

**VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL
SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE LA UNIVERSIDAD ICESI**

JULIANA MARÍA DAZA QUINTERO

GUILLERMO ALFREDO GUERRERO CARVAJAL

Proyecto de grado para optar al título de Magister en Administración

Director

GUILLERMO BUENAVENTURA VERA

UNIVERSIDAD ICESI

FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS Y ECONÓMICAS

MAESTRÍA DE ADMINISSTRACIÓN DE EMPRESAS

SANTIAGO DE CALI, NOVIEMBRE DE 2013

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
1. PRESENTACIÓN DEL TRABAJO	7
1.1 OBJETIVOS	7
1.1.1 Objetivo General	7
1.1.2 Objetivos Específicos	7
1.2 PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA	7
1.2.1 Su Historia	8
1.2.2 Misión, Visión y Valores	9
1.3 PROPUESTA DE VALOR	10
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
2.1 PANORAMA ENERGÉTICO	12
2.1.1 Evolución de Petróleo	13
2.1.2 Crisis Ambientales	16
2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO	17
2.3 ANÁLISIS DOFA	17
3. METODOLOGÍA	19
4. APLICACIÓN	20
4.1 ESTRATEGIA DE LA COMPAÑÍA Y PROYECTO	20

4.2 CIFRAS DEL PROYECTO	20
4.3 EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO EDIFICIO D	22
4.4 ANTECEDENTES DEL SISTEMA	22
5. ANÁLISIS Y PROPUESTA TÉCNICA	24
5.1 ANÁLISIS	24
5.2 PROPUESTA	26
6. VALORACIÓN FINANCIERA	30
6.1 FACTORES TENIDOS EN CUENTA EN EL ANÁLISIS FINANCIERO	31
6.1.1 Costo de la Inversión	31
6.1.2 Impuestos	31
6.1.3 Beta del Sector	31
6.1.4 Ahorro de energía	32
6.2 ANÁLISIS FINANCIERO	32
6.3 ANÁLISIS DEL PROYECTO POR SITUACIONES	36
6.4 ANÁLISIS DEL PROYECTO POR ESCENARIOS	36
6.5 ANÁLISIS DEL PROYECTO POR PUNTO MUERTO	37
6.6 RESUMEN DE RESULTADOS	38
7. CONCLUSIONES	39
BIBLIOGRAFÍA	40

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Análisis DOFA	18
Tabla 2. Consumo Histórico Energético de la Universidad ICESI	21
Tabla 3. Listado de Equipos Edificio D	22
Tabla 5. Valores de Beta por sector para países emergentes	32
Tabla 6. Análisis financiero	33
Tabla 7. Análisis de sensibilidad por situaciones	36
Tabla 8. Análisis de sensibilidad por escenarios	37

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Distribución de la Energía Primaria en el Mundo	12
Figura 2. Precio de Petróleo 1861 – 2012	14
Figura 3. Tendencia de Precios Energéticos (\$/ Kw-H)	15
Figura 4. Promedio mundial de la fracción molar del CO ₂	16
Figura 5. Flujograma de proceso de valoración	19
Figura 6. Tabulación del Consumo Energético Mensual Universidad ICESI	21
Figura 7. Ejemplo de Gráficos suministrados por el Sistema	28
Figura 8. Análisis de sensibilidad por punto muerto	37

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza una valoración de la eficiencia energética del sistema de aire acondicionado de la Universidad ICESI, con el fin de generar conocimiento a través del intercambio de información entre el mundo académico y la experiencia de los autores. Las tendencias actuales como: aumento en los precios de la energía, calentamiento global e iniciativas energéticas gubernamentales, conllevan a que los usuarios sean cada vez más sostenibles. El proyecto evaluó una alternativa automatizada para optimizar el sistema de aire acondicionado, reduciendo el consumo de la utilización de los recursos energéticos.

La evaluación del proyecto se lleva a cabo en relación con el sector de la educación y se organiza en 6 etapas: a) los parámetros ambientales y del proyecto, b) secuencias: depreciación y préstamo, c) flujo de fondos, d) índice de oportunidad, e) cierre f) evaluación. El análisis se llevó a cabo por las situaciones, escenarios y punto muerto. El sistema de aire acondicionado de la Universidad es un sistema robusto con aditivos con arranque variable, de acuerdo a la demanda pero con activación manual por parte de su personal. Los puntos de ajustes no están programados en el punto térmico óptimo, por lo que se tiene una gran pérdida energética en el sistema. Un control automatizado de funcionamiento del sistema, con un ajuste en su temperatura de salida de la unidad permitiría un ahorro del 3,5 % del total del consumo con una inversión a recuperar en 7 años. Para este sistema el valor presente neto es positivo y su tasa interna de retorno es superior al costo de capital de la Universidad.

Palabras clave: valoración económica, eficiencia energética, sistema de aire acondicionado.

ABSTRACT

This thesis makes an assessment of the energy efficiency of the air conditioning system Icesi University, in order to generate knowledge through the exchange of information between academia and the experience of authors. The actual trends are: increasing energy prices, global warming and government energy initiatives, which conduct all users to be more sustainable.

The project evaluated an automated alternative to optimize the air conditioning system, reducing the consumption of the use of energy resources. The assessment of the project is carried out with reference to the education sector and is organized in 6 stages: a) Environmental Parameters and Project , b) Sequences : Depreciation and Loan , c) Flow of Funds , d) Rate of Opportunity, e) Closure f) Evaluation. The analysis was conducted by situations, scenarios and break-even point.

The air conditioning system of the University is a robust system with variable start additives, according to the demand but with manual activation by personnel. Set points are not scheduled in the optimal thermal point, so you have a large energy loss in the system.

An automated control system operation, with an adjustment to outlet temperature of the unit would save 3.5% of total consumption to recover an investment in 7 years. The project have net present value is positive and its internal rate of return exceeds the cost of capital of the University.

