

SUSTITUCIÓN DE CHILLERS POR SISTEMA DE AIRE
ACONDICIONADO CON TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN DE
CALOR EN LOS MÓDULOS HABITACIONALES DEL CAMPAMENTO
PRINCIPAL DEL CAMPO CAÑO LIMÓN

ANA MARÍA HERNÁNDEZ LÍPEZ
JHON ALEXANDER URIBE LÓPEZ



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE RECURSOS ENERGÉTICOS
PROMOCIÓN XV
BUCARAMANGA
2013

SUSTITUCIÓN DE CHILLERS POR SISTEMA DE AIRE
ACONDICIONADO CON TECNOLOGÍA DE RECUPERACIÓN DE
CALOR EN LOS MÓDULOS HABITACIONALES DEL CAMPAMENTO
PRINCIPAL DEL CAMPO CAÑO LIMÓN

ANA MARÍA HERNÁNDEZ LÍPEZ
JHON ALEXANDER URIBE LÓPEZ

Monografía de grado para optar al título de
Gerente de Recursos Energéticos

Director
Dr. Germán Oliveros
Profesor Julio Paba



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE RECURSOS ENERGÉTICOS
PROMOCIÓN XV
BUCARAMANGA
2013

Nota de aceptación:

Presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga, Abril 26 de 2013

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	11
2. MARCO DE REFERENCIA	12
2.1 DESCRIPCIÓN DE INTERCAMBIADORES DE CALOR, COMPARACIÓN CON EL SISTEMA CHILLER	12
2.1.1 Sistema bomba de calor	12
2.1.2 Equipo para aplicación en el proyecto: bomba de calor aerotérmica- multisplit-reversible	17
2.1.3 Ventajas de la bomba de calor frente al sistema chiller	18
2.2 MARCO CONTEXTUAL	19
2.2.1 Consumos eléctricos de los equipos del sistema actual.....	19
2.2.2 Ejecución del mantenimiento de sistema actual	21
3. ESTUDIO TÉCNICO.....	22
3.1 ANÁLISIS PRELIMINARES.....	22
3.2 INGENIERÍA BÁSICA DEL PROYECTO	24
3.3 SELECCIÓN Y COSTOS DE COMPRA E INSTALACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO	24
3.3.1 Equipos a instalar	24
3.3.2 Costo de las obras a realizar	27
4. ESTUDIO FINANCIERO	28
4.1 ESTABLECIMIENTO DE LA LÍNEA BASE	28
4.1.1 Costos por compra de energía con equipo actualmente instalado	28
4.1.2 Costos de mantenimiento con equipo actualmente instalado	28
4.1.3 WACC.....	29
4.2 DETERMINACIÓN DE BENEFICIOS Y COSTOS ASOCIADOS AL PROYECTO.....	30

4.2.1	Inversión en compra de equipos, repuestos e instalación.....	30
4.2.2	Costos por compra de energía con nuevo equipo	30
4.2.3	Costos de mantenimiento con nuevo equipo	31
4.3	ESTABLECIMIENTO DEL ESCENARIO Y PARÁMETROS DE LA EVALUACIÓN	32
4.4	FLUJO DE CAJA INCREMENTAL DEL PROYECTO E INDICADORES..	33
4.4.1	Flujo de caja incremental del proyecto.....	33
4.4.2	Indicadores de rentabilidad del proyecto	35
4.5	ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES Y RIESGOS ASOCIADOS A LA INVERSIÓN	36
5	CONCLUSIONES	37
	BIBLIOGRAFÍA	39
	CYBERGRAFÍA	40

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Fuentes de calor habituales para implementación de bombas de calor .	14
Tabla 2. Comparación características chiller vs. bomba de calor	18
Tabla 3. Comparativo de precios de equipos ofertados	25
Tabla 4. Inversión por compra de equipos	25
Tabla 5. Comparativo de propuestas "Obras de construcción a realizar en cambio de sistemas"	27
Tabla 6. Costo anual de energía por módulo habitacional- sistema actual	28
Tabla 7. Costo anual del mantenimiento por módulo habitacional - sistema actual	29
Tabla 8. Inversión requerida para la implementación del nuevo sistema	30
Tabla 9. Costo anual de energía por módulo habitacional - sistema propuesto ...	31
Tabla 10. Costo anual del mantenimiento por módulo habitacional - sistema propuesto	31
Tabla 11. Flujo de caja incremental del proyecto	34
Tabla 12. Indicadores de rentabilidad del proyecto	35
Tabla 13. Tasas Vs. VPN.....	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Componentes bomba de calor aire-agua	9
Figura 2. Esquema general de funcionamiento de una bomba de calor	12
Figura 3. Tipos de bombas de calor	16
Figura 4. Potencia promedio consumida por la unidad Chiller de cada módulo habitacional	19
Figura 5. Potencia promedio consumida por los veinte dos fan coils de cada módulo habitacional	20
Figura 6. Potencia promedio consumida por los diez calentadores del módulo habitacional	20
Figura 7. Plano habitación campamento principal caño limón	22
Figura 8. Resultados del programa para cálculo de Ton de Refrigeración por módulo habitacional	26
Figura 9. Análisis de sensibilidades	36

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Flujos de fondos, sensibilidades, costos de energía y mantenimiento

ANEXO B. Mediciones consumo energético Chiller, Fan coil y calentadores

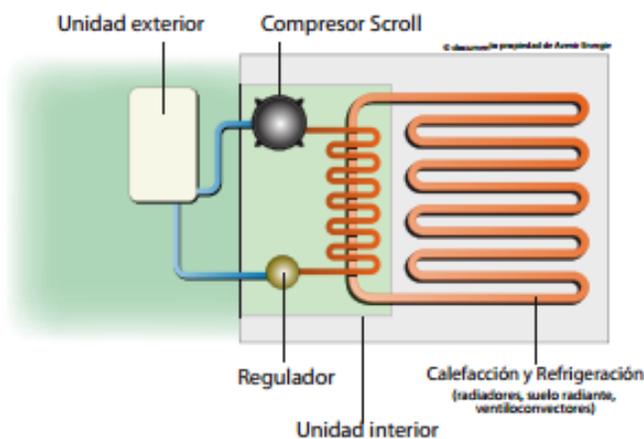
Nota: Los anexos están contenidos en el CD de la monografía.

INTRODUCCIÓN

“Los sistemas basados en Bombas de Calor aire-agua aprovechan la energía del ambiente para convertirla en frío, calor y agua caliente sanitaria (a.c.s.).

El sistema se compone de 2 unidades, una unidad exterior con todos los elementos necesarios para poder absorber la energía de aire exterior y una unidad interior que posee un módulo hidráulico con distintas variantes en función del beneficio requerido: climatización o servicio de a.c.s.

Figura 1. Componentes bomba de calor aire-agua



Fuente: Manual del usuario para bombas de calor aerotérmicas de tipo aire-agua. Avenir Energie

La unidad exterior es un equipo compacto diseñado para instalarse en el exterior del recinto, que contiene los siguientes elementos: un compresor hermético modulante por frecuencia con tecnología Inverter DC, válvulas de expansión, válvulas de cuatro vías para configurar su funcionamiento reversible, un intercambiador de aletas de alto rendimiento aire-agua que funcionara como condensador o evaporador dependiendo del modo de operación de la Bomba de Calor (refrigeración o calefacción) por donde circula el refrigerante absorbiendo o cediendo temperatura, y otro intercambiador completamente aislado del exterior donde el refrigerante que circula por este circuito hermético cede o absorbe el calor del agua del circuito primario del interior de las estancias a climatizar. Este circuito cerrado contiene refrigerante R410a que viene cargado de fábrica.

La unidad interior permite distribuir el frío o calor en el recinto a través de un modulo hidráulico con distintas variantes en función de las necesidades: Integrar la climatización y producción de a.c.s. Climatizar aprovechando un sistema ya existente para la producción de a.c.s. Solo climatizar con un equipo frío-calor totalmente autónomo.

