de retorno capital:** para el proyecto propuesto, el tiempo de este retorno es de 8,1 años.
- **Repago:** el periodo de la recuperación de inversión es de 7,2 años.
Para introducir estos datos en el programa se debe realizar los siguientes pasos:
- **Introducción de datos en Ret Screen:** Se introducen los datos iniciales ya descritos anteriormente como:
 - Nombre del proyecto
 - Ubicación
 - Tipo de proyecto: parámetros donde se especifica si nuestro proyecto es eléctrico, térmico, de carbón etc.
 - Tipo de análisis: se eligen los métodos que ofrece la plataforma para realizar el cálculo, esto cambia los datos que se requieren para el análisis.
 - Poder calorífico de referencia: se elige entre el poder calorífico superior (PCS) y el poder calorífico Inferior (PCI)
 - Idioma y manual
 - Moneda
 - Unidades: unidades métricas o imperiales
 - Ubicación de datos meteorológicos: con esta opción el sistema tomará datos de monitoreo del aeropuerto el dorado.

Después de estos se ingresa los datos de costos anual, e iniciales incrementales.

Imagen 16. Costos del proyecto Colector **CHROMAGEN**

Definido por el usuario			
Definido por el usuario		<input type="radio"/> Energía <input type="radio"/> Energía verde <input checked="" type="radio"/> Otro	
		Caso base	Caso propuesto
Costo anual	COP	10.691.670	0
Costos iniciales incrementales	COP		87.000.000

Fuente: Software RETScreen.

Una vez se haya realizado esta operación se procede a introducir los siguientes datos, Imagen 17:

- Tasa de inflación: 2,9%
- Tiempo de vida del proyecto.

Imagen 17. Análisis financiero parámetros CHROMAGEN

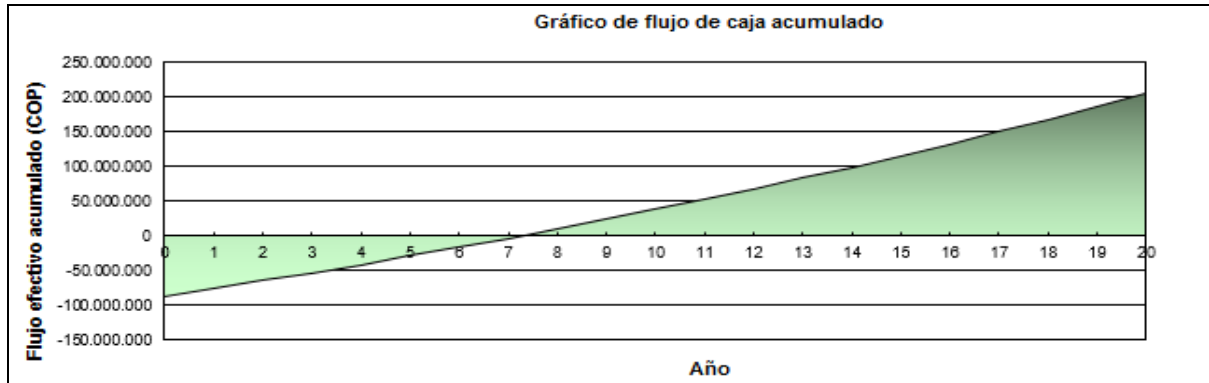
Análisis Financiero		
Parámetros financieros		
Tasa de inflación	%	2,9%
Tiempo de vida del proyecto	año	20
Relación de deuda	%	0%
Costos iniciales		
Costos iniciales incrementales	COP	87.000.000
Otro	COP	
Costos iniciales totales	COP	87.000.000
Incentivos y donaciones		
	COP	
Costos anuales/pagos de deuda		
Costo anual - Caso propuesto	COP	0
Otro	COP	
Costos anuales totales	COP	0
Ahorros y renta anuales		
Costo anual - Caso base	COP	10.691.670
Otro	COP	
Total renta y ahorros anuales	COP	10.691.670
Viabilidad financiera		
TIR antes - impuestos - activos	%	13,9%
Pago simple de retorno del capital	año	8,1
Repago - capital	año	7,2

Fuente: Software RETScreen.

En la Grafica 34 se presenta el comportamiento financiero del proyecto a base de los colectores solares placa plana marca Chromagen, según lo que se puede contemplar es que este proyecto realiza una recuperación del capital en más de 8,1 años de implementado y durante su periodo de vida genera una ganancia similar al capital invertido inicialmente, de esto se puede decir que si bien se obtiene ganancia, esta tarda bastante tiempo en producir un beneficio para la institución, pues las ganancias no se podrán ver si no hasta después de pasado el punto medio del sistema, adicional a este se debe tener en cuenta que la garantía de este sistema va hasta después de los 10 años de implementado, es decir que si los colectores presentan fallas después de este tiempo, los gastos de mantenimiento serán asumidos por el hospital, esto nos determina que este sistema no es 100% viable para ser adoptado por el instituto, Pues el comportamiento del sistema según la gráfica genera

ganancias reales en 7,2 años, un periodo de tiempo largo si se tiene en cuenta que el sistema solo tiene un periodo de vida de 20 años.

Gráfica 34. Flujo de caja colector CHROMAGEN



Fuente: Software RETScreen.

10.3.4.3 Colector Ecosun

El colector solar Ecosun nos brinda varias características que lo diferencian de los demás colectores, como su tecnología lo que hace de este una alternativa viable para su implementación a continuación se relacionara la información necesaria para el análisis financiero.

- **Datos tenidos en cuenta para la evaluación.**

El colector Ecosun, tiene los siguientes datos que son utilizados por el programa RetScreen, imagen 18, para su respectivo análisis:

- **Ahorro de Gas natural/mes:** según los cálculos realizados de forma previa este colector puede ofrecer un ahorro de \$ 10.450.509 COP al mes.
- **Costos de implementación:** La instalación de este sistema da un valor de \$96'000.000,00 COP contando con mano de obra y accesorios.

Imagen 18. Costo del proyecto colector ECOSUN

Definido por el usuario			
Definido por el usuario		<input type="radio"/> Energía	
		<input type="radio"/> Energía verde	
		<input checked="" type="radio"/> Otro	
		Caso base	Caso propuesto
Costo anual	COP	10.450.509	0
Costos iniciales incrementales	COP		96.000.000

Fuente: Software RETScreen.

- **Tasa de inflación:** la tasa de inflación en el 2014 está en el 2,9%.
- **Tiempo de Vida del proyecto:** los proyectos energéticos basados en sistemas de colectores solares, tienen una duración de 20 años.

Tabla 22. Valores introducidos al RETScreen colector **ECOSUN**

Ahorro de gas natural/mes	\$ 10.450.509
Costos de implementación	\$96'000.000
Tasa de Inflación	2,9%
Tiempo de vida del proyecto	20

Fuente: Autores.

Los resultados por el RetScreen, imagen 19, después del cruce de datos se obtienen los siguientes indicadores:

- **TIR:** la TIR resultante del proyecto es de 12,0% durante la vida del proyecto.
- **Pago simple de retorno capital:** para el proyecto propuesto, el tiempo de este retorno es de 9,2 años.
- **Repago:** el periodo de la recuperación de inversión es de 8,1 años.

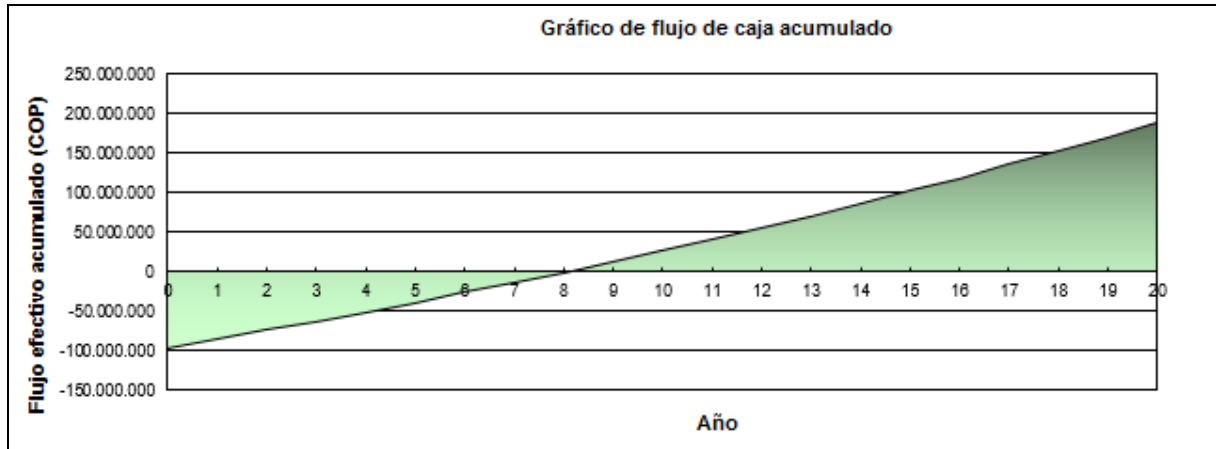
Imagen 19. Análisis financiero **ECOSUN**

Análisis Financiero		
Parámetros financieros		
Tasa de inflación	%	2,9%
Tiempo de vida del proyecto	año	20
Relación de deuda	%	0%
Costos iniciales		
Costos iniciales incrementales	COP	96.000.000
Otro	COP	
Costos iniciales totales	COP	96.000.000
Incentivos y donaciones		
	COP	
Costos anuales/pagos de deuda		
Costo anual - Caso propuesto	COP	0
Otro	COP	
Costos anuales totales	COP	0
Ahorros y renta anuales		
Costo anual - Caso base	COP	10.450.509
Otro	COP	
Total renta y ahorros anuales	COP	10.450.509
Viabilidad financiera		
TIR antes - impuestos - activos	%	12,0%
Pago simple de retorno del capital	año	9,2
Repago - capital	año	8,1

Fuente: Software RETScreen.