Keywords: economic value, energy efficiency, air conditioning.

1. PRESENTACIÓN DEL TRABAJO

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Optimizar el uso y a su vez el consumo de energía eléctrica de la Universidad ICESI a través de la propuesta de proyectos de optimización de los recursos energéticos que permitan impactar positivamente los indicadores económicos, sociales y ambientales de la Universidad.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Medir y evaluar el consumo energético del sistema de aire acondicionado del edificio D de la Universidad ICESI.
- Cuantificar económicamente las pérdidas de energía por ineficiencia del sistema y determinar su impacto ambiental.
- Valorar financieramente alternativas de eficiencia energética para el sistema de aire acondicionado de la Universidad ICESI que generen ahorros económicos.

1.2 PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

La Universidad ICESI, es una institución educativa creada en 1979 por un grupo de empresarios, “hoy es reconocida en Colombia por su alto nivel académico y excelencia educativa. Forma profesionales exitosos y comprometidos con la sociedad” (Universidad ICESI, 2013).

1.2.1 Su Historia

De acuerdo a la información de su portal web, algunos de los hechos relevantes sobre la Universidad ICESI, son:

- En 1979, se reunió un grupo de 45 estudiantes, en un aula prestada, en la sede de INCOLDA, en el Centro de Cali, para iniciar su educación profesional en Administración de Empresas en el Instituto Colombiano de Estudios Superiores de INCOLDA, ICESI.
- En 1997 se solicitó y se obtuvo del Ministerio de Educación, nuestro reconocimiento como Universidad. Se iniciaron en ese año una serie de ajustes curriculares que por contenidos, intenciones y estrategias de aprendizaje nos colocan como institución líder a nivel nacional en esa dimensión. Se completó, en la primera mitad de 1998, una ampliación de edificios que significó un aumento en el área construida de más del 60% que permitió mejorar considerablemente la capacidad y el ambiente de la institución.
- El CIDEIM es un Centro de Investigación y desarrollo tecnológico en enfermedades infecciosas, sin ánimo de lucro, que tiene como propósito buscar alternativas para disminuir el impacto negativo de éstas en la población. Esta alianza, además de convertir a la Universidad ICESI en una máquina de innovación y cuna de grandes profesionales en las áreas de la salud, impulsa el crecimiento económico en la región y ayuda al bienestar de la población vallecaucana y del país.
- Hoy (2013) se ofrecen diecinueve programas de pregrado, once maestrías en convenios con instituciones internacionales, siete programas de especialización y nueve especializaciones médico-quirúrgicas. Además, gracias al estrecho vínculo entre la Universidad y las empresas, se diseñan diplomados y programas a la medida de cada organización que satisfacen sus necesidades de actualización, ofreciéndoles también asesoría y consultoría. (Universidad ICESI, 2013).

1.2.2 Misión, Visión y Valores

Esta institución sustenta a través de su misión “Aprendemos a conocer y actuar para construir un mundo mejor” con tres valores centrales:

- Compromiso con el bienestar de la sociedad.
- Reconocimiento de la dignidad de toda persona.
- Pasión por el aprendizaje.

Adicionalmente soporta su visión en trece objetivos institucionales, enmarcados en tres ejes estratégicos:

- Formación de excelencia
- Investigación y visibilidad de resultados
- Integración con la región y el país

Se entiende entonces una estrategia con relevancia en su componente social, lo cual apalanca la investigación y enmarca la propuesta de valor a partir del objetivo central 1 y el eje estratégico 2.

De estos trece objetivos, dos de ellos enmarcan el aporte concreto que se quiere lograr a través de este trabajo de grado. Estos dos objetivos claves son:

Objetivo 3. Contribución a la sociedad: contribuir al mejoramiento de la sociedad colombiana, sus empresas, sus organizaciones sociales, sus comunidades y el Estado.

Objetivo 13. Sostenibilidad económica: asegurar la sostenibilidad económica de la Universidad.

1.3 PROPUESTA DE VALOR

Partiendo del concepto que la eficiencia energética es la forma de minimizar el uso de recursos sin reducir el confort de los usuarios, a través de la valoración energética se podrá:

- Optimizar la eficiencia operacional del sistema de aire acondicionado.

- Promover iniciativas de conservación de los recursos naturales a través de la mitigación de los impactos generados por consumos energéticos.

- Reducir los costos operativos de los servicios generales mediante la reducción en la facturación de energía.

- Reducir de la emisión de gases de efecto invernadero, calculados en dióxido de carbono.

- Contribuir a la sostenibilidad económica y ambiental de la Universidad ICESI

- Preparar a la empresa para iniciar el proceso de obtención de la ISO 50001: Sistema de Gestión Integral de la Energía, la cual especifica los requerimientos aplicables al suministro, usos y consumo de energía.

Esta valoración fue realizada para el sistema de aire acondicionado del Edificio D de la Universidad ICESI.

Con este proyecto de grado se quiere contribuir a la misión y valores centrales de la Universidad ICESI, mediante la construcción de un mundo mejor y seguir comprometidos con el bienestar de la sociedad.

De acuerdo a los tres grupos de interés de la sociedad del modelo de Desarrollo Sostenible, los beneficios obtenidos serían:

Social: confort y conciencia de uso racional de los recursos energéticos.

Ambiental: conservación del medio ambiente y mejoramiento de las condiciones de vida del hábitat que nos rodea.

Económico: reducción de costos y optimización de recursos financieros.