Todo son ventajas:

- Las Bombas de Calor aire/agua, con mayores índices de rendimiento y compatibles con otros sistemas de calentamiento ya existentes en el recinto, se caracterizan por su fácil instalación y mantenimiento. En la instalación entre la unidad interior y exterior no es necesario utilizar gas refrigerante, lo que facilita la instalación al no requerir un técnico en refrigeración.
- Las Bombas de Calor aire-agua que permiten un abastecimiento térmico libre de emisiones de CO₂ en el punto de consumo, tampoco utilizan combustibles líquidos o gaseosos, por lo que no requieren adaptarse a las condiciones limitadoras de otros generadores que utilizan estos combustibles convencionales ni seguir pautas en la evacuación de gases de la combustión, facilitando su instalación e integración en un edificio.
- Los niveles de ruido en el exterior también son muy reducidos, 43 dB a 2 metros de distancia de la unidad exterior trabajando al máximo de su potencia o velocidad del ventilador.

Tecnología de futuro que cuida el medio ambiente con una elevada eficiencia energética:

- El cuidado del medio ambiente gracias al uso de una fuente de energía renovable.
- Una energía gratuita que nos hace depender menos del aumento de los precios de los combustibles fósiles.
- Un sistema rentable con el que se amortizan rápidamente los gastos de instalación, con un mantenimiento mínimo y un impacto positivo sobre el valor de la vivienda”¹.

¹ Documentación de JUNKERS - Confort para la vida, “**BOMBAS DE CALOR AIRE-AGUA** “

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

SITUACIÓN ACTUAL

Seis (6) módulos de campamento principal compuestos por 22 habitaciones cada uno, con una unidad tipo chiller de aire acondicionado y diez (10) calentadores eléctricos de agua para cada módulo.

Obsolescencia tecnológica de los chillers y calentadores de agua instalados, con gran consumo de energía eléctrica y deterioro de la capa de ozono.

Altos costos de mantenimiento preventivo y correctivo en los chillers y calentadores de agua instalados.

OBJETO DEL PROYECTO

Evaluar la alternativa de sustituir los Chillers instalados actualmente en los módulos habitacionales por unidades de aire acondicionado energéticamente eficientes y amigables con el medio ambiente, implementando un intercambiador de calor para aprovechar el aire caliente extraído de las habitaciones en el calentamiento del agua de las mismas, suprimiendo de este modo el uso de los calentadores eléctricos.

BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL CAMBIO

Actualización tecnológica de equipos con menor consumo de energía eléctrica en los módulos habitacionales.

Disminución de la cantidad de horas hombre empleadas en mantenimiento preventivo y correctivo del sistema de aire acondicionado y calentamiento de agua.

Reducción de las emisiones de CO₂ a la atmósfera producto de la operación de los chillers actualmente instalados.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 DESCRIPCIÓN DE INTERCAMBIADORES DE CALOR, COMPARACIÓN CON EL SISTEMA CHILLER

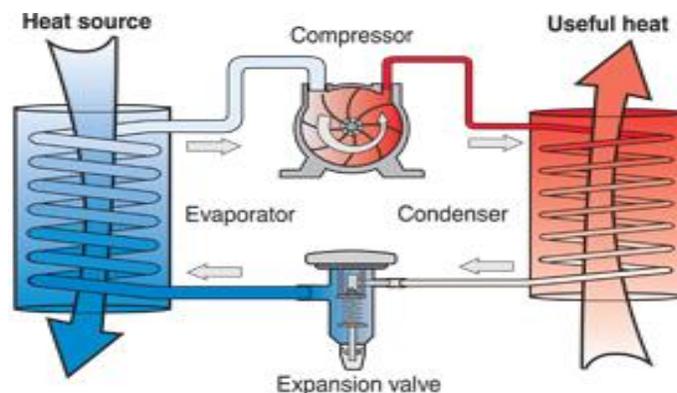
2.1.1 Sistema bomba de calor

¿Qué son?

Las bombas de calor funcionan transfiriendo energía de una gran cantidad de material que está a una temperatura relativamente baja a una cantidad inferior a una temperatura mucho mayor. Normalmente el primero de ellos es el subsuelo o el aire, y el segundo es el sistema de calefacción del edificio.

La energía eléctrica consumida no se utiliza directamente, aunque es necesaria para mover las bombas que permiten que se produzca la transferencia de calor. Este principio se conoce desde hace más de un siglo y funciona exactamente del mismo modo que la extracción de calor de una nevera doméstica y su envío a la parte trasera donde se disipa el calor².

Figura 2. Esquema general de funcionamiento de una bomba de calor



Fuente: <http://www.heatpumpcentre.org>

² Tomado de "Winforres, Las energías renovables en casa".

Las bombas de calor basan su funcionamiento en procesos sin ningún tipo de combustión ni emisiones de gases contaminantes, por lo que no necesitan chimeneas. Los sistemas bien diseñados necesitan sólo de un mantenimiento ocasional y verificar que no existan fugas y la mayoría puede durar más de 50 años.

Una bomba de calor de refrigeración por compresión emplea un fluido refrigerante con un bajo punto de ebullición. Éste requiere energía (denominada calor latente) para evaporarse, y extrae esa energía de su alrededor en forma de calor. El fluido refrigerante a baja temperatura y en estado gaseoso pasa por un compresor, que eleva su presión aumentando con ello su entalpía. Una vez comprimido el fluido refrigerante, pasa por un intercambiador de calor llamado 'condensador', y ahí cede calor al foco caliente, dado que el fluido refrigerante (que ha salido, recordémoslo, del compresor) está aún más caliente que ese foco caliente.

En cualquier caso, al enfriarse el fluido refrigerante en el condensador (gracias a la cesión de calor al foco caliente), cambia su estado a líquido. Después, a la salida del condensador, se le hace atravesar una válvula de expansión, lo cual supone una brusca caída de presión (se recupera la presión inicial). A esa presión mucho menor que la que había en el condensador, el fluido refrigerante empieza a evaporarse. Este efecto se aprovecha en el intercambiador de calor llamado evaporador que hay justo después de la válvula de expansión.

En el evaporador, el fluido refrigerante (a mucha menos presión que la que había en el condensador) empieza a evaporarse, y con ello absorbe calor del foco frío, puesto que el propio fluido está más frío que dicho foco. El fluido evaporado regresa al compresor, cerrándose el ciclo. La válvula inversora de ciclo o válvula inversora de cuatro vías se encuentra a la salida (descarga) del compresor y, según la temperatura del medio a climatizar (sensada en la presión de refrigerante antes de ingresar al compresor), invierte el flujo del refrigerante.

¿De dónde obtienen su energía las bombas de calor?

Ya que todos los sistemas denominados "bomba de calor" utilizan fuentes de calor que se renuevan naturalmente (del suelo, agua o aire), normalmente son considerados energías renovables. Sin embargo, en algunas ocasiones se consideran tecnologías muy eficientes energéticamente, ya que requieren una fuente de combustible convencional (electricidad) para funcionar, a pesar de que producen mucha más energía calorífica que la electricidad consumida. En la siguiente tabla se indican algunas fuentes de calor habituales.

Tabla 1. Fuentes de calor habituales para implementación de bombas de calor

Fuente de calor	Rango de temperatura [°C]
Aire ambiente	-10 a 35
Escape de aire	15 a 25
Agua subterránea	4 a 10
Agua de lago o río	0 a 10
Agua marina	3 a 8
Roca	0 a 5
Suelo	0 a 10
Efluentes y aguas residuales	>10

Fuente: "Winfores, Energía renovables en casa"

La mayoría de las bombas de calor pueden proporcionar refrigeración en verano y calefacción en invierno. Este es el caso de la mayoría de los sistemas que funcionan con aire (por ejemplo los sistemas tipo "invertir", de gran eficiencia), así como algunos sistemas de fuente de suelo donde el ciclo inverso ayuda a reponer el calor que extraen de la tierra en invierno y pueden mejorar la eficiencia global del sistema.