- **Tasa de inflación:** 2,9
- **Tiempo de vida del proyecto:** según fabricante estos colectores tienen un tiempo de vida de 20 años.

Gráfica 35. Flujo de caja colector **ECOSUN**.



Fuente: Software RETScreen.

Según el RetScreen, la TIR del proyecto es de 12,0% lo que deja ver un retorno de la inversión muy alto, lo que asegura la ganancia del proyecto, pues su inversión no es muy alta y durante la vida útil del sistema se podría superar los 150 millones COP al finalizar este proyecto.

El pago simple de retorno capital se da en tan solo 9,2 años es decir que en este periodo de tiempo se recupera la inversión y a partir de este momento se obtienen ganancias traducidas en ahorro en el uso del gas natural.

De la misma forma el repago está estipulado para 8,1 años, es decir que en este periodo de tiempo el proyecto produce la cantidad de dinero para pagar su costo y cargos, según lo observado, grafica 35.

10.3.5 Análisis Financiero colector solar de tubo de vacío

10.3.5.1 Colector solar Ritter Solar

Con este colector se inician aquellos que utilizan la tecnología de tubos al vacío, siendo estos de una gran eficiencia, a continuación se realiza un análisis del colector Ritter Solar seleccionado el modelo CPC 12 XL INOX.

- **Datos tenidos en cuenta para la evaluación.**

El colector de tubos al vacío Ritter Solar, tiene los siguientes datos que son utilizados por el programa RetScreen para su respectivo análisis:

Ahorro de Gas natural/mes: según los cálculos realizados de forma previa este colector puede ofrecer un ahorro de \$ 11.455.992,88 COP al mes.

- **Costos de implementación:** La instalación de este sistema da un valor de \$106'000.000,00 COP¹⁶ contando con mano de obra y accesorios,

Imagen 20. Costo del proyecto RITTER SOLAR.

Definido por el usuario			
Definido por el usuario		<input type="radio"/> Energía <input type="radio"/> Energía verde <input checked="" type="radio"/> Otro	
		Caso base	Caso propuesto
Costo anual	COP	11.455.993	0
Costos iniciales incrementales	COP		106.000.000

Fuente: Software RETScreen.

- **Tasa de inflación:** la tasa de inflación en el 2014 está en el 2,9%.
- **Tiempo de Vida del proyecto:** los proyectos energéticos basados en sistemas de colectores solares, tienen una duración de 20 años.

Tabla 23. Valores introducidos al RETScreen colector RITTER SOLAR

Ahorro de gas natural/mes	\$ 11.455.992,88
Costos de implementación	\$ 106.000.000,00
Tasa de Inflación	2,9%
Tiempo de vida del proyecto	20

Fuente: Autores.

Los resultados obtenidos por el RetScreen después del cruce de datos se obtienen los siguientes datos:

Imagen 21. Análisis Financiero RITTER SOLAR.

Análisis Financiero		
Parámetros financieros		
Tasa de inflación	%	2,9%
Tiempo de vida del proyecto	año	20
Relación de deuda	%	0%
Costos iniciales		
Costos iniciales incrementales	COP	106.000.000
Otro	COP	
Costos iniciales totales	COP	106.000.000
Incentivos y donaciones		
	COP	
Costos anuales/pagos de deuda		
Costo anual - Caso propuesto	COP	0
Otro	COP	
Costos anuales totales	COP	0
Ahorros y renta anuales		
Costo anual - Caso base	COP	11.455.993
Otro	COP	
Total renta y ahorros anuales	COP	11.455.993
Viabilidad financiera		
TIR antes - impuestos - activos	%	11,9%
Pago simple de retorno del capital	año	9,3
Repago - capital	año	8,1

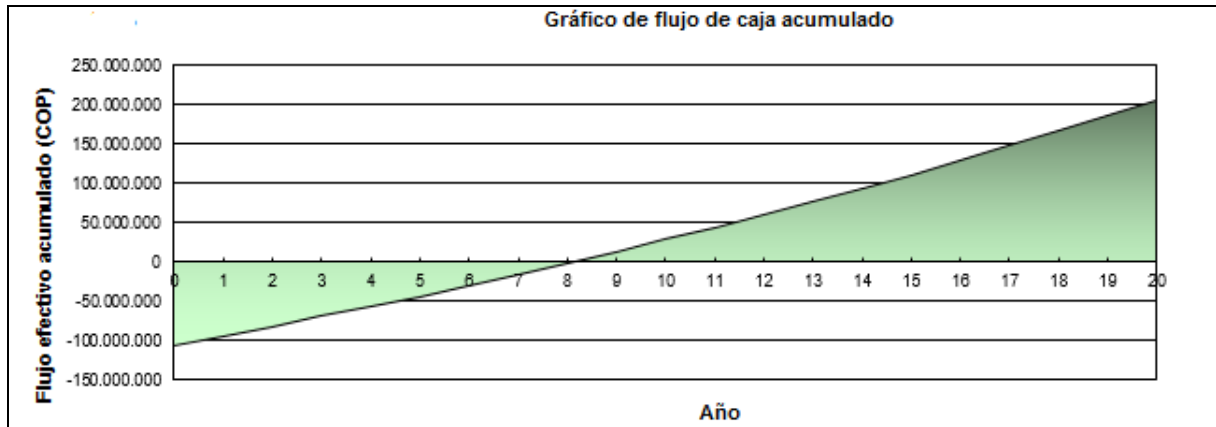
Fuente: Software RETScreen.

- **TIR:** la TIR resultante del proyecto es de 11,9% durante la vida del proyecto.

¹⁶ Codesolar, Comunicación Desarrollo, tecnología y energía solar, recuperado de <<http://www.codesolar.com/Energia-Solar/Energias-Renovables/Ritter-Solar.html>>

- **Pago simple de retorno capital:** para el proyecto propuesto, el tiempo de este retorno es de 9,3 años.
- **Repago:** el periodo de la recuperación de inversión es de 8,1 años.

Gráfica 36. Flujo de caja colector RITTER SOLAR



Fuente: Software RETScreen.

La grafica 36 nos ilustra el comportamiento financiero del colector de tubos al vacío de Ritter Solar, de los datos ya relacionados y la gráfica podemos determinar que la TIR del proyecto con este sistema, es buena, pues se encuentra en el 11,9% con lo que se puede determinar el crecimiento del ahorro traducido en ganancias, sin embargo el pago simple de retorno per cápita es alto, de 9,3 años cuando lo recomendable es menor a 5 años.

El Repago se proyecta para 8,1 años, lo que puede ser un poco lento, teniendo en cuenta el proyecto destinado a 20 años.

10.3.5.2 Colector Termal (HP)

El colector Termal, a diferencia del colector anterior presenta una mayor eficiencia lo que financieramente cambia su comportamiento frente al colector Ritter Solar.

- **Datos tenidos en cuenta para la evaluación.**

Los datos obtenidos y relacionados en el software (imagen 22) para su posterior análisis financiero se relacionan a continuación:

Ahorro de Gas natural/mes: según los cálculos realizados de forma previa este colector puede ofrecer un ahorro de \$ 11.510.978,61 COP al mes.

Costos de implementación: La instalación de este sistema da un valor de \$ 33.904.000,00

- COP contando con mano de obra y accesorios.

Imagen 22. Valores introducidos al RETScreen colector **TERMAL**

Definido por el usuario			
Definido por el usuario		<input type="radio"/> Energía <input type="radio"/> Energía verde <input checked="" type="radio"/> Otro	
Costo anual	COP	Caso base	Caso propuesto
Costos iniciales incrementales	COP	11.510.979	0
			33.904.000

Fuente: Software RETScreen.

- **Tasa de inflación:** la tasa de inflación en el 2014 está en el 2,9%.
- **Tiempo de Vida del proyecto:** los proyectos energéticos basados en sistemas de colectores solares, tienen una duración de 20 años.

Tabla 24. Valores introducidos al RETScreen colector **TERMAL**

Ahorro de gas natural/mes	\$11.510.978,61
Costos de implementación	\$33.904.000,00
Tasa de Inflación	2,9%
Tiempo de vida del proyecto	20

Fuente: Autores.