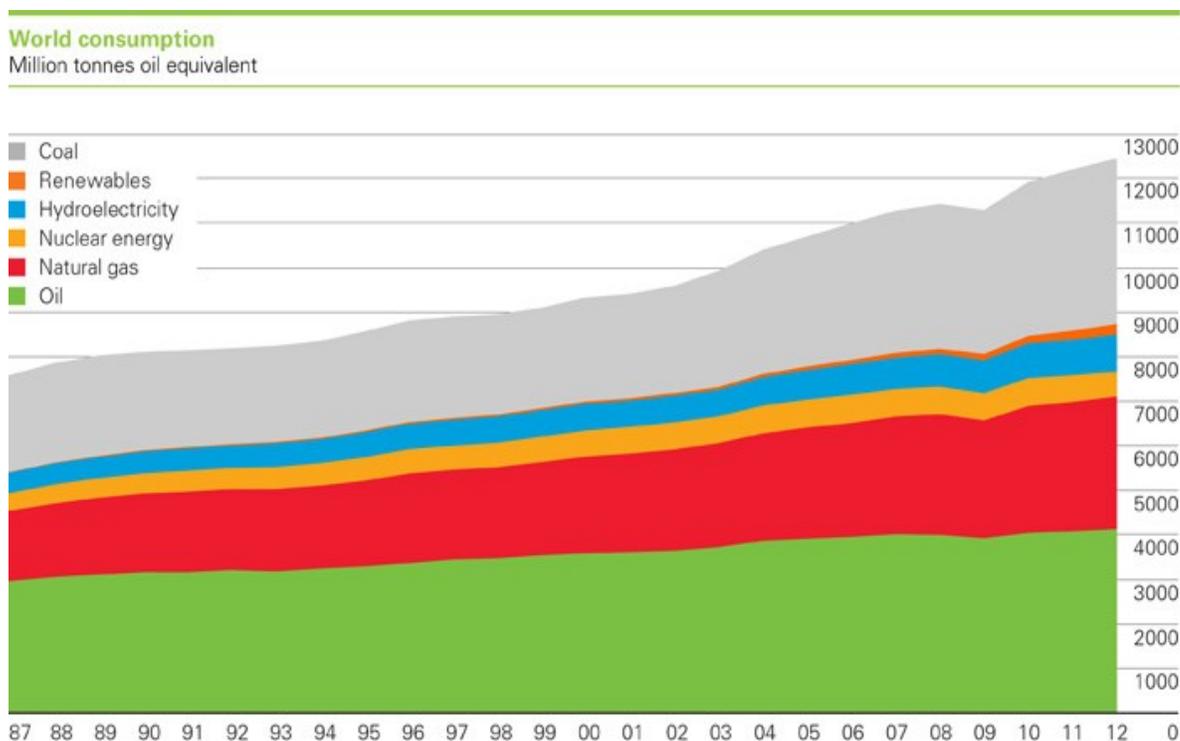
2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.1 PANORAMA ENERGÉTICO

Hoy en día existen muchos factores que están demostrando una realidad energética presionada por un consumo de todos los sectores empresariales donde se ejerce el trabajo.

La generación de energía eléctrica parte de seis fuentes primarias: petróleo, carbón, hidroeléctrica, nuclear, gas y renovables. Sin embargo, su mayor porcentaje es generado por petróleo, lo cual influye directamente sobre el precio y comportamiento del consumo. Esta distribución se puede revisar en la figura 1.

Figura 1. Distribución de la Energía Primaria en el Mundo¹



Fuente: (Statistical Review of World Energy , 2013)

¹ Consumo Mundial (Millones de Toneladas de Petróleo Equivalente). Coal: Carbón; Renewables: Energías Renovables; Hydroelectricity: hidroeléctrica; Nuclear energy: Energía Nuclear; Natural Gas: Gas Natural; y Oil: Petróleo.

Otro factor importante es el crecimiento de las energías renovables, como consecuencia de los impactos ambientales generados por el uso de los combustibles fósiles en la generación de la energía.

Tomando como referencia la distribución, se revisa a continuación con mayor detalle la evolución del petróleo y la crisis ambiental como antecedentes de la necesidad de la eficiencia energética en todos los sectores.

2.1.1 Evolución de Petróleo

Este recurso natural, no renovable, es la principal fuente de generación de energía para el mundo, directamente a través de sus productos. Hoy en día se utiliza como: combustible para transporte terrestre y aéreo (Gasolina), generación de plásticos, construcción de vías, generación de energía, entre otros.