Rendimiento

La cantidad de calor que se puede bombear depende de la diferencia de temperatura entre los focos frío y caliente. Cuanto mayor sea ésta diferencia, menor será el rendimiento de la máquina.

Las bombas térmicas tienen un rendimiento, denominado COP (coefficient of performance) mayor que la unidad. El COP se calcula como Q_c / W , donde Q_c es el calor transmitido al foco caliente o calor extraído del foco frío, y W es la potencia consumida por el compresor de la bomba de calor.

Aunque obtener un COP mayor que la unidad puede parecer imposible, se debe a que en realidad se está moviendo calor usando energía, en lugar de producir calor como en el caso de las resistencias eléctricas. Una parte muy importante de este calor se toma de la entalpía del aire atmosférico. En toda bomba de calor se verifica que el calor transmitido al foco caliente es la suma del calor extraído del foco frío más la potencia consumida por el compresor, que se transmite al fluido. Dado que el efecto útil de una bomba de calor depende de su uso, hay dos expresiones distintas del COP. Si la máquina se está usando para refrigerar un ambiente, el efecto útil es el calor extraído del foco frío; si la bomba de calor está usándose para calentar una zona, el efecto útil es el calor introducido, una bomba de calor típica tiene un COP de entre dos y seis, dependiendo de la diferencia entre las temperaturas de ambos focos. El objetivo es tener un COP tan alto como sea posible. Normalmente el rendimiento estacional se encuentra entre el 2,5 y 4,

lo que significa que las bombas de calor comerciales van a producir entre 2,5 y 4 veces más de energía térmica que la electricidad consumida. Si por ejemplo necesitamos calentar la vivienda una temporada de invierno y la cantidad de calor necesaria es de 10.000 Kw/h, la bomba de calor podría consumir sólo 2.500 kW/H (para un COP = 4).

Aplicaciones de la bomba de calor

- Climatización integral mediante bomba de calor

Es una de las formas más eficientes que existen de calentar o refrigerar una casa. Por tanto, es también una de las formas más económicas.

- Aire acondicionado

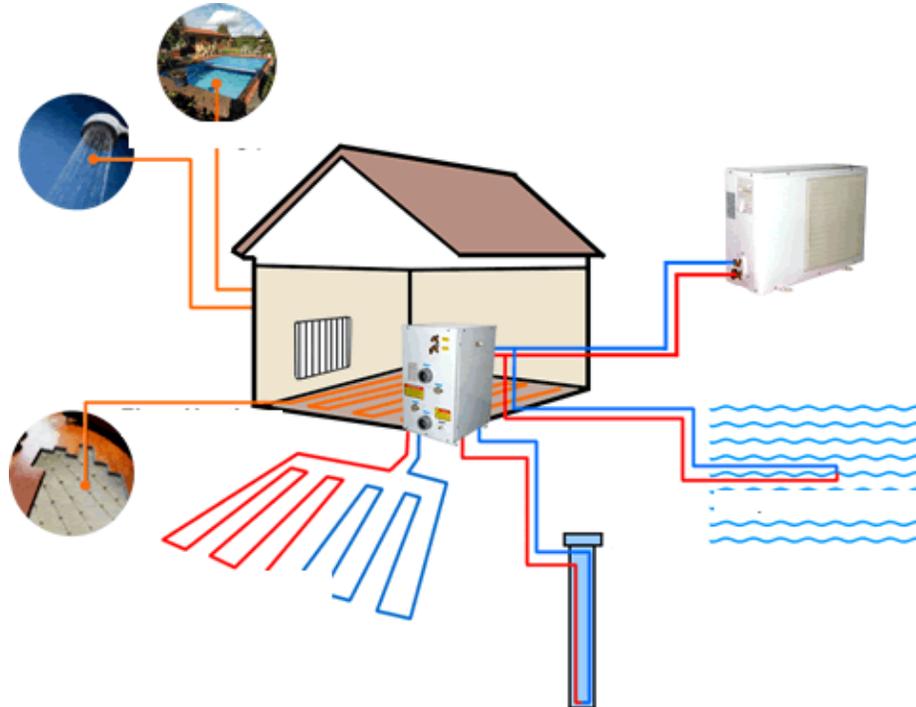
Es el sistema más eficiente que existe para proporcionar aire acondicionado al hogar. Todos tenemos, al menos, una bomba de calor en casa: la nevera.

Tipos de bombas de calor

- Según el medio con el que intercambian el calor
 - Geotérmicas
Basadas en el calor de la tierra (lazo abierto o lazo cerrado)
 - Aerotérmicas
Basadas en la energía contenida en el aire

Los tipos de bombas son mostrados en la figura 3.

Figura 3. Tipos de bombas de calor



Fuente: <http://ecoheatpump.co.uk/home/>

- Según la morfología de la bomba
 - Compactas
Todos los componentes están juntos en una única unidad.
 - Split
Los componentes se separan en una unidad interior y otra exterior, para evitar el ruido del compresor en el interior del local a climatizar.
 - Multisplit
En el interior hay varias unidades para climatizar habitáculos diferentes.
- Según la funcionalidad
 - Reversibles
Pueden calentar y refrigerar.
 - No reversibles
Puede producir calor o frío.
 - Termofrigobombas
Producen ambos a la vez.

2.1.2 Equipo para aplicación en el proyecto: bomba de calor aerotérmica-multisplit-reversible

Las bombas de calor aerotérmicas o de fuente de calor el aire (siglas en inglés ASHP) extraen calor del aire exterior del edificio, trabajando de la misma manera que una unidad de aire acondicionado y funcionando a la inversa para generar calor. Existen bombas de calor que solamente generan calor (dos tubos) y las que generan calor y frío, más habituales en los últimos años (cuatro tubos).

Las bombas de calor aerotérmicas pueden utilizarse para calentar agua en un sistema de calefacción con radiadores, pero la mayoría de sistemas calientan o enfrían el aire directamente y se utilizan para climatización de la habitación donde se instalan. También se utilizan para calentar/enfriar el aire para un sistema centralizado en un edificio y su posterior distribución por el techo. Las bombas de calor de fuente de aire necesitan ventiladores externos al edificio para su funcionamiento, son generalmente más baratas de instalar, ya que rara vez requieren obras externas. Su eficiencia puede ser ligeramente inferior a las geotérmicas (los coeficientes de rendimiento entre 2 y 3,5 son más comunes) y hay que considerar siempre evitar los posibles ruidos molestos de las unidades exteriores.

Las bombas de calor aerotérmicas pueden ser unidades Compactas o tipo Split. Las unidades Compactas son típicamente una caja grande que bien puede ubicarse dentro de un edificio junto a una pared externa, o a corta distancia fuera del edificio. Las unidades tipo Split tienden a ocupar menos espacio dentro del edificio, ya que trabajan con un ventilador montado externamente conectado a través de un circuito de refrigeración sellado que puede estar situado lejos de la unidad interna. Esto también permite una mayor flexibilidad de diseño y las hace generalmente más baratas que los sistemas compactos.

2.1.3 Ventajas de la bomba de calor frente al sistema chiller

Tabla 2. Comparación características chiller vs. bomba de calor

SISTEMA CHILLER	BOMBA DE CALOR
<ul style="list-style-type: none">▪ Mayor consumo de energía.▪ Perdida de calor disipado.▪ Contaminación auditiva superior a estándares permisibles.▪ Uso de refrigerantes contaminantes para el medio ambiente.	<ul style="list-style-type: none">▪ Menor consumo de energía, debido a la alta eficiencia energética que permite ahorros en kW/h.▪ Aprovechamiento de calor disipado, generación de agua caliente con el mismo sistema.▪ Climatización integral con uso de recursos renovables.▪ Bajo nivel de ruido con estándares permisibles.▪ Uso de refrigerante ecológico.