Los datos asociados en la imagen 23 una vez introducidos en el software, este nos da los siguientes resultados:

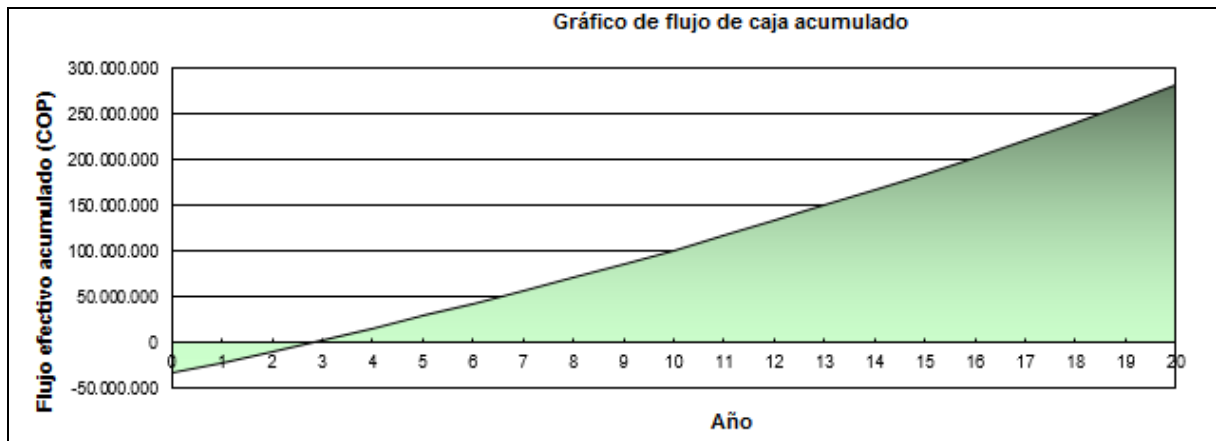
- **TIR:** la TIR resultante del proyecto es de 39% durante la vida del proyecto.
- **Pago simple de retorno capital:** para el proyecto propuesto, el tiempo de este retorno es de 2,8 años.
- **Repago:** el periodo de la recuperación de inversión es de 2,7 años.

Imagen 23. Análisis Financiero Colector **TERMAL**.

Análisis Financiero		
Parámetros financieros		
Tasa de inflación	%	2,9%
Tiempo de vida del proyecto	año	20
Relación de deuda	%	0%
Costos iniciales		
Costos iniciales incrementales	COP	33.904.000
Otro	COP	
Costos iniciales totales	COP	33.904.000
Incentivos y donaciones		
	COP	
Costos anuales/pagos de deuda		
Costo anual - Caso propuesto	COP	0
Otro	COP	
Costos anuales totales	COP	0
Ahorros y renta anuales		
Costo anual - Caso base	COP	11.510.979
Otro	COP	
Total renta y ahorros anuales	COP	11.510.979
Viabilidad financiera		
TIR antes - impuestos - activos	%	37,7%
Pago simple de retorno del capital	año	2,9
Repago - capital	año	2,8

Fuente: Software RETScreen.

Gráfica 37. Flujo de caja colector TERMAL.



Fuente: Software RETScreen.

En la gráfica 37 se observa el comportamiento del proyecto si se utilizan los colectores solares de tubos al vacío Termal. Su alta eficiencia permite que este sea una alternativa viable a nivel económico para su implementación y operación, esto se puede conocer debido a los datos relacionados anteriormente:

La TIR está analizada en un 39% siendo este valor un indicador del porcentaje monetario de la rentabilidad del producto, pues se toma como base valores mayores a 15%.

El pago simple de retorno a capital está contemplado a 2,8 años, es decir que en este periodo se podrá alcanzar el valor de la inversión del producto adquirido, traducido en ahorro de gas natural.

El Repago está contemplado en un periodo de tiempo similar al anterior valor, es decir que el proyecto generará ganancias a partir del tercer año de implementación.

10.3.5.3 Colector ANWO

El colector solar de tubos al vacío ANWO, tiene diferentes características respecto a los otros colectores, este nos ofrece unos colectores de más amplio tamaño y una efectividad alta, sin embargo es necesario revisar sus características a través del RetScreen, para determinar su efectividad financiera para el hospital.

- **Datos tenidos en cuenta para la evaluación.**

Los datos obtenidos por la revisión web y bibliográfica del colector solar de tubos al vacío ANWO nos dan los siguientes resultados, Imagen 24:

- **Ahorro de Gas natural/mes:** según los cálculos realizados de forma previa este colector puede ofrecer un ahorro de \$ 10.935.161,66 COP al mes.
- **Costos de implementación:** La instalación de este sistema da un valor de \$105.751.661,68 COP contando con mano de obra y accesorios.

Imagen 24. Valores introducidos al RETScreen colector **ANWO**.

Definido por el usuario			
Definido por el usuario		<input type="radio"/> Energía <input type="radio"/> Energía verde <input checked="" type="radio"/> Otro	
		Caso base	Caso propuesto
Costo anual	COP	\$10.935.161,66	0
Costos iniciales incrementales	COP		105.751.662

Fuente: Software RETScreen.

- **Tasa de inflación:** la tasa de inflación en el 2014 está en el 2,9%
- **Tiempo de Vida del proyecto:** los proyectos energéticos basados en sistemas de colectores solares, tienen una duración de 20 años.

Tabla 25. Valores introducidos al RETScreen colector **ANWO**

Ahorro de gas natural/mes	\$10.935.161,66
Costos de implementación	\$105.751.661,68
Tasa de Inflación	2,9%
Tiempo de vida del proyecto	20

Fuente: Autores.

Los valores de la tabla 36 son tomados para realizar el respectivo cruce de datos por parte del programa RetScreen el cual ofrece los siguientes resultados vistos en la Imagen 25:

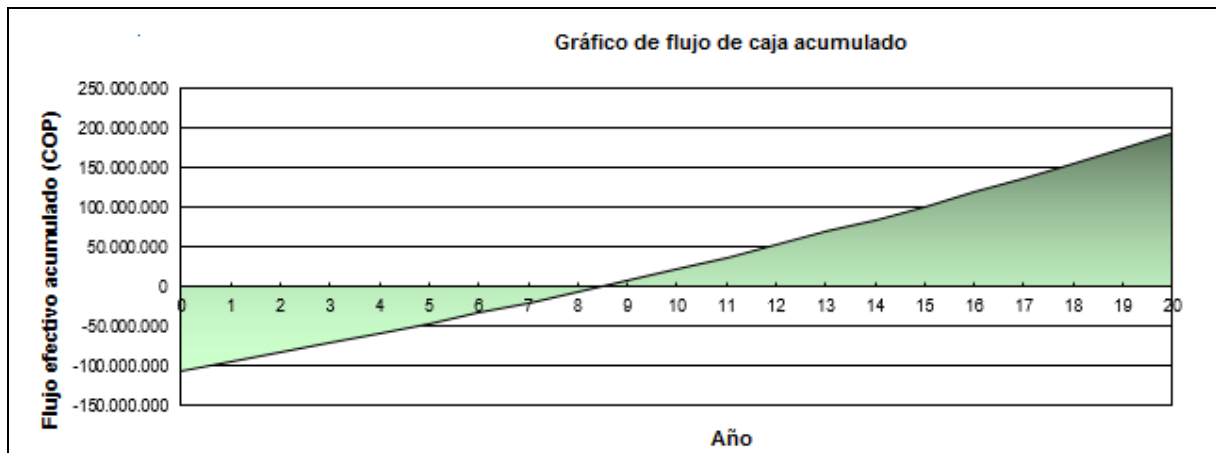
- **TIR:** la TIR resultante del proyecto es de 11,3% durante la vida del proyecto.
- **Pago simple de retorno capital:** para el proyecto propuesto, el tiempo de este retorno es de 9,7 años.
- **Repago:** el periodo de la recuperación de inversión es de 8,4 años.

Imagen 25. Análisis Financiero colector Anwo.

Análisis Financiero		
Parámetros financieros		
Tasa de inflación	%	2,9%
Tiempo de vida del proyecto	año	20
Relación de deuda	%	0%
Costos iniciales		
Costos iniciales incrementales	COP	105.751.662
Otro	COP	
Costos iniciales totales	COP	105.751.662
Incentivos y donaciones		
	COP	
Costos anuales/pagos de deuda		
Costo anual - Caso propuesto	COP	0
Otro	COP	
Costos anuales totales	COP	0
Ahorros y renta anuales		
Costo anual - Caso base	COP	10.935.162
Otro	COP	
Total renta y ahorros anuales	COP	10.935.162
Viabilidad financiera		
TIR antes - impuestos - activos	%	11,3%
Pago simple de retorno del capital	año	9,7
Repago - capital	año	8,4

Fuente: Software RETScreen.

Gráfica 38. Flujo de caja colector ANWO.



Fuente: Software RETScreen.

El comportamiento financiero del sistema nos muestra que este puede generar ganancias traducidas en ahorro, sin embargo se debe tener en cuenta los 3 indicadores previos a la gráfica 38.

El resultado de la TIR es de 11,3% lo que podría ser un inconveniente para el proyecto, pues está por debajo del valor mínimo aceptado que es del 15% lo que nos demuestra una recuperación a mediano plazo, siendo este un proyecto arriesgado si se adopta este sistema para su implementación.