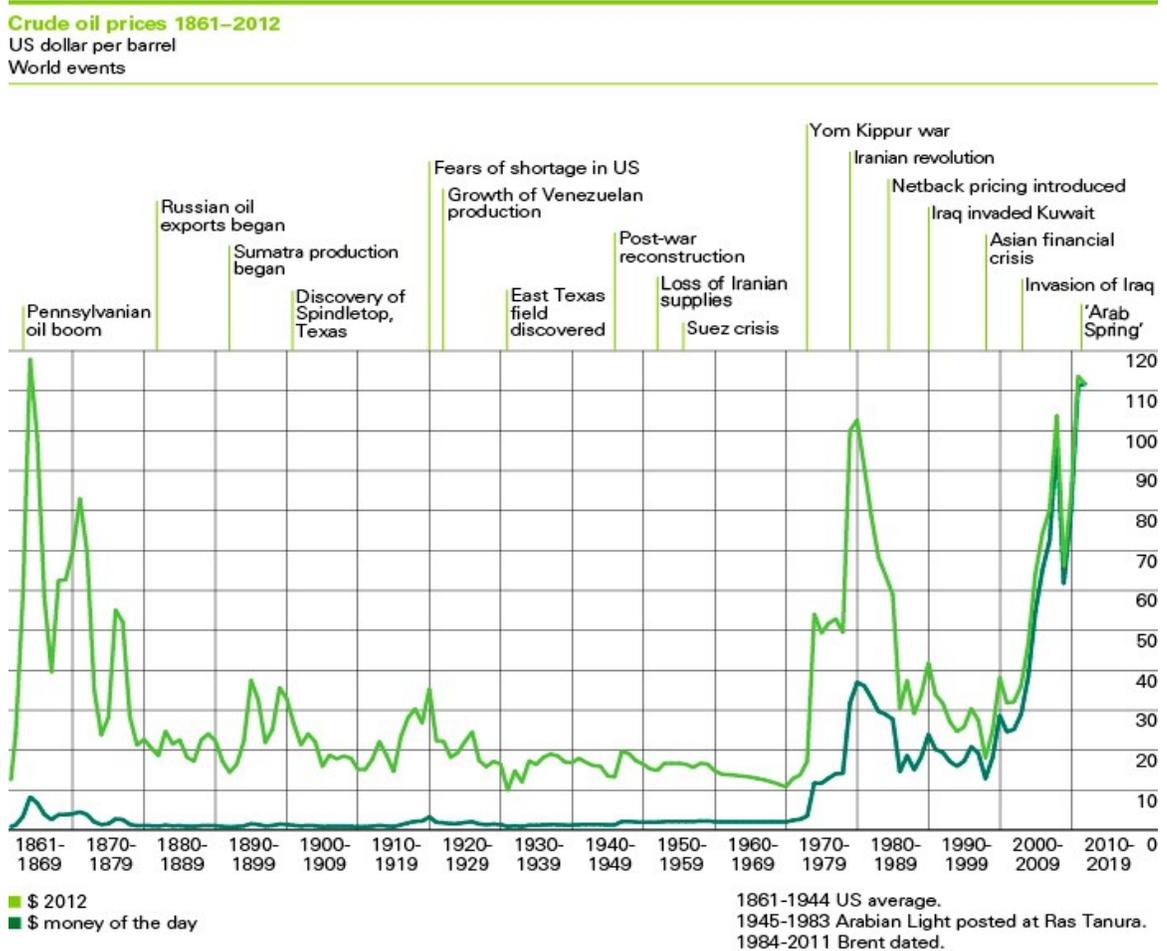
Aunque es un recurso utilizado a nivel mundial, su generación o extracción (es importante anotar que al ser un recurso no renovable, se encuentra en ciertas áreas geográficas) está agrupada en Medio Oriente, Asia y Latinoamérica. Los grandes productores conformaron “la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP)”, fundado a través del llamado “Pacto de Bagdad” el 14 de septiembre de 1960 y del cual forman parte actualmente los siguientes países exportadores de petróleo: Arabia Saudita, Irán, Irak, Emiratos Árabes Unidos y Kuwait (de Oriente Medio), Libia, Argelia y Nigeria (de África), Qatar (de Asia), Ecuador y Venezuela (de Latinoamérica)”. (ECOPETROL, 2011) (Ver Figura 1).

Tomando como referencia la distribución, se revisará con mayor detalle la evolución del petróleo y la crisis ambiental como antecedentes de la necesidad de la eficiencia energética en todos los sectores.

Aunque existen otros países productores, son denominados independientes dado su volumen de explotación.

Desde los años 80's la situación política de Oriente Medio ha influido directamente con los precios del recurso, generando crisis por disponibilidad del mismo. Esta se puede apreciar en la figura 2. Aunque estos precios han conllevado a la búsqueda de nuevas fuentes alternativas de generación de energía, el crecimiento de otro tipo de energías ha tomado fuerza en los últimos años, sin llegar a desplazar el petróleo, lo cual lo confirma la tendencia mostrada en el figura 1.

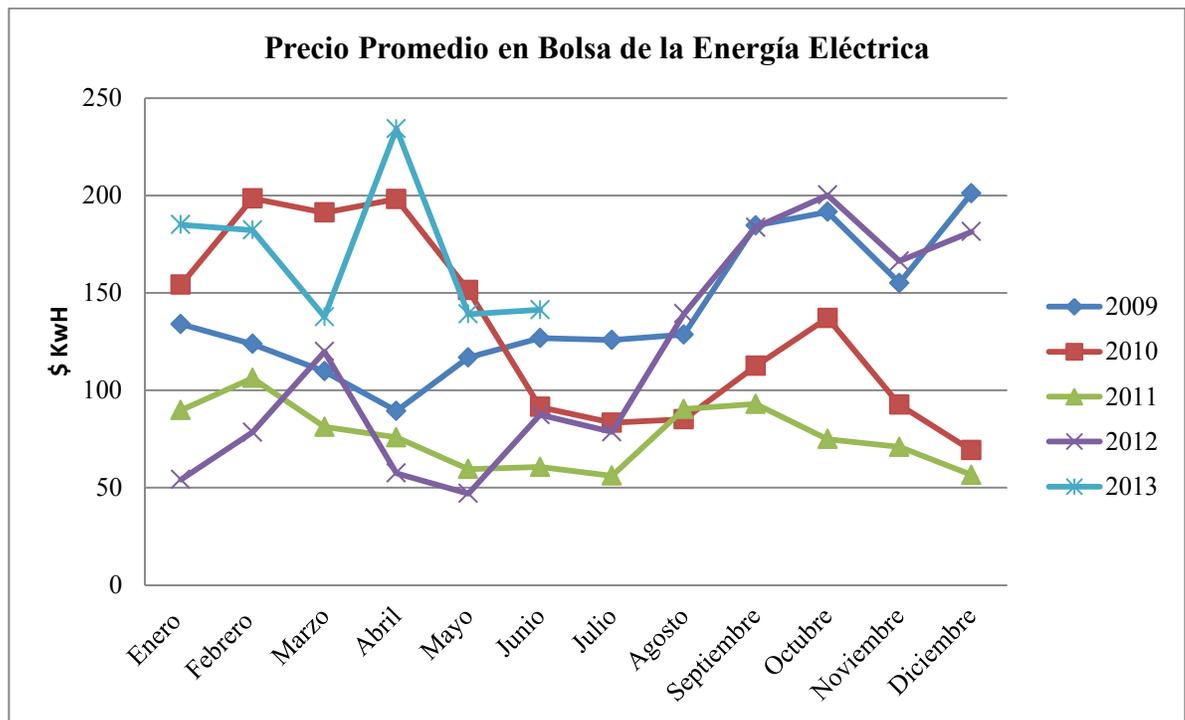
Figura 2. Precio de Petróleo 1861 – 2012