Fuente: "Winfores, Energía renovables en casa"

2.2 MARCO CONTEXTUAL

2.2.1 Consumos eléctricos de los equipos del sistema actual

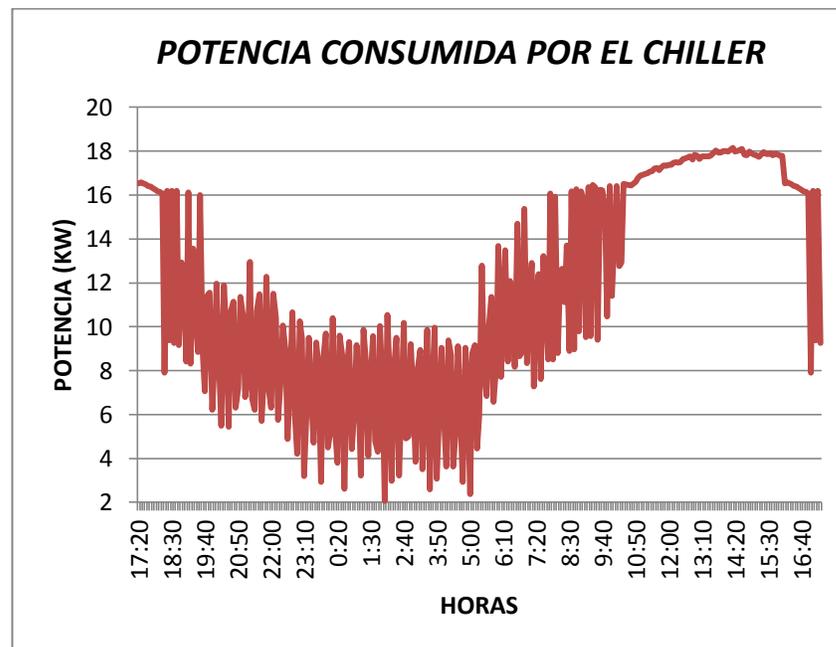
Cada módulo habitacional del campamento principal de Caño Limón está conformado por 22 habitaciones.

El sistema de aire acondicionado y agua caliente actual está conformado por los siguientes equipos:

- Una (1) Unidad Chiller con capacidad 180.000 BTU/H, 220V.
- Veintidós (22) fan coils por módulo, uno (1) por habitación.
- Diez (10) calentadores eléctricos con capacidad de 15 gal, 220V.

Durante varios días fueron tomados registros de los consumos eléctricos de los equipos anteriores en uno de los módulos habitacionales³ a partir de los cuales fueron obtenidas las siguientes gráficas de potencia promedio consumida por cada uno de los equipos. Con ellas fue calculada la energía consumida por el sistema, en la sección 4.1.

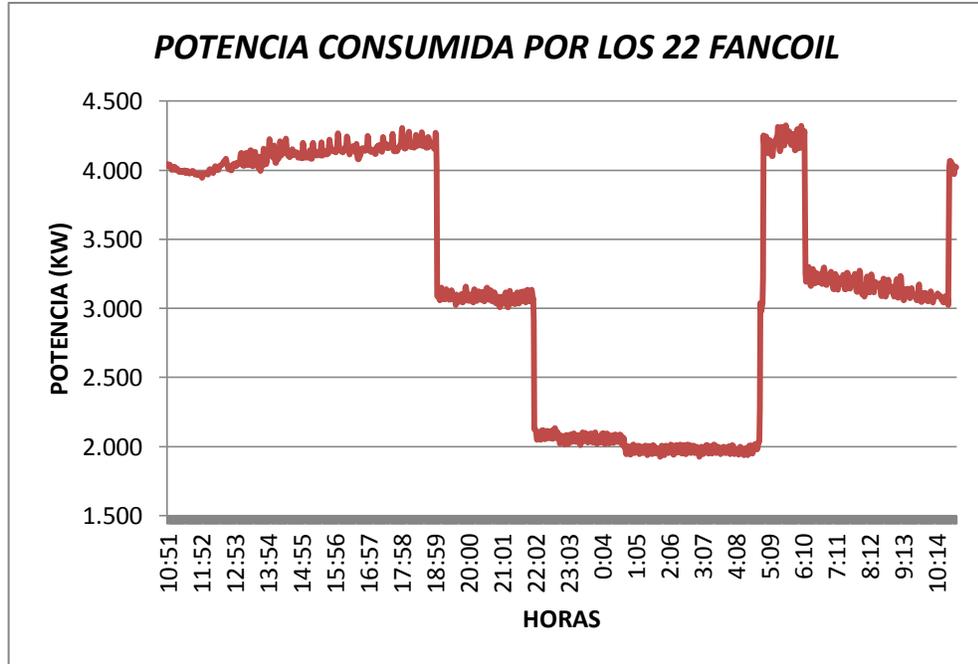
Figura 4. Potencia promedio consumida por la unidad Chiller de cada módulo habitacional



Fuente: Autores del proyecto

³ ANEXO B. Mediciones consumo energético Chiller, Fan coil y calentadores

Figura 5. Potencia promedio consumida por los veinte dos fan coils de cada módulo habitacional



Fuente: Autores del proyecto

Figura 6. Potencia promedio consumida por los diez calentadores del módulo habitacional



Fuente: Autores del proyecto

2.2.2 Ejecución del mantenimiento de sistema actual

Los costos actuales del mantenimiento preventivo de los equipos Chiller, de los fan coils y de los calentadores de agua obedecen a las frecuencias y duraciones que se tienen establecidas para las rutinas.

En la ejecución del mantenimiento correctivo es empleado, según históricos, un 20% de las horas hombre de preventivo, por la obsolescencia de los equipos. Este detalle de costos es mostrado en la sección 4.1.

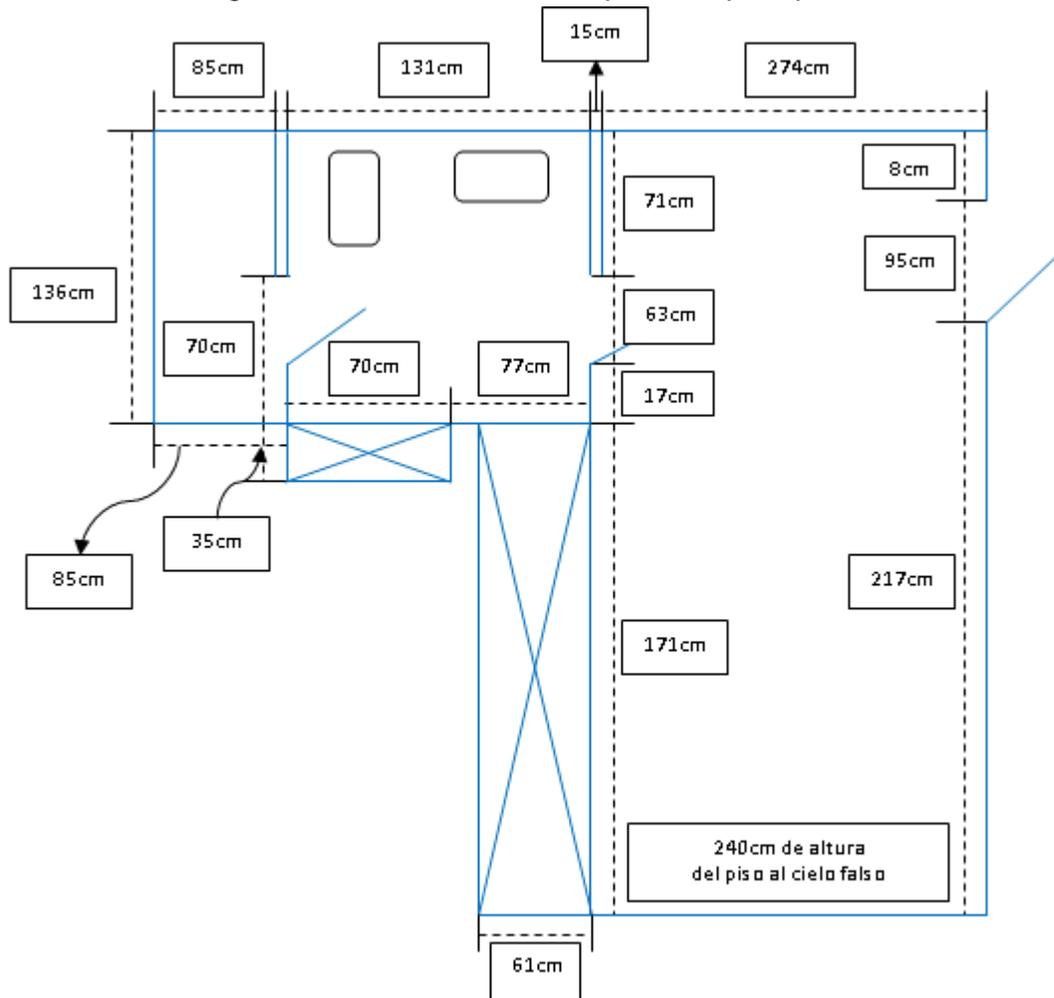
3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1 ANÁLISIS PRELIMINARES