Para los otros dos indicadores el pago simple de retorno a capital y el repago, están valorados en 9,7 años y 8,4 años respectivamente, estos resultados nos demuestran que la recuperación de la inversión, pueden superar el 20% de la vida útil del proyecto, lo que

confirma lo expuesto anteriormente, esto podría ser una recuperación un poco lenta. Sin embargo según el análisis este proyecto podría superar y hasta doblar la inversión realizada, lo que promete ganancias durante los 20 años de vida útil del proyecto.

10.3.6 Análisis Financiero colector solar cilindro parabólico

10.3.6.1 Colector solar cilindro parabólico Smirro

Los colectores Smirro, poseen varias características que lo hace muy eficiente en su labor, principalmente su tecnología, pues se trata de un colector cilindro-parabólico, los cuales requieren de una gran inversión ya que esta tecnología es una de las más costosas en el mercado.

A continuación se relacionarán los datos requeridos por el programa para poder realizar su respectivo análisis:

- **Datos tenidos en cuenta para la evaluación.**

A continuación se relacionan los datos requeridos por el RetScreen, para el respectivo análisis financiero:

- **Ahorro de Gas natural/mes:** según los cálculos realizados de forma previa este colector puede ofrecer un ahorro de \$11.885.400 COP al mes.
- **Costos de implementación:** La instalación de este sistema da un valor de \$147.297.600,00 COP contando con mano de obra y accesorios.

Imagen 26. Valores introducidos al RETScreen colector SMIRRO

Definido por el usuario			
Definido por el usuario		<input type="radio"/> Energía <input type="radio"/> Energía verde <input checked="" type="radio"/> Otro	
		Caso base	Caso propuesto
Costo anual	COP	11.335.893	0
Costos iniciales incrementales	COP		147.297.600

Fuente: Software RETScreen.

- **Tasa de inflación:** la tasa de inflación en el 2014 está en el 2,9%
- **Tiempo de Vida del proyecto:** los proyectos energéticos basados en sistemas de colectores solares, tienen una duración de 20 años.

Tabla 26. Valores introducidos al RETScreen colector SMIRRO

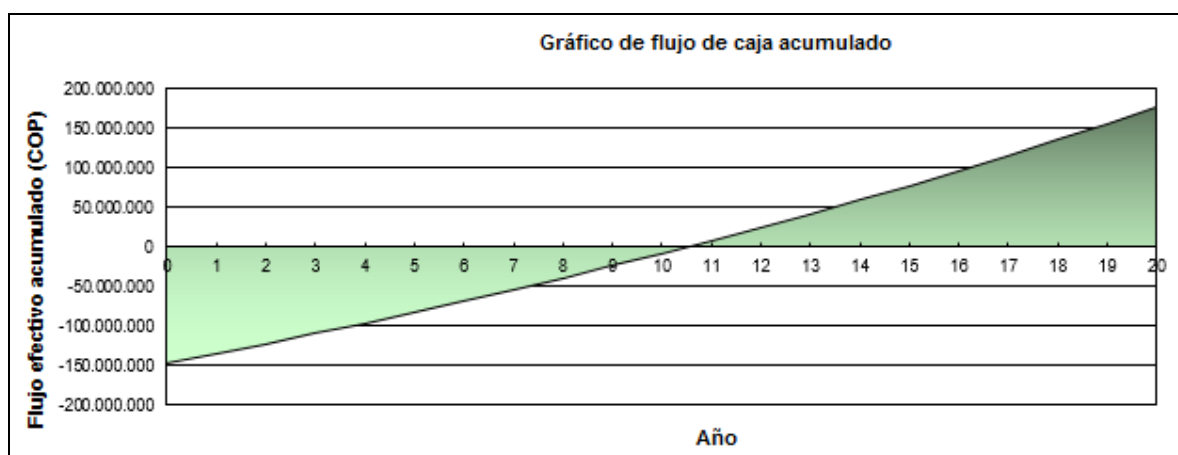
Ahorro de gas natural/mes	\$11.885.400
Costos de implementación	\$147.297.600,00
Tasa de Inflación	2,9%
Tiempo de vida del proyecto	20

Fuente: Autores.

La tabla 26 nos muestra los valores introducidos en el programa RetScreen, y con el cual se realiza el cruce de datos, esta información nos da como resultado algunos datos con los cuales se pueden obtener los siguientes resultados:

- **TIR:** la TIR resultante del proyecto es de 8,1% durante la vida del proyecto.
- **Pago simple de retorno capital:** para el proyecto propuesto, el tiempo de este retorno es de 12,4 años.
- **Repago:** el periodo de la recuperación de inversión es de 10,5 años.

Gráfica 39. Flujo de caja colector **SMIRRO**.



Fuente: Software RETScreen.

La grafica 39 nos ilustra el comportamiento financiero del proyecto al adoptar dicho colector solar. Como se puede observar se pueden dividir en 3 momentos, cuando viene la inversión, un punto donde se recupera la compra del sistema, y las ganancias que se pueden obtener, como se relacionó de manera previa, la TIR es de 8,1 % superando el valor máximo para que este parámetro indique la rentabilidad del producto, pues el valor base debe ser de 5% o menor.

El pago simple de retorno a Capital está valorado en 12,4 años, es decir que supera el punto medio del proyecto lo que se traduce como ganancias a largo plazo. De la misma manera el repago se valora en 10,5 años, lo que confiarlo explicado anteriormente, si bien se podrían obtener ganancias a largo plazo, se puede arriesgar a perder todo, pues las ganancias están proyectadas a dar resultados en un mediano y largo plazo frente a la vida útil del sistema.

10.3.6.2 Colector Cilindro parabólico TECGEN

Los colectores TECGEN son de alta eficiencia, de origen chino, se exporta desde este país a otros lugares incluyendo Colombia, a continuación sus datos utilizados para ingresar al RetScreen.

- **Datos tenidos en cuenta para la evaluación.**

A continuación se relacionan los datos requeridos por el RetScreen vistos en la Imagen 27, para el respectivo análisis financiero:

- **Ahorro de Gas natural/mes:** según los cálculos realizados de forma previa este colector puede ofrecer un ahorro de \$ 13.609.495,38 COP al mes.
- **Costos de implementación:** La instalación de este sistema da un valor de \$70.380.000,00 COP contando con mano de obra y accesorios.

Imagen 27. Valores introducidos al RETScreen colector **TECGEN**

Definido por el usuario			
Definido por el usuario		<input type="radio"/> Energía <input type="radio"/> Energía verde <input checked="" type="radio"/> Otro	
		Caso base	Caso propuesto
Costo anual	COP	13.609.495	0
Costos iniciales incrementales	COP		70.380.000

Fuente: Software RETScreen.

- **Tasa de inflación:** la tasa de inflación en el 2014 está en el 2,9%
- **Tiempo de Vida del proyecto:** los proyectos energéticos basados en sistemas de colectores solares, tienen una duración de 20 años.

Tabla 27. Valores introducidos al RETScreen colector **TECGEN**

Ahorro de gas natural/mes	\$ 13.609.495,38
Costos de implementación	\$70.380.000,00
Tasa de Inflación	2,9%
Tiempo de vida del proyecto	20

Fuente: Autores.

Los valores expuestos en la tabla 27, al ser introducidos al RetScreen dan los siguientes resultados del análisis financiero, Imagen 28:

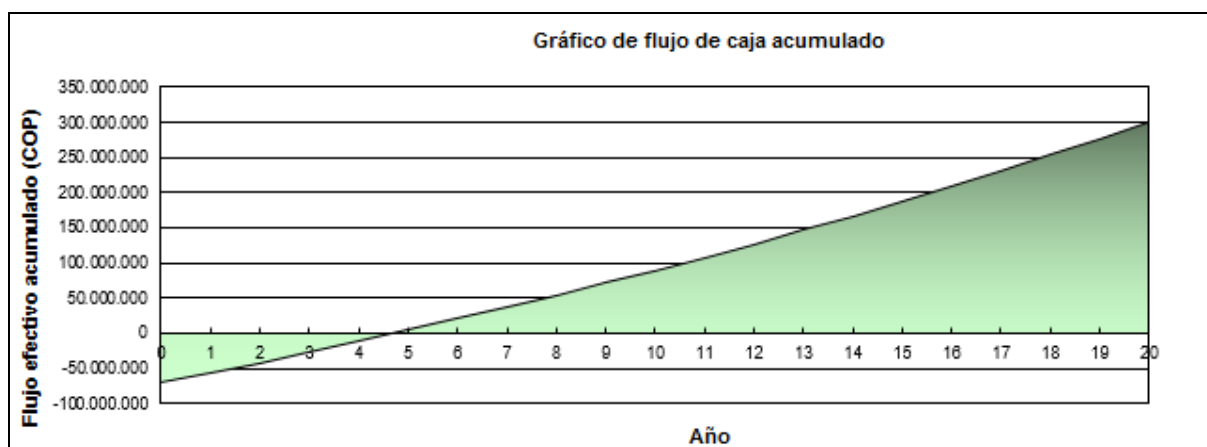
Imagen 28. Análisis financiero TECGEN

Análisis Financiero			
Parámetros financieros			
Tasa de inflación	%		2,9%
Tiempo de vida del proyecto	año		20
Relación de deuda	%		0%
Costos iniciales			
Costos iniciales incrementales	COP		70.380.000
Otro	COP		
Costos iniciales totales	COP		70.380.000
Incentivos y donaciones			
	COP		
Costos anuales/pagos de deuda			
Costo anual - Caso propuesto	COP		0
Otro	COP		
Costos anuales totales	COP		0
Ahorros y renta anuales			
Costo anual - Caso base	COP		13.609.495
Otro	COP		
Total renta y ahorros anuales	COP		13.609.495
Viabilidad financiera			
TIR antes - impuestos - activos	%		22,1%
Pago simple de retorno del capital	año		5,2
Repago - capital	año		4,8

Fuente: Software RETScreen.