Fuente: (Bp.com, 2013)

Otra forma de analizar la crisis energética, es a partir del precio del recurso. Colombia, es un país en donde el 80% de la energía es creada en hidroeléctricas. La tendencia de precio del kilovatio hora en la bolsa de los últimos tres años ha tenido variaciones por encima del 20% (ver figura 3). Al ser un país que genera energía a partir de fuentes renovables, en este caso el agua, los cambios climáticos, afectado por fenómenos como La Niña y El Niño, han sido el factor influyente en las variaciones, ya que al cambiar las condiciones en los recursos, sea por exceso o escasez, la producción ha utilizado otras fuentes de energía más costosas, incrementando la tarifa unitaria de la energía con el fin de no afectar la prestación del servicio.

Figura 3. Tendencia de Precios Energéticos (\$/ Kw-H)



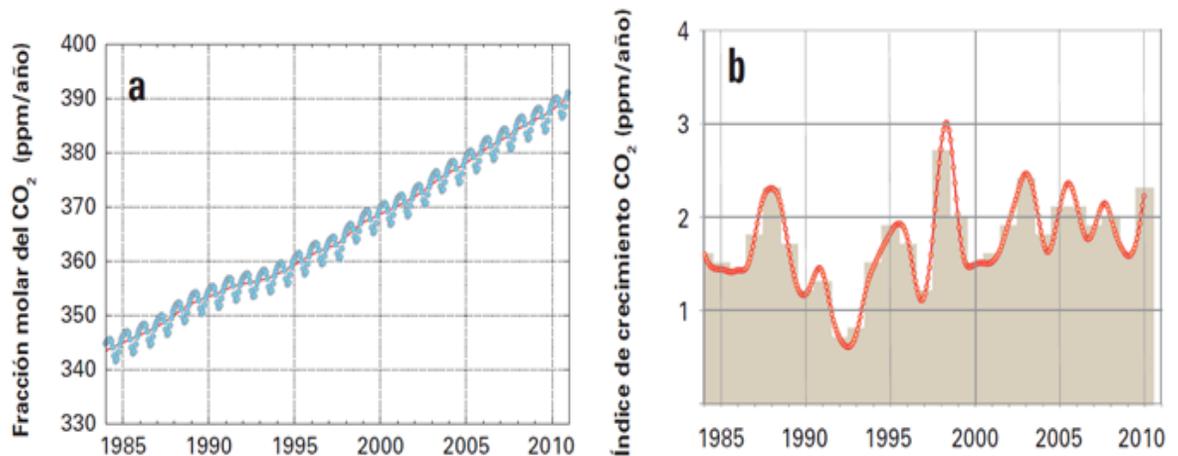
Fuente: (Ministerio de Minas y Energía , s.f.)

Esta tendencia de precios es uno de los factores a utilizar en las estimaciones de los ahorros de la alternativa de eficiencia energética propuesto.

2.1.2 Crisis Ambientales

Si bien la energía genera un desarrollo en la sociedad, también genera un fuerte impacto dentro del ecosistema. El calentamiento global es el fenómeno natural que retiene el calor en el planeta manteniendo la temperatura en los niveles permisibles para la vida, pero actualmente su ciclo recibe una mayor cantidad de gases que los que es capaz de reinvolucrar dentro de sus cadenas. Durante aproximadamente los 10.000 años anteriores a la revolución industrial, la abundancia atmosférica de CO₂ se situó casi constantemente en unas 280 ppm. Ese nivel representaba un equilibrio entre la atmósfera, los océanos y la biosfera. Desde 1750 el CO₂ atmosférico ha aumentado en un 39% a causa principalmente de las emisiones de la quema de combustibles fósiles, la deforestación y el cambio del uso de la tierra (Organización Meteorológica Mundial, 2011). Esta tendencia se puede confirmar con los niveles de dióxido de carbono medidos desde la revolución industrial hasta el 2010.

Figura 4. Promedio mundial de la fracción molar del CO₂



a) Su índice de crecimiento b) desde 1984 hasta 2010. El índice de crecimiento medio anual se muestra mediante columnas en b)

Fuente: (Organización Meteorológica Mundial, 2011)

2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO

Para la Universidad ICESI, como institución educativa, los recursos físicos y tecnológicos son uno de los objetivos estratégicos planteados, ya que es uno de los factores claves para la formación educativa. A lo largo de historia ha adquirido nueve (9) lotes para su expansión, pasando de 45.843 m² a 98.035 m² propios, con un total de áreas construidas de 43.473 m², las cuales en su diseño incluyen aire acondicionado, exceptuando zonas de tránsito como pasillos, baños, cafeterías y parqueaderos.

Tomando como referencia la distribución de consumo energético para el sector educativo, se estima que el 30 % del consumo energético se utiliza en sistemas de refrigeración y/o calefacción. Dado que la Universidad para el 2012 calculó 9,68 metros cuadrados por cada alumno diurno, se puede concluir que el objetivo de disponibilidad de recursos, como parte de su visión de futuro al año 2022, conlleva la expansión y acceso a áreas nuevas con recursos demandantes de energía.

2.3 ANÁLISIS DOFA

Con el fin de entender el potencial y retos de un proyecto de eficiencia energética dentro en una institución educativa, a partir de una tendencia global de crisis energética marcada y unas iniciativas regionales fuertes en innovación se realizó el análisis interno y externo (ver tabla 1), con base en iniciativas de universidades similares en la región, tendencias normativas nacionales y visión de futuro de Universidad ICESI. (Universidad ICESI, 2013).

Se definirá de qué forma podría mejorar este desempeño energético a fin de lograr este mejoramiento operacional.