A continuación se detallan los componentes, dimensiones, capacidades e información relevante acerca de los equipos del sistema actual de aire acondicionado y calentamiento de agua:

- Número de habitaciones por módulo: 22
- Dimensiones de cada habitación:

Figura 7. Plano habitación campamento principal caño limón



Fuente: Autores del proyecto

- Carga térmica de cada habitación:

Dos (2) personas máximo

Dos (2) bombillos ahorradores de 25W

Una (1) nevera de 1/10 HP / 120Vac

Un (1) TV 120Vac

Cuatro (4) salidas de 120Vac para computador portátil, grabadora, cargadores de baterías.

- Datos calentadores de agua:

Diez (10) calentadores por módulo habitacional (1 por cada 2 habitaciones)

Marca HACEB

Capacidad de 15 galones

Potencia 1800W

Voltaje 220/240 Vac

- Datos del sistema de aire acondicionado:

Unidad Chiller

Uno (1) por cada módulo habitacional

Capacidad 180.000 BTU/H

208 / 230 Vac

80.2 Amperios

Motor Fan No1

$\frac{3}{4}$ HP / 220 Vac

Motor Fan No2

$\frac{3}{4}$ HP / 220 Vac

Motobomba

3 HP / 220 Vac

Fancoils

12000 BTU/H enfriado por agua

220 Vac / 1.2 A

Tanque de Enfriamiento

250 Litros de capacidad

3.2 INGENIERÍA BÁSICA DEL PROYECTO

A partir de la carga térmica por habitación y las dimensiones de las mismas, fue realizado un cálculo para determinar la carga en toneladas de refrigeración requerida por módulo habitacional. Esto con el fin de dimensionar la capacidad del equipo a instalar. Los resultados del cálculo se muestran en la figura 8⁴, y según ellos la carga en Toneladas de Refrigeración necesaria por habitación es de 0.93 TR. Por tanto, para 22 habitaciones se requiere una bomba de calor de 20TR por módulo habitacional.

3.3 SELECCIÓN Y COSTOS DE COMPRA E INSTALACIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO

3.3.1 Equipos a instalar

Distintos proveedores presentaron propuestas económicas para el suministro de la bomba de calor requerida según la ingeniería básica del proyecto. En la tabla 3 es mostrado el consolidado de las propuestas recibidas.

Del listado de equipos ofertados fue seleccionado el equipo marca VICOT por las siguientes razones:

- Tiene un intercambiador de calor del tipo casco tubo, ideal para trabajo pesado el cual ofrece mayor garantía y vida útil del mismo.
- Los intercambiadores de calor de placa son más sensibles a las presiones que se presentan cuando hay congelamiento, lo que genera falla en las paredes del intercambiador.
- Su precio fue el más económico de los equipos ofertados.

Adicional a la bomba de calor se debe considerar la adquisición de los 22 fan coils y la compra de los repuestos del sistema para tener en stock (considerando 2 fancoils como repuesto). En la Tabla 4 es indicado el total de la inversión por compra de equipos y repuestos.

⁴ El cálculo fue desarrollado por el proveedor de equipos de Aire acondicionado de Occidental de Colombia, ENFRIO E.U.

Tabla 3. Comparativo de precios de equipos ofertados

Sistema de aire acondicionado y calentamiento de agua con bomba de calor	Valor de la inversión (antes de IVA) Col \$
Sistema de aire acondicionado tipo bomba de calor de 20TR trifásico 220V. Circuito compartido Scroll de alta eficiencia y bajo nivel de ruido, refrigerante ecológico. Marca VICOT.	\$ 68'000.000,00
Aire acondicionado tipo bomba calor, trifásico 220V. Tipo Scroll, doble circuito. Intercambiador de calor de placas. Refrigerante ecológico. Marca LENOX.	\$ 76'586.000,00
Equipo de aire acondicionado de 20TR por bomba de calor, trifásico 220V. Intercambiador de calor de placas, 2 circuitos de refrigeración. Marca CARRIER.	\$ 81'345.000,00

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 4. Inversión por compra de equipos

INVERSIÓN EN COMPRA DE EQUIPOS	
Inversión en Compra de bomba de calor marca VICOT	\$ 68.000.000
Inversión en Compra de 22 Fan coils	\$ 13.112.000
Total inversión en compra de equipos	\$ 81.112.000
Inversion en compra de repuestos	\$ 10.794.000

Fuente: Autores del proyecto

Figura 8. Resultados del programa para cálculo de Ton de Refrigeración por módulo habitacional

1 CONDICIONES DE DISEÑO						Delta de Granos Ext-Int=	100.4	
Hora del día:	1:00 PM	CFM/persona=	400	Dif Temp Ext-Int=		15		
Tbs (°F)	74	RH	80%	Granos	100.4			
2 GANANCIAS DE CALOR SOLAR POR RADIACION A TRAVES DE VIDRIOS						CARGA DE ENFRIAMIENTO		
Orientacion	Pies2	Factor Solar	Factor de sombra o vidrio	Factor de storage	Sensible (BTUH)	Latente (BTUH)		
S	40.41995	0.56	94	0.42	893.6			
SW		0.56	163	0.24				
SE		0.56	12	0.61				
N	80.8399	0.56	12	0.86	467.2			
NE		0.56	12	0.17				
NW		0.56	17	0.49				
3 GANANCIAS POR TRANSFERENCIA DE CALOR								
	Orientacion	Pies2	Factor U	Diferencial eq de T				
Vidrio	S	12	0.45	20	108.0			
Paredes	E	333	0.46	31	4,742.9			
	W	333	0.46	33	5,048.9			
	S	242	0.46	21.6	2,405.8			
	N	202	0.46	18.5	1,716.6			
Puertas								
Particiones								
Pisos								
Techo (particion)		129	0.46	21.6	1,282.9			
Techo a la luz				40				
Techo c/sombra								
4 GANANCIAS DE CALOR INTERNO								
Personas	Numero	Sensible	Latente					
	1	245	205		245.0	205.0		
Luces y otros	Watts/pie2=	13.29		Watts				
	Luces Incandescentes							
	Luces Fluorescentes			1 50	205.0			
Motores	HP	BTUH	Factor de carga	Factor de uso				
				1				
Otros	Cantidad	Sensible	Latente					
Platos comida		40	60					
5 INFILTRACION								
	CFM=# personas x CFM/persona=			1	16.3			
	CFM/persona de infiltracion=						68.3	
6 SUBTOTAL DE CARGA DEL ESPACIO						Suma de 1 a 5	10,879.0	273.3
7 GANANCIA DE CALOR EN DUCTO DE SUMINISTRO								
	Factor de Ganancia	Ganancia de calor sensible						
8 CARGA TOTAL DE CALOR DEL CUARTO O ZONA						6+7	10,879.0	273.3
	CFM=Qs(8) / (0.79 x DT)	CFM=	1,059					
9 CARGA X VENTILACION						CFM a.e.=	400	
	Rueda de Entalpia(0% Eff si no hay rueda)	Eficiencia:						
	Qs=CFM a.e x DT (Text-Tin) x 1.085							
	Ql=CFM a.e. x Dgr (g ext-g in) x 0.68							
10 CARGA TOTAL DEL EQUIPO						8+9	10,879.0	273.3
11 GRAN CARGA TOTAL						Sensible +Latente	BTUH	11,152
CARGA TOTAL EN TONELADAS						T.R.	0.93	
12 Pies 2/ Tonelada								
	M2/Tonelada	12.91						

Fuente: ENFRIO E.U.