- **TIR:** la TIR resultante del proyecto es de 22,1% durante la vida del proyecto.
- **Pago simple de retorno capital:** para el proyecto propuesto, el tiempo de este retorno es de 5,2 años.
- **Repago:** el periodo de la recuperación de inversión es de 4,8 años.

Gráfica 40. Flujo de caja colector TECGEN



Fuente: Software RETScreen.

Se observa en la gráfica 40, la simulación que realiza el programa frente al comportamiento financiero del sistema basado en colector solar cilindro parabólico TECGEN.

Esta grafica es resultado de ilustrar los parámetros indicados anteriormente como son la TIR, la cual se mantiene en 22,1 % esto nos indica que la rentabilidad del proyecto es alta, pues se pueden generar ganancias en un periodo de tiempo relativamente corto.

Como se puede observar el pago simple de retorno a capital y el repago, se estipulan de 4,8 años, es decir que en este periodo de tiempo, se alcanza el valor invertido en el proyecto y se inicia la rentabilidad del proyecto al producir ganancias.

10.3.6.3 Colector Eurothrough

Estos colectores se caracterizan por ser de gran tamaño y una alta eficiencia, a continuación se realizara un análisis de los diferentes parámetros que requiere el programa RetScreen, para poder ejecutar una simulación del comportamiento financiero de este colector, y donde se podrá concluir si esta tecnología es viable financieramente, para ser implementado en el proyecto.

- **Datos tenidos en cuenta para la evaluación.**

Los datos solicitados por el programa para la simulación ya descrita, son los siguientes:

- **Ahorro de Gas natural/mes:** según los cálculos realizados de forma previa este colector puede ofrecer un ahorro de \$ 13.924.115 COP al mes.
- **Costos de implementación:** La instalación de este sistema da un valor de \$ 68.874.545 COP.

Imagen 29. Valores introducidos al RETScreen colector EUROTHROUGH

Definido por el usuario			
Definido por el usuario		<input type="radio"/> Energía	
		<input type="radio"/> Energía verde	
		<input checked="" type="radio"/> Otro	
		Caso base	Caso propuesto
Costo anual	COP	13.924.115	0
Costos iniciales incrementales	COP		68.874.545

Fuente: Software RETScreen.

- **Tasa de inflación:** la tasa de inflación en el 2014 está en el 2,9%
- **Tiempo de Vida del proyecto:** los proyectos energéticos basados en sistemas de colectores solares, tienen una duración de 20 años.

Tabla 28. Valores introducidos al RETScreen colector EUROTHROUGH

Ahorro de gas natural/mes	\$ 13.924.115
Costos de implementación	\$ 68.874.545
Tasa de Inflación	2,9%
Tiempo de vida del proyecto	20

Fuente: Autores.

Los datos de la tabla 28 se han obtenido gracias al cruce de diferentes datos como el tamaño, la eficiencia y la cantidad de gas ahorrada en un mes si se implementa la tecnología al sistema de las calderas del hospital, gracias a estos se obtiene la siguiente información:

Imagen 30. Análisis financiero Retscreen colector **EUROTHROUGH**

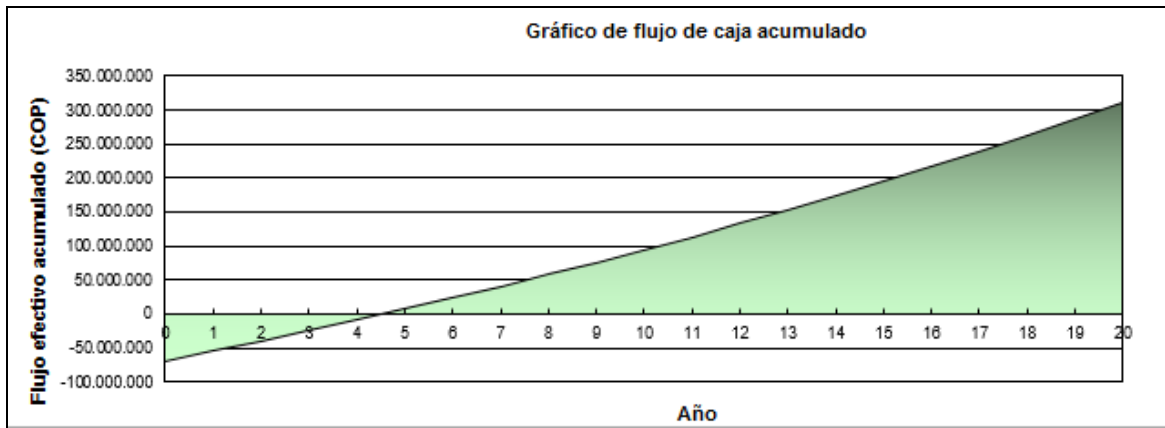
Análisis Financiero			
Parámetros financieros			
Tasa de inflación	%		2,9%
Tiempo de vida del proyecto	año		20
Relación de deuda	%		0%
Costos iniciales			
Costos iniciales incrementales	COP		68.874.545
Otro	COP		
Costos iniciales totales	COP		68.874.545
Incentivos y donaciones			
	COP		
Costos anuales/pagos de deuda			
Costo anual - Caso propuesto	COP		0
Otro	COP		
Costos anuales totales	COP		0
Ahorros y renta anuales			
Costo anual - Caso base	COP		13.924.115
Otro	COP		
Total renta y ahorros anuales	COP		13.924.115
Viabilidad financiera			
TIR antes - impuestos - activos	%		23,1%
Pago simple de retorno del capital	año		4,9
Repago - capital	año		4,6

Fuente: Software RETScreen.

De lo visto en la Imagen 30 se encuentra que:

- **TIR:** la TIR resultante del proyecto es de 23,1% durante la vida del proyecto.
- **Pago simple de retorno capital:** para el proyecto propuesto, el tiempo de este retorno es de 4,9 años.
- **Repago:** el periodo de la recuperación de inversión es de 4,6 años.

Gráfica 41. Flujo de caja colector **EUROTHROUGH**



Fuente: Software RETScreen.

La grafica 41 nos muestra el comportamiento financiero obtenido de la simulación del programa, una vez realiza el cruce de la información, estos datos son los entregados de manera previa como son, la TIR, la cual está valorada en 23,1 %, superando el valor mínimo para ser un proyecto rentable, al recuperar la inversión en un periodo de tiempo relativamente corto.

En el caso del pago simple del retorno de capital y el repago está valorado en 4,9 y 4.6 años, respectivamente, es decir que en 5 años el proyecto adoptado con este sistema podrá recuperar su inversión y generar ganancias al sustituir parcialmente al gas natural que alimenta las calderas.

Los colectores analizados anteriormente a nivel financiero nos traen a colación el comportamiento de cada uno de estos frente a lo que busca el hospital adoptando estas medidas tanto a nivel económico como ambiental, sin embargo vale la pena realizar un breve análisis de las características obtenidas por el programa RetScreen, con el cual se podrá comparar entre ellos, cual es el colector y la “marca” más conveniente para adoptar en el hospital, a nivel financiero.

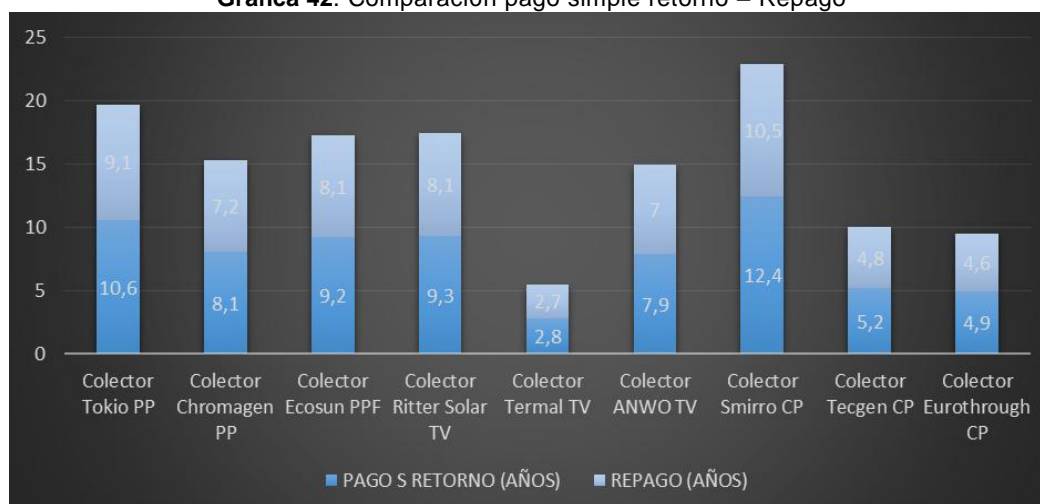
Tabla 29. Valores obtenidos en análisis financiero.