Tabla 1. Análisis DOFA

FORTALEZAS	DEBILIDADES
F1. Especialización en Medio Ambiente F2. Objetivos Estratégicos F3. Recursos F4. Innovación F5. Reconocimiento Sector Académico F6. Información Completa del consumo de la Universidad F7. Convenio con Sector Industrial	D1. Grupos de Investigación de Nuevas Tecnologías - Univalle / Autónoma D2. Desconocimiento sobre eficiencia energética D3. Resistencia al Cambio D4. Confidencialidad de la Información D5. No proyección de construcciones Verdes - Arq. Verde o Sostenible
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
O1. Beneficios Tributarios a la Inversión Ambiental en IVA e Impuesto a la Renta O2. Mejoramiento en Costos Operacionales O3. Negociación de la tarifa de energía o compra en Bolsa	A1. Cambios en Legislación Ambiental A2. Variación de precio/tarifa de energía A3. Racionamientos por consecuencias del Cambio Climático

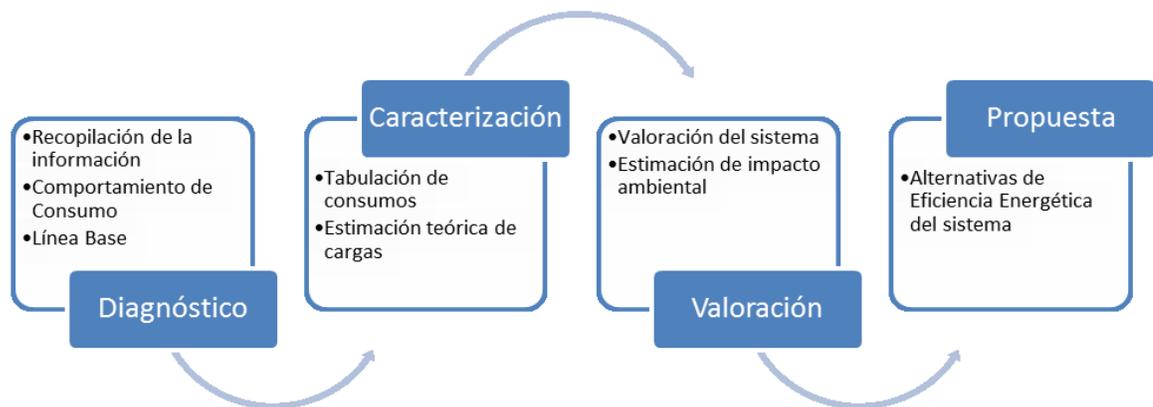
Fuente: (Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012; Presidencia de la República, 1997; Congreso de la República, 1997; UPME, 2012)

Se encuentra en la eficiencia energética una oportunidad de mejora en los costos operativos de la Universidad ICESI, ligado a las características y procesos que adelanta.

3. METODOLOGÍA

El proceso de la valoración se realizó mediante el desarrollo de cuatro (4) etapas claves:

Figura 5. Flujograma de proceso de valoración



Etapa 1. Diagnóstico: Cálculo de la demanda de consumo: análisis del comportamiento de consumo, mapa energético, censo de carga, inventario de equipos o sistemas. Establecimiento de la línea base de comparación. Identificación de los equipos críticos: análisis Pareto

Etapa 2. Caracterización: Cuantificación económica de la pérdida: cálculo de la pérdida energética en pesos por sistema de aire, según tarifa de servicio.

Etapa 3. Valoración ambiental de la ineficiencia energética: Cálculo del impacto ambiental generado en unidades de dióxido de carbono.

Etapa 4. Evaluación de propuestas de mejora de eficiencia energética del sistema de aire acondicionado: Evaluación de alternativas de mejora de la eficiencia energética. Ahorros por Gestión Tecnológica, por Gestión de la Demanda, por Gestión de Tarifa. Se plantea la relación costo/beneficio de cada propuesta y se priorizan de acuerdo a dichos resultados.

4. APLICACIÓN

4.1 ESTRATEGIA DE LA COMPAÑÍA Y PROYECTO

Utilizando las fortalezas de: innovación, responsabilidad social y recursos se puede lograr el desarrollo o diseño de tecnologías de largo plazo, como diseño de lámparas solares, baterías solares, o sistemas de recuperación o recirculación de agua; apoyados en carreras como Especialización en Medio Ambiente, Diseño Industrial, Ingeniería Industrial; influencia a la comunidad con programas de responsabilidad, concienciación ambiental a través del ejemplo reducción de los costos operacionales por mejoramiento del sistema de aire acondicionado.

4.2 CIFRAS DEL PROYECTO

Es importante tener como referencia las características del sistema energético de la Universidad ICESI, como:

- El aire acondicionado funciona mediante dos (2) unidades manejadoras de aire acondicionado que distribuye a las áreas requeridas.
- El consumo energético de la Universidad está generalizado, no se tiene cálculos por áreas.

Los datos de consumo de la Universidad ICESI tomados como referencia, corresponden a los consumos facturados por la empresa que presta el servicio de energía. Estos reportes fueron suministrados físicamente por el Coordinador de Mantenimiento e Ingeniería, y consolidados por los autores en la tabla 2.

Para el análisis y propuesta se analizó la tendencia de un año académico, con base en las facturas de consumo de julio 2012 a Julio 2013, ya que la tendencia de este rango representa el comportamiento energético de la Universidad y permite valorar el sistema.