3.3.2 Costo de las obras a realizar

Fueron recibidas ofertas económicas por parte de varios contratistas de construcción de Occidental de Colombia para la ejecución de las obras a realizar en el cambio del sistema actual por el sistema propuesto. El resumen de la comparación de propuestas es mostrado en la siguiente tabla. Y de ejecutarse el proyecto el contratista seleccionado sería el N.1 dado que su oferta económica fue la más favorable.

Tabla 5. Comparativo de propuestas "Obras de construcción a realizar en cambio de sistemas"

Actividades	Valor de la inversión (antes de IVA) Col \$	
	Contratista N.1 MISAS	Contratista N.2 CONFIPETROL
Desmontaje de equipos a reemplazar Montaje del tanque de almacenamiento de agua caliente Montaje de tuberías de cobre aisladas con cañuela en poliuretano fundido Montaje de las unidades fancoils Montaje de tuberías de agua caliente para cada baño en CPVC alta temperatura Montaje de acometida eléctrica para alimentación del nuevo A/A con bomba de calor Montaje de nuevas acometidas electricas para energizar las nuevas unidades fancoils Pruebas operacionales y entrega de informe escrito	\$ 42'779.965,00	\$ 44'998.543,00
Valor materiales para la instalación	\$ 9'178.630,00	\$ 8'580.448,00
Total (antes de IVA) Col \$	\$ 51,958.595,00	\$ 53'578.991,00

Fuente: Autores del proyecto

4. ESTUDIO FINANCIERO

4.1 ESTABLECIMIENTO DE LA LÍNEA BASE

4.1.1 Costos por compra de energía con equipo actualmente instalado

A partir de los registros eléctricos tomados a los equipos Chiller, fan coils y calentadores de agua, fueron efectuados los cálculos de energía-mes consumida por cada equipo del sistema de aire acondicionado y de calentamiento de agua.

Considerando que el costo promedio de la compra de energía a ISAGEN es de Col\$ 144.446,00 / MWH, fueron calculados los costos mensuales por compra de energía a ISAGEN para el sistema de aire acondicionado y de calentamiento de agua actuales por módulo habitacional, los cuales se muestran en la siguiente tabla⁵:

Tabla 6. Costo anual de energía por módulo habitacional- sistema actual

	Energía diaria consumida [kWh]	Valor mensual de la energía []*	Valor anual de la energía []*
CHILLER	282	\$ 1.223.217	\$ 14.678.610
10 CALENTADORES	23	\$ 98.381	\$ 1.180.574
22 FAN COILS	77	\$ 334.277	\$ 4.011.328
TOTALES	382	\$ 1.655.876	\$ 19.870.512

Fuente: Autores del proyecto

4.1.2 Costos de mantenimiento con equipo actualmente instalado

Los costos actuales del mantenimiento preventivo de los equipos Chiller, de los fan coils y de los calentadores de agua obedecen a las frecuencias y duraciones que se tienen establecidas para las rutinas, como se muestra en la tabla mostrada a continuación.⁶

⁵ Ver cálculos detallados en ANEXO A. Flujos de fondos, sensibilidades, costos de energía y mantenimiento.

⁶ Ibid

Tabla 7. Costo anual del mantenimiento por módulo habitacional - sistema actual

Preventivo				
Equipo intervenido	Cantidad HH Técnico II	Frecuencia del mnto (días)	Costo del mantenimiento mensual*	Costo del mnto anual*
CHILLER	8	90	\$ 127.164	\$ 1.525.964
10 CALENTADORES	10	180	\$ 79.477	\$ 953.728
22 FAN COILS	88	180	\$ 699.400	\$ 8.392.802
<u>COSTO TOTAL MNTO PREVENTIVO</u>			\$ 906.041	\$ 10.872.494
<i>*Costo por módulo habitacional</i>				
			Valor de la HH	
			Técnico II	\$ 47.686
Correctivo				
Según el análisis de mantenimiento el porcentaje de horas hombre dedicadas a mnto correctivo es del 20% del Preventivo.				
<u>COSTO TOTAL MNTO CORRECTIVO</u>				\$ 2.174.499
<u>COSTO TOTAL MNTO</u>				\$ 13.046.992

Fuente: Autores del proyecto

4.1.3 WACC

El WACC establecido es 15% para los proyectos de inversión de la empresa.

4.2 DETERMINACIÓN DE BENEFICIOS Y COSTOS ASOCIADOS AL PROYECTO

4.2.1 Inversión en compra de equipos, repuestos e instalación

Para el cambio del sistema de aire de acondicionado se requiere una inversión en compra de equipos, en compra de repuestos y en obras de construcción y montaje, como lo indica la tabla mostrada a continuación.

Tabla 8. Inversión requerida para la implementación del nuevo sistema

INVERSIÓN REQUERIDA	
Inversiones Compra de equipos	\$ 81.112.000
Inversiones compra de repuestos	\$ 10.794.000
Inversiones en Instalaciones	\$ 51.958.595
Total inversión	\$ 143.864.595

Fuente: Autores del proyecto

4.2.2 Costos por compra de energía con nuevo equipo

La corriente nominal del equipo instalado actualmente es 80,2 A y la del equipo propuesto es de 55A; Para curvas de utilización iguales para ambos equipos, la energía se reducirá en la proporción de la relación de las corrientes nominales de los equipos. Lo anterior también aplica para los fancoils, cuya corriente actual es de 1,2 A y para los nuevos equipos es de 0,9 A.

A partir de estos datos fue posible calcular la energía que se asume consumiría el sistema propuesto.

Reducción de energía con bomba de calor en funcionamiento = 32%

Reducción de energía con nuevos fancoils en funcionamiento = 25%

Tabla 9. Costo anual de energía por módulo habitacional - sistema propuesto

	Energía diaria consumida [kWh]	Valor mensual de la energía [\\$]*	Valor anual de la energía [\\$]*	% Reducción de energía
AA BOMBA DE CALOR	194	\$ 840.962	\$ 10.091.544	32%
22 FAN COILS	58	\$ 250.708	\$ 3.008.496	25%
TOTALES	252	\$ 1.091.670	\$ 13.100.040	

Fuente: Autores del proyecto

4.2.3 Costos de mantenimiento con nuevo equipo

Se considera una reducción en el mantenimiento preventivo y correctivo del 50% por ser equipo nuevo con repuestos disponibles en stock.

Por lo tanto los costos de mantenimiento serían los que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 10. Costo anual del mantenimiento por módulo habitacional - sistema propuesto

Preventivo				
Equipo intervenido	Cantidad HH Técnico II	Frecuencia del mnto (días)	Costo del mantenimiento mensual*	Costo del mnto anual*
AA BOMBA DE CALOR	8	180	\$ 63.582	\$ 762.982
22 FAN COILS	88	360	\$ 349.700	\$ 4.196.401
COSTO TOTAL MNTO PREVENTIVO			\$ 413.282	\$ 4.959.383
*Costo por módulo habitacional				
Correctivo				
Según el análisis de mantenimiento el porcentaje de horas hombre dedicadas a mnto correctivo es del 10% del Preventivo.				
COSTO TOTAL MNTO CORRECTIVO				\$ 495.938
COSTO TOTAL MNTO				\$ 5.455.321

Fuente: Autores del proyecto

4.3 ESTABLECIMIENTO DEL ESCENARIO Y PARÁMETROS DE LA EVALUACIÓN

Establecimiento del escenario:

Se plantea reemplazar el equipo chiller, los fancoils y los calentadores de agua de los módulos habitacionales del campamento principal en Caño Limón por un equipo de aire acondicionado que permita simultáneamente (mediante el uso de bomba de calor) el calentamiento de agua suministrada a las habitaciones. Con el reemplazo mencionado se obtendría un ahorro en consumo energético del sistema y reducción de sus costos de mantenimiento.