TIPO COLECTOR Y MARCA	TIR (%)	PAGO S RETORNO (AÑOS)	REPAGO (AÑOS)
Colector Tokio PP	10,1	10,6	9,1
Colector Chromagen PP	13,9	8,1	7,2
Colector Ecosun PPF	12	9,2	8,1
Colector Ritter Solar TV	11,9	9,3	8,1
Colector Termal TV	39	2,8	2,7
Colector ANWO TV	14,4	7,9	7
Colector Smirro CP	8,1	12,4	10,5
Colector TECGEN CP	22,1	5,2	4,8
Colector Eurothrough CP	23,1	4,9	4,6

Fuente: Autores.

En la Tabla 29, se puede observar los valores de los datos obtenidos al evaluarlos con el programa RetScreen. Con esta información podemos analizar cuales colectores son los más adecuados a nivel financiero para implementar en el hospital. Con el fin de presentar la información detallada, en cada uno de los colectores por marca y tipo. En la siguiente grafica se aprecia la comparación entre de cada una de las variables y el tipo de colector.

Gráfica 42. Comparación pago simple retorno – Repago



Fuente: Autores.

Al cruzar los datos que se encuentran en la tabla 29 con la gráfica 42, se puede observar que de los 9 tipos de colectores, solo 3 presentan una recuperación rápida de la inversión en menos de 6 años, cada uno según su metodología de generación energética estos son el colector Termal de Tubos al vacío, el colector TECGEN cilindro parabólico y finalmente el colector Eurothrough. De lo anterior se puede afirmar que lo más seguro es invertir en el colector de Placa plana Ecosun, sin embargo hay otros datos analizados anteriormente que se deben integrar con el análisis financiero para poder determinar el colector que cumpla con los requerimientos del HUS.

Finalmente, para conocer el tipo de colector y marca de mayor viabilidad desde el punto de vista financiero, económico y ambiental, se desarrolló una matriz, en la cual se cruzaron los datos ya mencionados obteniendo valores que se han asignado a unos colores asignados de la siguiente manera:

- **Rojo:** con este color se va a distinguir aquella característica que tiene la calificación más baja o que los valores son más bajos en comparación con otras tecnologías representa los niveles mas bajos de efectividad. Nota asignada: 1.
- **Amarillo:** con este color se representara los valores de las tecnologías que se encuentran entre las más altas y más bajas calificaciones, representan un nivel medio de efectividad. Nota asignada: 2.
- **Verde:** con este color se clasificaran los valores más altos entre las características evaluadas, o aquellos que son los mejores y más adecuados para los requerimientos del Hospital Universitario La Samaritana. Nota asignada 3.

Para poder calificar la matriz inicial, se tomaron los valores mínimos y máximos de cada resultado y se asignaron a un sistema de calificación.

El resultado del análisis Técnico posee dos valores como mínimos y máximos, el colector con el resultado más alto es Eurothrough con 161.344 Kwh/mes, mientras que el de menor calificación es de 100.978 Kwh/mes. Anteriormente ya se había realizado el

respectivo análisis del resultado técnico, sin embargo, para el caso se asigno métodos por calificación, esta metodología se realiza de la siguiente forma:

Se asignan valores a una escala para poder otorgar la calificación explicada a continuación.

Tabla 30. Rango de calificación para el análisis técnico

Producción de kWh/mes	Calificación
Menor a 127.292,62	1
De 127.292,62 a 144.318,49	2
De 144.318,49 hasta 162.000	3

Fuente: autores

Una vez obtenidos estos datos se procede a calificar los valores del análisis técnico.

Tabla 31. Matriz resultado del análisis técnico.

Tecnología tipo de colector	Marca	Resultado análisis técnico kWh/mes	Calificación
Placa plana	KIOTO	110.266,76	1
Placa plana	SUMISERAN	118.142,96	1
Placa plana	ECOSUN	121.094,27	1
Tubos al Vacío	RITTER SOLAR	100.978,28	1
Tubos al Vacío	TERMAL	127.196,31	2
Tubos al Vacío	ANWO	122.840,74	1
Cilindro parabólico	SMIRRO	137.720,93	2
Cilindro parabólico	TECGEN	140.711,04	2
Cilindro parabólico	EUROTHROUGH	161.344,35	3

Fuente: Autores.

En la tabla 30 se observa el análisis aplicado a las diferentes tecnologías consideradas, los colectores de mayor eficiencia son los Cilindro parabólicos, pues su característica permite elevar el sistema a altas temperaturas sin requerir una radiación solar muy alta, esta producción energética va paralelo al aumento de temperatura interna del sistema.

A raíz de lo visto, los colectores cilindro parabólicos son los de mejor generación de energía sin embargo se requiere analizar otras características que pueden ser determinantes a la hora de adoptar un tipo de tecnología por parte del H.U.S.

AL implementar este tipo de sistemas se busca una eficiencia no solo energética, también se busca causar un impacto positivo al medio ambiente, a continuación se expone la tabla 31 donde se expone el resultado del análisis realizado previamente a las diferentes tecnologías.

En la tabla 32 se observa los rangos asignados para la calificación, basado en la distribución de los valores obtenidos en los cálculos.

Tabla 32. Rango de calificación para la tabla 31 en reducción de CO₂.

Reducción emisiones CO ₂ (ton CO ₂ /mes)	Calificación
menor a 26	1
de 26,1 a 28	2
de 28,1 a 32	3

Fuente: Autores

En la tabla 33 se asigna el rango calificativo de la reducción de consumo de energía primaria, basado en la distribución de los valores obtenidos

Tabla 33. Rango de calificación para la tabla 31 en reducción de CO₂.

Reducción de consumo energía primaria (TEP/mes)	Calificación
menor a 14	1
de 14 a 15	2
de 15 a 17	3

Fuente: Autores

Tabla 34. Matriz resultado del análisis ambiental (reducción emisiones y reducción de consumo energético).

Tecnología tipo de colector	Marca	Resultado Análisis Ambiental			
		Reducción emisiones CO ₂ (ton CO ₂ /mes)		Reducción de consumo energía primaria (TEP/mes)	
Placa plana	KIOTO	23,2	1	12,15	1
Placa plana	SUMISERAN	24,86	1	13,02	1
Placa plana	ECOSUN	25,48	1	13,34	1
Tubos al Vacío	RITTER SOLAR	26,64	2	13,95	2
Tubos al Vacío	TERMAL	26,76	2	14,01	2
Tubos al Vacío	ANWO	25,42	1	13,31	1
Cilindro parabólico	SMIRRO	29,07	3	15,91	3
Cilindro parabólico	TECGEN	31,64	3	16,57	3
Cilindro parabólico	EUROTHROUGH	29,7	3	16,25	3

Fuente: Autores.

En la tabla 34 se encuentra el análisis ambiental realizado a los colectores evaluados, para poder obtener un resultado conciso se evalúan dos parámetros determinantes, la cantidad de emisiones de CO₂/mes y la reducción de consumo energía primaria TEP/mes (TEP. Tonelada equivalente de petróleo).

El primer parámetro se evaluó por la mayor cantidad de toneladas de CO₂ que el sistema no produce, como resultado se obtuvo que los colectores de cilindro parabólicos eran los de mayor reducción de CO₂, seguido de los colectores de tubos al vacío, y finalmente los colectores de placa plana, que si bien logran reducir las emisiones, se clasificó del sistema que mas toneladas logra reducir, al que menos lo hace. La diferencia entre un sistema y otro esta en 8,4 Ton CO₂/mes.

Para el caso del consumo de energía primaria, se calificaron los sistemas del que más TEP/mes reducía, al que menos. Los resultados son similares, pues los sistemas de mejor resultado fueron los colectores cilindro parabólicos y los que menos resultados obtuvieron, fueron los colectores de placa plana, sin embargo al grupo de los sistemas con calificación más baja se encontró un colector que utiliza tubos al vacío. La diferencia mensual de toneladas reducidas entre el colector menos eficiente al más eficiente, fue de 4,42 TEP/mes.

A continuación se obtiene la tabla 36, donde se expone el resultado del análisis financiero el cual está dado por los años en los que se recupera la inversión por la compra del sistema, a partir de un promedio en el que se podrá obtener ganancias con la implementación del sistema teniendo en cuenta que este tiene un tiempo de vida de tan solo 20 años y que la garantía es de 10 años para la mayoría de los sistemas encontrados en el mercado.

La tabla 35 contiene los valores de la calificación asignada a los rangos obtenidos basados en los valores obtenidos en los cálculos.

Tabla 35. Rango de calificación para el análisis financiero.

Rango del análisis financiero Años de recup. Inversión	Calificación
mayor a 9	1
entre 6 y 9	2
menor a 6	3

Fuente: autores

Tabla 36. Matriz resultado del análisis Financiero (recuperación de la inversión).