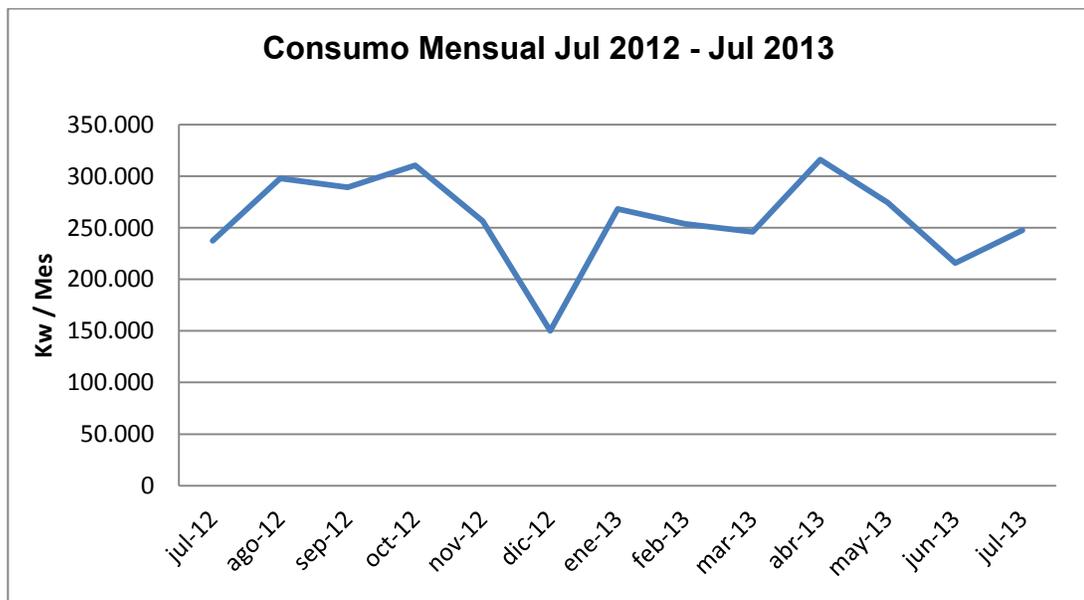
Tabla 2. Consumo Histórico Energético de la Universidad ICESI

Mes	Kw H	Días	kw/Día
jul-12	318.993	31	10.290
ago-12	400.331	31	12.914
sep-12	401.485	30	13.383
oct-12	417.396	31	13.464
nov-12	356.312	30	11.877
dic-12	201.681	31	6.506
ene-13	360.353	31	11.624
feb-13	377.408	28	13.479
mar-13	330.763	31	10.670
abr-13	438.849	30	14.628
may-13	368.778	31	11.896
jun-13	299.513	30	9.984
jul-13	332.858	31	10.737

Fuente: (Proveedor servicio de energía, s.f.)

Partiendo de esta información se calculan los consumos mensuales, para poder conocer la tendencia de consumo en meses normales de la operación. Esta información se encuentra consolidada en la figura 6.

Figura 6. Tabulación del Consumo Energético Mensual Universidad ICESI



Fuente: (Proveedor servicio de energía, s.f.)

4.3 EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO EDIFICIO D

El sistema de aire acondicionado del edificio D, está conectado a una unidad de aire manejadora los cuales abastecen todos los salones de este edificio. Adicionalmente, algunos salones o cuartos tienen equipos especiales tal como se detalla en la Tabla No 3. Listado de Equipos Edificio D.

Tabla 3. Listado de Equipos Edificio D

Nombre	Bloque	Enfriamiento
SALONES 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207,208, 209, 210, 211, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411	D	UMA,HIDRONICA
AUDITORIO, VARELA S.A,EQUIPO # 1	D	UMA,HIDRONICA
AUDITORIO, VARELA S.A, EQUIPO # 2	D	UMA,HIDRONICA
CUARTO DE CABLEADO 1 PISO, 2 PISO, 3 PISO Y 4 PISO		FANCOIL,HIDRONICO
CAMARA GESELL,EQUIPO # 1	D	FANCOIL,HIDRONICO
CAMARA GESELL,EQUIPO # 2	D	FANCOIL,HIDRONICO
CAMARA GESELL,EQUIPO # 3	D	FANCOIL,HIDRONICO
SECRETARIA	D	FANCOIL,HIDRONICO

Fuente: (Solarte, R.A., 2013)

4.4 ANTECEDENTES DEL SISTEMA

El sistema de aire acondicionado es una planta de enfriamiento con condensación por agua y consta de los siguientes equipos principales:

2 enfriadores de agua marca TRANE de 200 Toneladas de Refrigeración (TR): trabajan de manera continua desde las 7:00 am hasta las 9:30 pm, no tienen unidad de respaldo y tienen variadores de velocidad, los cuales regulan la carga de trabajos de los equipos de acuerdo a las exigencias de temperatura del sistema.

2 Torres de enfriamiento de 250 GPM: trabajan de manera continua desde las 7:00 am hasta las 9:30 pm, no tienen unidad de respaldo y cuentan con motores de velocidad variable.

Sistema de bombeo de recirculación: cuenta con motores de velocidad variable y tuberías con aislamiento.

El edificio D consta de 53 unidades clasificadas en manejadoras y *fancoils*², las cuales en su totalidad son del tipo hidrónicas (manejo de agua fría a través de tuberías para generar bajas temperaturas), es decir que trabajan con el agua fría enviada desde las unidades de enfriamiento.

Las unidades manejadoras son prendidas o apagadas manualmente por el personal encargado, de acuerdo a la ocupación o no por clase del salón.

Tienen sistemas de filtración al 80% de retención y manejadoras con válvulas solenoides para regular el paso de agua fría de acuerdo a la exigencia del equipo y con motores con variador de velocidad.

El punto de ajuste de la temperatura de enfriamiento es 23°C medido con termostatos en los retornos de aire. El sistema está programado para que la temperatura a la salida de agua sea 5°C.

² *Fancoils*: Es un ventilador convectivo, que intercambia frío o de calor y es parte integral del sistema de aire acondicionado.

5. ANÁLISIS Y PROPUESTA TÉCNICA

5.1 ANÁLISIS

Con base en los puntos de ajuste de control del sistema de refrigeración, la pérdida energética del sistema se encuentra en la diferencia de temperatura entre el agua de salida del enfriador de agua y el aire de retorno.