Parámetros de evaluación:

- Para los costos de energía anuales se considera un incremento en el precio del kWh de 5% por año, teniendo en cuenta el incremento promedio del IPP (índice de precios al productor) del 2011 al 2012 igual a 5%.
- Para los costos de horas hombre (HH) se considera un incremento anual del 7%, de acuerdo a los históricos de HH de mantenimiento en la empresa.
- Los ingresos de operación considerados en el “flujo de fondos con proyecto”, son los equivalentes a los costos de compra de energía y mantenimiento con el equipo actualmente instalado (al desinstalarse el equipo actualmente en funcionamiento, sus gastos operacionales se percibirían como un ahorro).
- Los costos operacionales en el “flujo de fondos con proyecto”, corresponden a los valores de compra de energía y mantenimiento para el nuevo equipo a instalar.
- La vida útil del proyecto se establece en 20 años, tiempo en el cual se considera se deben reemplazar los equipos a instalar (de acuerdo a la experiencia de equipos similares instalados en el campo).
- Se considera un valor de salvamento del 5% para el nuevo equipo a instalar, con una depreciación lineal de 20 años (vida útil del proyecto).

4.4 FLUJO DE CAJA INCREMENTAL DEL PROYECTO E INDICADORES

4.4.1 Flujo de caja incremental del proyecto

FLUJO INCREMENTAL DEL AÑO 0 AL AÑO 10

Flujo de Fondos del Proyecto												
Cifras en Millones de Pesos Constantes del 2013												
Datos												
Costo del Capital		15%										
Inversiones Compra de equipos	\$	81,11	Ver anexo "COTIZACIÓN BOMBA DE CALOR VICOT" y "COTIZACIÓN FAN COILS"									
Inversiones compra de repuestos	\$	10,79	Ver anexo "COTIZACIÓN REPUESTOS BOMBA DE CALOR VICOT"									
Inversiones en Instalaciones	\$	51,96	Ver anexo "MISAS COTIZACION MONTAJE AA TIPO BOMBA DE CALOR"									
Total inversión	\$	143,86										
Vida útil del proyecto (años)		20										
Valor de Salvamento Maquinaria		5%										
Impuesto a la renta		25%										
	Número de año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Concepto		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
+Ingreso de Operación		32,92	34,82	36,84	38,99	41,25	43,66	46,21	48,91	51,77	54,81	58,03
+Ingresos Financieros Asociados		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-Costos de Operación		-18,56	-19,59	-20,69	-21,85	-23,07	-24,37	-25,74	-27,19	-28,73	-30,35	-32,07
-Intereses Crédito		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-Depreciación			-3,85	-3,85	-3,85	-3,85	-3,85	-3,85	-3,85	-3,85	-3,85	-3,85
=Ganacias Operativas Gravables		14,36	11,38	12,30	13,28	14,33	15,44	16,61	17,86	19,19	20,61	22,11
-Impuesto a la renta		-3,59	-2,84	-3,08	-3,32	-3,58	-3,86	-4,15	-4,47	-4,80	-5,15	-5,53
+Ingreso Venta de Activos		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
=Ganacias Netas Contables		10,77	8,53	9,23	9,96	10,75	11,58	12,46	13,40	14,40	15,46	16,58
+Depreciación		0,00	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85
-Costos de Inversión		-143,86										
-Inversiones Financieras Asociadas		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
+Crédito Recibido		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-Amortización Crédito		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
+Valor Salvamento		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
=Flujo de Fondos Neto		-133,09	12,39	13,08	13,82	14,60	15,43	16,31	17,25	18,25	19,31	20,43
=Flujo de Fondos Neto Descontado		-133,09	10,77	9,89	9,08	8,35	7,67	7,05	6,49	5,97	5,49	5,05
=Flujo de Fondos Descontado Acumulativo		-133,09	-122,32	-112,43	-103,35	-95,00	-87,33	-80,28	-73,79	-67,82	-62,34	-57,28

FLUJO INCREMENTAL DEL AÑO 11 AL AÑO 20

Flujo de Fondos del Proyecto											
Cifras en Millones de Pesos Constantes del 2013											
Datos											
Costo del Capital		15%									
Inversiones Compra de equipos	\$	81,11	Ver anexo "COTIZACIÓN BOMBA DE CALOR VICOT" y "COTIZACIÓN FAN COILS"								
Inversiones compra de repuestos	\$	10,79	Ver anexo "COTIZACIÓN REPUESTOS BOMBA DE CALOR VICOT"								
Inversiones en Instalaciones	\$	51,96	Ver anexo "MISAS COTIZACION MONTAJE AA TIPO BOMBA DE CALOR"								
Total inversión	\$	143,86									
Vida útil del proyecto (años)		20									
Valor de Salvamento Maquinaria		5%									
Impuesto a la renta		25%									
	<i>Número de año</i>	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Concepto		2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
+Ingreso de Operación		61,45	65,07	68,91	72,98	77,31	81,89	86,76	91,92	97,40	103,21
+Ingresos Financieros Asociados		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-Costos de Operación		-33,89	-35,81	-37,85	-40,00	-42,29	-44,70	-47,26	-49,97	-52,83	-55,87
-Intereses Crédito		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-Depreciación		-3,85	-3,85	-3,85	-3,85	-3,85	-3,85	-3,85	-3,85	-3,85	-3,85
=Ganacias Operativas Gravables		23,71	25,40	27,21	29,13	31,17	33,34	35,65	38,10	40,71	43,49
-Impuesto a la renta		-5,93	-6,35	-6,80	-7,28	-7,79	-8,33	-8,91	-9,53	-10,18	-10,87
+Ingreso Venta de Activos		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
=Ganacias Netas Contables		17,78	19,05	20,41	21,85	23,38	25,00	26,73	28,58	30,53	32,62
+Depreciación		3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85
-Costos de Inversión											
-Inversiones Financieras Asociadas		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
+Crédito Recibido		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-Amortización Crédito		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
+Valor Salvamento		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,06
=Flujo de Fondos Neto		21,63	22,91	24,26	25,70	27,23	28,86	30,59	32,43	34,39	40,52
=Flujo de Fondos Neto Descontado		4,65	4,28	3,94	3,63	3,35	3,08	2,84	2,62	2,42	2,48
=Flujo de Fondos Descontado Acumulativo		-52,64	-48,35	-44,41	-40,78	-37,43	-34,35	-31,51	-28,89	-26,47	-23,99

Tabla 11. Flujo de caja incremental del proyecto

4.4.2 Indicadores de rentabilidad del proyecto

Tabla 12. Indicadores de rentabilidad del proyecto

INDICADORES DE LA LÍNEA BASE DEL PROYECTO		
VPN	\$	-23,99
TIR		12,26%
IVAN		-16,68%
RRN		-0,83%
MÁXIMO ENDEUDAMIENTO	\$	-133,09
PAY OUT		Mayor de 20 años

Cifras en Millones de pesos 2013

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 13. Tasas Vs. VPN

Tasa	VPN
0,0%	\$ 316,28
2,5%	\$ 200,79
5,0%	\$ 121,65
7,5%	\$ 66,21
10,0%	\$ 26,56
12,5%	\$ -2,41
15,0%	\$ -23,99
17,5%	\$ -40,39
20,0%	\$ -53,08
22,5%	\$ -63,07
25,0%	\$ -71,06
27,5%	\$ -77,55
30,0%	\$ -82,90