Tecnología tipo de colector	Marca	Resultado análisis financiero Años de recuperación de la Inversión	
Placa plana	KIOTO	10,6	1
Placa plana	SUMISERAN	8,1	2
Placa plana	ECOSUN	9,2	1
Tubos al Vacío	RITTER SOLAR	9,3	1
Tubos al Vacío	TERMAL	2,8	3
Tubos al Vacío	ANWO	7,9	2
Cilindro parabólico	SMIRRO	12,4	1
Cilindro parabólico	TECGEN	2,3	3
Cilindro parabólico	EUROTHROUGH	4,9	3

Fuente: Autores.

Los colectores han sido evaluados a través del software RetScreen el cual nos permite ver un promedio de los tiempos de recuperación de la inversión, en la tabla 36, se ha expuesto el resultado de este cruce de datos. Como se observó Los colectores Tecgen y Eurothrough son los colectores con mejor recuperación de inversión, pues el tiempo máximo de retorno es menor a 5 años, siendo solo la tercera parte del periodo de vida del sistema, seguidos del colector Anwo y el Sumiseran, menores a 8 años de recuperación de esta inversión. Los demás sistemas presentan recuperación mayor a 9 años, lo que se considera de alto riesgo financiero invertir en sistemas que no se recuperan económicamente en un tiempo estimado de 8 años, y para reducir la probabilidad de pérdidas financieras, se recomienda optar por sistemas que tengan un retorno menor a 5 años.

Tabla 37. Evaluación resultados análisis.

Tecnología	Resultado análisis técnico	Resultado análisis ambiental	Resultado análisis financiero	Resultado
KIOTO	1	1	1	1
SUMISERAN	1	1	2	1
ECOSUN	1	1	1	1
RITTER SOLAR	1	2	1	1
TERMAL	2	2	3	2
ANWO	1	1	2	1
SMIRRO	2	3	1	2
TECGEN	2	3	3	3
EUROTHROUGH	3	3	3	3

Fuente. Autores

Como resultado de los diferentes métodos ya expuestos en el presente documento, se observa que tan solo dos de los nueve colectores seleccionados para realizar la valoración de parámetros establecidos sobresalen sobre los demás con la mejor calificación al ofrecer datos que prometen ser sistemas altamente efectivos, sin embargo no se debe menos preciar los 2 colectores siguientes pues si bien presentan algunos datos bajos, de igual manera pueden considerarse buenos sistemas que ayuden alcanzar los objetivos de implementar estos sistemas, la rentabilidad financiera, la disminución del consumo de recursos, la mejora continua en los procesos, el buen nombre de la institución y el compromiso ambiental que ello implique.

La elección del mejor sistema estará en manos de la institución que dará su criterio para otorgar la distribución de porcentajes a cualquiera de los 3 determinantes para elegir el mejor sistema, para este caso se han distribuido en el mismo nivel de importancia calificativa, es decir cada parámetro (técnico, ambiental y financiero) equivale al 33,33% de la valoración final para un total del 99,9% de la evaluación final.

Finalmente se resalta que el anterior proceso se ha realizado con el fin de determinar un procedimiento y sentar las bases para que el H.U.S. pueda implementar este tipo de sistemas en sus instalaciones cuando lo considere necesario, las marcas y compañías involucradas en el trabajo no implica ningún tipo de compromiso o estándar y la institución es libre de valorar los sistemas y las marcas que considere pertinentes para la implementación de estos sistemas generadores de energía.

11 CONCLUSIONES

- Dentro de la caracterización de los datos de consumo promedio del Hospital Universitario la Samaritana, el comportamiento de m^3 de gas natural utilizado para la operación de la caldera, demostraron que este realiza un consumo anual alrededor de los 10.236 m^3 , valor calculado a partir del histórico de consumos mensuales durante seis años. Teniendo en cuenta que este consumo es el registrado por el contador de gas con el que cuenta el hospital, y por consiguiente se desconoce la cantidad exacta consumida por la caldera.
- Una vez se realizaron los cálculos respectivos, y de acuerdo a las diferentes graficas realizadas en este ítem, se observa una relación directamente proporcional entre el consumo de gas natural y la cantidad de emisiones realizadas por mes; claro ejemplo de ello, es el mes de septiembre donde se presentó el mayor consumo de gas y al mismo tiempo la mayor cantidad de emisiones. Caso similar en el periodo de menor consumo, que para este caso es Diciembre, siendo el de menor aporte de emisiones de CO_2 al medio ambiente.
- Los valores de energía total que es capaz de producir los colectores y de acuerdo a los resultados obtenidos en cada una de las evaluaciones realizadas para los diferentes tipos y fabricantes, evidenciaron que existen variables que definen dicho rendimiento, tales como el porcentaje de eficiencia y el área superficial de absorción de radiación, de allí los índices de mayor producción en los colectores cilindro parabólicos, y los menores en los de placa plana.
- La evaluación ambiental de los colectores térmicos solares evidenció que su implementación puede generar reducciones de cerca de $4,57 \text{ Ton CO}_2/\text{año}$ y el uso de energía primaria se reduce en promedio en $32,51 \text{ TEP/mes.}$ con ello se considera que de ser posible su implementación dentro del hospital, los beneficios logrados por esta alternativa luego de algunos años serán importantes dentro del nivel competitivo e imagen del hospital frente a otras unidades prestadoras de salud.
- Las alternativas desarrolladas revelaron que las de mejores resultados dentro de las necesidades y condiciones de infraestructura ofrecidas por el hospital son los colectores térmicos solares, y cuya capacidad se evaluó desde tres aspectos, el ambiental, técnico y económico. Obteniendo los colectores térmicos solares cilindros parabólicos marca TEGGEN, ofrecen los mayores beneficios dentro de los aspectos evaluados.
- De acuerdo a las operaciones realizadas y basadas en los consumos mensuales promedio de gas natural, se obtuvieron resultados que evidenciaron reducciones del 14.9% en consumo de gas natural en el año, donde se encontró que los colectores marca EUROTHROUGH son los de mayor ahorro con $1525,7 \text{ m}^3$, seguidos por los colectores marca TEGGEN con $1330,6 \text{ m}^3$. Demostrando que la implementación de estas tecnologías alternativas, optimizan la operación de la caldera y por ende los costos del servicio de gas natural serian menores a los actuales.

- Del análisis realizado, los colectores solares de Placa plana son ideales en características como costos ya que se encuentran entre \$ 1'500.000 COP y \$ 3'000.000, y su disponibilidad ya que se puede encontrar en las diferentes ciudades del país, sin embargo estas características no son suficientes para elegir esta tecnología como la mas adecuada para el hospital, ya que su capacidad es limitada y necesita de un tiempo prudente para generar calor al agua, pues estos colectores solo funcionan correctamente si los rayos solares se relejan de forma directa, es decir que en días nublados, no generan suficiente energía.
- De los colectores de Tubos al Vacío analizados se encontró que su disponibilidad en Colombia puede estar limitada pues solo un colector (Termal), es comercializado a nivel nacional, los otros solo se encuentran en países como Ecuador y Chile, adicional a esto su capacidad no es muy alta ya que se maneja una capacidad de 1,5 a 3 litros por minuto, siendo sistemas lentos en aso de requerirse una capacidad mayor a 250 litros por hora de agua, por otro lado se encontró que estos colectores no son muy costosos, si se realizara una compra directa pero como se debe pagar envíos desde otro país el precio puede aumentar, y la garantía esta dada por 10 años, sin embargo estos colectores tienen una longevidad de 20 años cada uno, son de fácil manejo, instalación y mantenimiento.
- Los colectores Cilindro parabólicos presentan una buena capacidad de agua para calentar, la garantía la cual va a los 10 años y en la mayoría de empresas incluye mantenimientos, sin embargo hay que tener en cuenta que la disponibilidad en Colombia es muy limitada, este tipo de sistemas se implementan en proyectos acordados con la empresa y la entidad prestadora del servicio, lo que podría conllevar a buenos términos o podría no ser tan efectivo, por otra parte hay empresas que venden los colectores sin necesidad de acuerdos o permanencias, sin embargo estas empresas no se encuentran en el país, la compra se realiza desde otro país como Alemania o estados unidos y finalmente los costos podrían ser elevados mas aun si no se encuentran empresas reconocidas o de renombre que garanticen un buen servicio, a nivel nacional.
- La radiación solar de la zona no cambia notablemente de un día para otro (de 3 a 4,5 kWh/m²), esto permite contar con unos valores promedios diarios de suministro de energía por parte del colector que se desee instalar, pues si bien no es muy alta, la constancia permite determinar qué tipo de tecnologías conviene utilizar para la generación de energía térmica.
- Se recomienda realizar estudios previos acerca de cogeneración energética, pues este tipo de proyectos podrían reducir considerablemente las inversiones que requiere cualquier sistema de generación energética si se trata por separado, integrando funcionalidad y recursos.
- Los colectores cilindro parabólicos presentan una mayor eficiencia a nivel ambiental y técnico, en los esquemas financieros, si bien produce un buen retorno (menor a 5

años), se debe considerar que solo depende de los recursos presentes para invertir, pues son de alto costo inicial.

- Se requiere fortalecer este tipo de esquemas en el país, pues si bien se pueden encontrar casos de éxito en la implementación de estos sistemas, es difícil encontrar un comercio amplio en colectores solares, al implementar esta tecnología en las entidades públicas, se puede obtener no solo ganancias económicas o ambientales, también se lograría un fortalecimiento en conocimientos por parte de la comunidad y por consiguiente a nivel comercial, abriendo una línea poco explorada en el país.
- Actualmente se puede encontrar varios tipos de colectores, elaborados de diferentes maneras, lo que permite encontrar sistemas más económicos y con mayor eficiencia, sin embargo requieren de ciertos estudios previos, pues en muchas ocasiones no se encuentran diseñados para suplir las necesidades de una gran cantidad de demandas que se puedan presentar.

12 REFERENCIAS

- Acueducto de Bogotá. (2013). *Agua, alcantarillado y aseo de Bogotá* . Obtenido de <http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/portal>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2015). *Bogota.gov.co - portal oficial de la ciudad*. Obtenido de <http://www.bogota.gov.co/>
- APPA. (2015). *Asociación de Empresas de Energía Renovable*. Obtenido de http://www.appa.es/04biomasa/04_tecnologias.php
- Bogota Plaza Summit Hotel. (2015). *Bogota Plaza*. Obtenido de <http://www.bogotaplazahotel.com/>
- CAR. (2013). *Boletín Hidrometeorológico No 13*. Cundinamarca.
- CEGA. (2015). *Centro de Excelencia Geotermia de los Andes*. Obtenido de www.cega.ing.uchile.cl
- CEPAL. (2003). *Conferencia Regional para América Latina y el Caribe 002 0sobre Energías Renovables* . Brasilia.
- CIR. (2008). *Panel de tubo al vacío*. Montevideo.
- CIR. (2008). *Panel de tubo al vacío*. Montevideo.
- Claros, F. M. (2011). *Colector solar de placa plana desarrollado en la universidad nacional*. Bogotá .
- CMNUCC. (2015). *la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático* . Obtenido de <http://newsroom.unfccc.int/es/contacto/>
- CODENSA. (2015). *Twenergy*. Obtenido de www.Twenergy.com
- COIAANPV. (2015). *Colegio Oficial de Ingenieros Agronomos de Aragon*. Obtenido de <http://www.coiaanpv.org>
- Comisión de Regulación de Energía y Gas. (21 de Junio de 2007). *Reoslución 054. Reoslución 054*. Bogotá D.C., Colombia.
- CORPOEMA & UPME. (2010). *Formulacion de un plan de edsarrollo para las fuentes no convencionales de energia en Colombia* . Bogotá.
- CORPOEMA. (30 de Diciembre de 2010). *UPME*. Obtenido de www.upme.gov.co/Sigic/DocumentosF/Vol_2_Diagnostico_FNCE.pdf
- CREG. (2007). *Resolucion CREG 154 de 1997 articulo 1, establecio por resolucion 054 del 2007*. Bogotá.
- CREG. (2015). *Comision y Regulacion de Energia y Gas*. Obtenido de <http://www.creg.gov.co/>
- Diez, P. F. (2009). *Biblioteca Sobre energia electrica*. Obtenido de <http://es.pfernandezdiez.es/index.php?pageID=12>
- Electric, S. (2009). *Guía de eficiencia energetica "La Eficiencia energetica garantiza la buena salud financiera de los hospitales"*. España.
- españa, R. e. (2015). *Red electrica de España*. Obtenido de www.ree.es/es/
- Europea, U. (2012). *Guía energia renovables para hospitales Europeos*. UE.
- FENERCOM. (2010). *Guía de ahorro y eficiencia energetica en hospitales*. Madrid: Imprime.
- Honty, G. (2001). *Impactos ambientales del sector energético en el Mercosur diagnóstico y perspectivas*. Montevideo.
- HUS. (2014). *Hospital Universitario La Samaritana* . Obtenido de <http://www.hus.org.co/>
- Hybrytech S.A.S. (2015). *Colectores*. Obtenido de http://www.hybrytec.com/wf_prod_por_tipo.aspx?id=12&nomb=Calentadores.
- Ibañez Plana, M. (2005). *Tecnología Solar*. Madrid: Ediciones Mundi-prensa.

- IDAE. (2015). *Instituto para la Diversificación y ahorro de la energía*. Obtenido de <http://www.idae.es/index.php/idpag.233/reلمenu.321/mod.pags/mem.detalle>
- IGAC. (2015). *Geoportal IGAC*. Obtenido de <http://geoportal.igac.gov.co/ssigl2.0/visor/galeria.req?mapald=19>
- IPCC. (2002). *Cambio Climático y Biodiversidad*. Australia: CBD.
- IPCC. (2007). *Cambio Climático: informe de síntesis*. Ginebra.
- Jorge Orozco el PAis . (6 de 6 de 2014). *El pais.com*. Obtenido de <http://www.elpais.com.co/elpais/calí/noticias/hospital-canaveralejo-primer-centro-salud-ecologico-cali>
- Karliner, J., & Guenther, R. (2011). *Agenda Global para hospitales verdes y saludables*.
- Kearny, D. (2007). *Parabolic Trough Collector Overview*. Nevada.
- Kioto Solar Energy. (2015). *Colector solar térmico plano*. Obtenido de <http://www.archiexpo.es/prod/kioto-clear-energy/colector-solar-termico-plano-51895-394485.html>
- MADS. (2014). *Boletín*. Obtenido de http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/documentos/Boletín_Hospitales_Verdes1.pdf
- MADVT . (2010). *Política nacional de producción y consumo sostenible*. Bogotá .
- Medios Digitales de Comunicación Especializada. (2011). *energía diario*. Obtenido de <http://www.energiadiario.com/publicacion/spip.php?article18113>
- Ministerio de Minas y energía . (2010). *Programa de Uso racional y eficiente de energía y fuentes no convencionales en Colombia*. Bogotá .
- Ministerio de minas y energía. (03 de Octubre de 2001). ley 697 del 2001. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Minas y Energía. (2015). *Minminas*. Obtenido de <http://www.minminas.gov.co/>
- OMS. (2006). *Constitución de la Organización Mundial de la Salud*.
- OMS. (2008). *Hospitales saludables, planeta saludable, personas saludables-*. Ginebra.
- OMS. (2015). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <http://www.who.int/es/>
- Organización Internacionalización de Normalización ISO. (2011). *ISO 50001: 2011*. Suiza: Copant.
- Perez, D. G. (2005 - 2014). ¿ Como promover el interés por la cultura científica? En U. d. Valencia, ¿ *Como promover el interés por la cultura científica?* (pág. 24). Santiago de Chile: OREAL.
- Perez, L. B. (2013). *Cubasolar*. Obtenido de Calentador solar de tubos al vacío: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/energia39/html/articulo02.htm>
- Perez, L. B. (2013). *Cubasolar*. Obtenido de Calentador solar de tubos al vacío: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/energia39/html/articulo02.htm>
- Porrua, M. E. (2001). Cambio climático global: causas y consecuencias . *INEGI*, 16.
- Portafolio - CEET. (2014). *Portafolio*. Obtenido de <http://www.portafolio.co/economia/inflaci%C3%B3n-Colombia-Abril-2014>
- RETscreen. (2014). *Natural resources Canada*. Obtenido de <http://www.retscreen.net/>
- salud sin daño. (2015). *Salud Sin Daño - América Latina*. Obtenido de <https://saludsindanio.org/>
- San Vicente Fundación. (2014). *San Vicente Fundación, centros especializados*. Obtenido de <http://centrosespecializados.sanvicentefundacion.com/site/>
- SEED Schlumberger Excellence in Education Development. (2015). *Fuentes de energía alternativa: Energía Solar*. Obtenido de <http://www.planetseed.com/es/relatedarticle/fuentes-de-energia-alternativa-energia-solar>

- Sumiseran S.L. (2014). *Suministros y servicios Andaluces*. Obtenido de Colectores Tubo Vacio : <http://www.sumiseran.es/contents/es/d1.html>
- Tecnica, A. A. (2004). *Fuentes renovables de energia en America latina y elcaribe: Situacion y propuestas de politica*. CEPAL.
- Universidad del Atlantico; Uniautonomia Occidente. (2008). *Sistema de gestion integral de la energia, guia para la implementacion*.
- UPME . (2013). *Atlas de radiacion solar*. Bogota.
- UPME. (2010 - 2013). *Plan Nacional de Energia*. Bogotá .
- UPME. (2015). *SGI&C - FNCER*. Obtenido de www1.upme.gov.co
- UPME. (2015). *Unidad de planeacion minero energetica*. Bogotá.
- UPME. (s.f.). *SIMEC*.
- UPME; Colciencias. (2006). *Herramientas para el analisis de caracterizacion de la eficiencia energetica* . Barranquilla.
- Vaquiroy, J. D. (2012). *Tasa Interna de Retorno*. Obtenido de <http://www.pymesfuturo.com/tiretorno.htm>
- Velasco, J. G. (2009). *Energias Renovables*. Barcelona: Reverté.
- verdes, H. (2014). *Salud Capital*. Obtenido de http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/documentos/Boletin_Hospitales_Verdes1.pdf
- Villaluz, J. J. (Diciembre de 1999). La madurez tecnologica en la industria de la petroquimica. Mexico D.F., Mexico.

ANEXO 1

FICHAS TÉCNICAS DE COLECTORES

ANEXO 2
ATLAS DE RADIACIÓN SOLAR
COLOMBIA