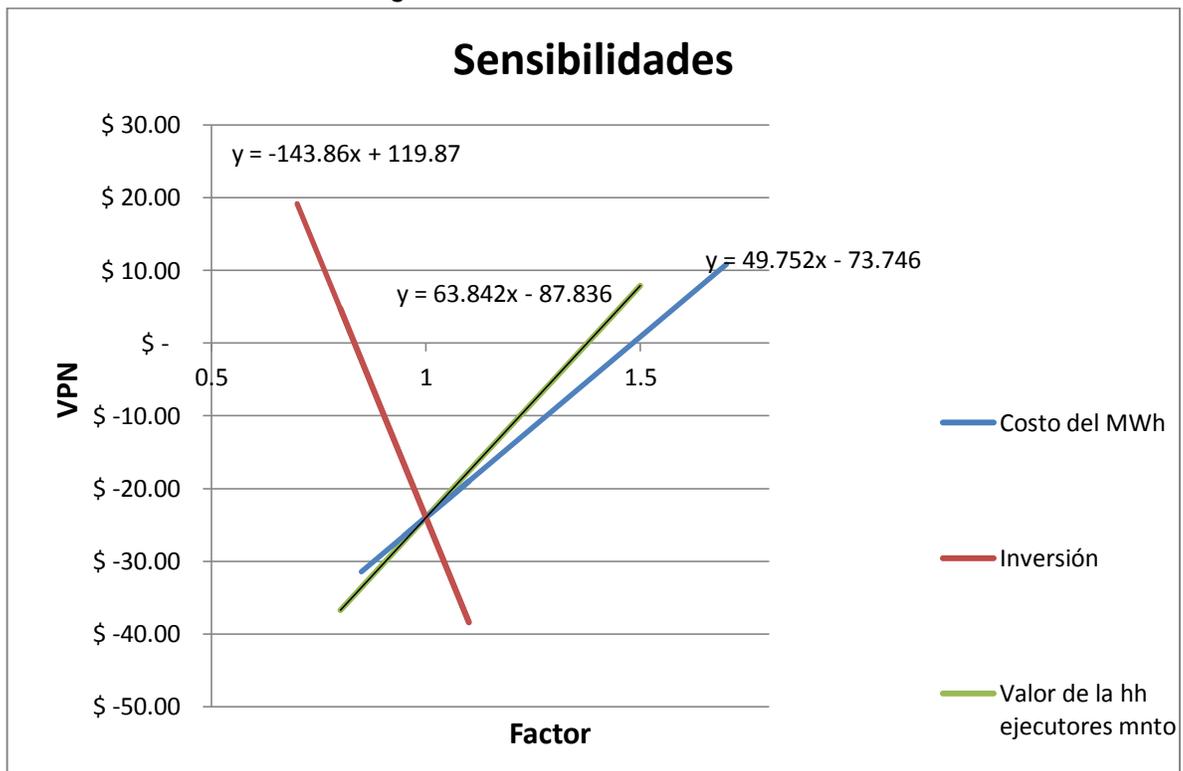
Fuente: Autores del proyecto

4.5 ANÁLISIS DE SENSIBILIDADES Y RIESGOS ASOCIADOS A LA INVERSIÓN

Las variables consideradas para llevar a cabo el análisis de sensibilidades son:

- Valor del MWh de energía comprado a ISAGEN
- Costos de inversión
- Valor de las HH del personal que ejecuta el mantenimiento del sistema de aire acondicionado en los módulos habitacionales

Figura 9. Análisis de sensibilidades



Fuente: Autores del proyecto

SWITCH VALUES

SV Costo MWh= 1,48
 SV Inversión= 0,83
 SV Costo HH= 1,38

5 CONCLUSIONES

- **El VPN del proyecto es de – Col \$ 23'990.000,00**, considerando un WACC del 15% y una duración del proyecto de 20 años; y **la TIR es del 12,26%**. Considerando los resultados anteriores se puede llevar a cabo el proyecto con una reducción en la rentabilidad esperada del 2,74%, teniendo en cuenta que dentro de sus beneficios intangibles se encuentran el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios de los módulos habitacionales y la reducción de emisiones de CO₂ y ruido al medio ambiente.
- La variable que más afecta al proyecto es la inversión por módulo habitacional (Col \$ 143'864.595,00). **Si esta se puede reducir en un 17% de su valor inicial**, se obtendrían valores de VPN positivos para el proyecto. La reducción requerida se puede llevar a cabo con equipos más económicos que los ofertados para este ejercicio.
- La segunda variable en importancia que afecta al proyecto, es el valor de la HH del personal que ejecuta el mantenimiento en los equipos de aire acondicionado de los módulos habitacionales. Dado que el planteamiento inicial contempla la reducción de HH en el mantenimiento de los nuevos equipos a instalar, al incrementarse el costo del mantenimiento se ve reflejado un mayor ahorro en los costos operacionales, lo que redundaría en un comportamiento positivo del VPN.
- El valor de la energía no es una variable determinante en el comportamiento del VPN. Se requeriría un aumento de 48% en el costo actual del MWH para obtener un VPN positivo en el proyecto. Considerando que la compra de energía se establece en términos de un contrato a largo plazo con precios fijos, es poco probable que este escenario suceda.
- En el caso de continuar operando con los equipos de aire acondicionado y agua caliente actualmente instalados, y teniendo en cuenta las variables en el incremento del valor del MWh y HH de mantenimiento, los costos operacionales para cada módulo habitacional es de Col \$ 341'000.000,00 traídos a 2013 para un periodo de 20 años.
- Las consideraciones de un mayor confort para los huéspedes de los módulos habitacionales (bajo nivel de ruido con estándares permisibles) y el impacto ambiental positivo que genera la disminución de emisiones de CO₂

(aprovechamiento de calor disipado, generación de agua caliente con el mismo sistema, y menor consumo de energía, debido a la alta eficiencia energética que permite ahorros en kW/h) son razones de peso a la hora de dar vía libre a la ejecución del proyecto, que sopesan el considerar tener una rentabilidad inferior en 2,74% (12,26%) a lo proyectado (15%).

BIBLIOGRAFÍA

CIUDADES SOSTENIBLES; Luis Yamada; memorias EXPOACAIRE 2011; IV Congreso Internacional de Ingeniería y Ciencias Térmicas; Cartagena de Indias, 28, 29 y 30 de julio de 2011

“NOTAS DE CLASE EVALUACION DE PROYECTOS”; Enrique Amorocho; Universidad Autónoma de Bucaramanga; 31 de agosto y 01, 28 y 29 de septiembre 2012

“NOTAS DE CLASE GERENCIA FINANCIERA”; Arnaldo Solano; Universidad Autónoma de Bucaramanga; 28 y 29 de junio y 26 y 27 de julio de 2012

“NOTAS DE CLASE INGENIERIA FINANCIERA”; Jaime Solano; Universidad Autónoma de Bucaramanga; 29 y 30 de junio, 27 de julio y 30 de agosto de 2012

CYBERGRAFÍA

BOMBAS DE CALOR AIRE-AGUA; JUNKERS Confort para la vida;
http://www.junkers.es/usuario_final/productos/explicacion_teconologias/heat_pumps/bombas_de_calor.jsessionid=6B88760F7B4698E7861EDA9B8C43E55C#; 05 de abril de 2013

HEAT PUMP WATER HEATERS; Graham Morrison;
http://solar1.mech.unsw.edu.au/glm/papers/heat_pump_water_heaters.pdf; 05 de abril de 2013

MANUAL DEL USUARIO PARA BOMBAS DE CALOR AEROTÉRMICAS DE TIPO AIRE-AGUA; Avenir Energie;
http://www.isempa.com/productos/3/docs/Aire_Agua-Manual_Usuario.pdf; 05 de abril de 2013

LAS BOMBAS DE CALOR; Winforres; http://www.winforres.eu/es/web/es/20/-/asset_publisher/b3EX/content/id/125592; 05 de abril de 2013