Cabe aclarar que no existe una respuesta teórica aplicable a todos los sistemas, ya que depende del tipo de circulación, carga térmica del proceso, parámetros de ajuste, tipo de refrigerante, porcentaje de humedad, presión de trabajo del equipo, entre otros.

Para este análisis, se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

Temperatura de salida: 05° C

Temperatura de retorno: 23°C

Presión baja equipo: 35.4 PSI

Presión alta equipo: 153.4 PSI

Refrigerante: R 134A

Al chequear estos datos se debe revisar un concepto clave en los sistemas de aire acondicionado, llamado Síndrome Bajo Delta-T, que se produce cuando el sistema está funcionando por debajo del Delta-T con carga parcial (Blackmore and glunt inc, 2013).

Dado que la capacidad de un enfriador está directamente relacionada con el diferencial de temperatura, se deduce que problemas con el Delta T afectan igualmente la capacidad del enfriador.

Aunque la eficiencia energética es un concepto relativamente nuevo, las mejoras en los sistemas se han realizado a partir de pruebas y retos dentro de los sistemas. Por ejemplo: el Instituto Tecnológico de Massachusetts, tras enfrentar los costos relacionados con el síndrome de bajo Delta T, decidió poner a prueba la nueva tecnología *Energy Valve* en la Biblioteca Charles Hayden, con la cual ha logrado elevarlo. El Síndrome de bajo Delta T es un problema común (y costoso) en muchas grandes instalaciones, especialmente en campus con edificaciones esparcidas y con plantas centrales de agua helada. Este siempre ha sido, y aún lo es, el caso del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés); sin embargo, hoy el problema no es tan severo como solía serlo. Los ingenieros que trabajan en el área de Planificación de Servicios y Sostenibilidad de la Universidad creen que la situación continuará mejorando (Mundo HVAC, 2012).

Adicionalmente, dentro de la información de aplicación suministrada por Trane (marca del enfriador de la Universidad ICESI) en uno de sus manuales, en el tema de caída de la temperatura de alimentación de agua afirma:

Los datos de rendimiento de la enfriadora de condensación por aire de Trane están basados en una caída de la temperatura del agua enfriada de 5,0°C. Las caídas de la temperatura del agua enfriada desde 3,3 a 10°C pueden utilizarse siempre que no se sobrepasen las temperaturas máxima y mínima del agua ni los caudales. Las caídas de temperatura que sobrepasen estos límites se encuentran por encima del límite óptimo para efectuar el control, y pueden afectar de forma negativa a la capacidad del microprocesador para mantener un rango de temperatura de agua enfriada aceptable. Además, las caídas de temperatura inferiores a 3,3°C pueden provocar un sobrecalentamiento inadecuado del refrigerante. (TRANE, s.f.)

Es decir, tomando como referencia los parámetros mencionados anteriormente, se puede definir que el delta de temperatura está por fuera del rango, generando una gran pérdida en el sistema. Sin afectar el confort térmico de las aulas, este sistema permite aumentar la

temperatura de salida del agua en 8°C, con los que se tendría un delta de 10°C en el sistema. Entonces el agua de salida del equipo podrá ajustarse a 13°C.

Esta variación, de acuerdo a las características del sistema permite una reducción de 30% del consumo energético del sistema de enfriamiento. Al no tener cuantificado de forma separada los consumos de energía, el total de los Kw-H reducidos se calcula con los datos teóricos de consumo del equipo, lo cual da un total de reducción de 12.397 Kw-H, lo que equivale al 3,5% del total de la factura.

En términos ambientales, dado que Colombia aprobó en el Congreso de la República mediante la Ley 629 de 2000 las obligaciones cuantificadas de reducción de emisiones de gases efecto invernadero, y el Ministerio de Minas y Energía a través de la Resolución 180947 de 2010 definió en su Artículo No 1:

Adoptar el Factor de Emisión correspondiente al año 2008, de 0.2849 kg CO₂e/kWh para el cálculo de las reducciones de emisiones de gases con efecto invernadero para los proyectos de generación de energía eléctrica que se encuentran conectados al Sistema Interconectado Nacional.

Con base en lo anterior, este proyecto generaría una reducción anual de 3.531 kg CO₂e.

5.2 PROPUESTA

Se ha resaltado la oportunidad de mejora del sistema de aire acondicionado, pues la Universidad cuenta con equipos de muy buena calidad con los aditamentos correctos. La propuesta consiste en *instalar un sistema de control de encendido, funcionamiento y apagado de las unidades manejadoras, el cual debe ordenar el funcionamiento de todos los equipos de trabajo variable.*

Al ser equipos diseñados para confort, el objetivo es garantizar el grado óptimo de confort o condiciones especificadas para cada zona, minimizando el uso de energía.

Las principales funciones de éste sistema de control se consolidan en la tabla 4. En la figura 7 se ilustran los equipos.

Tabla 4. Sistema de Control

Item	Especificación
Unidades acondicionadoras	<p>El control deberá coordinar las siguientes funciones: Arranque, parada del ventilador de suministro de aire y actuación de la válvula de 2 vías (solenoides) dependiendo la temperatura que registre el sensor del ambiente así: Cuando la unidad acondicionadora se encuentre en modo apagada, la válvula de 2 vías de agua fría estará cerrada y no habrá flujo de agua al serpentín Cuando la unidad acondicionadora arranque, la válvula de 2 vías de agua fría permitirá el paso de agua fría a través del serpentín y se modulará de acuerdo a la temperatura del sensor localizado en el ambiente Los equipos podrán ser apagados o prendidos por sobremando o por programación de horario desde la central de control El controlador deberá estar en capacidad de reportar lo siguiente: Estado del ventilador de suministro de la manejadora Posibilidad de cambio del punto de control de temperatura Temperatura del sensor del conducto de retorno y del ambiente Temperatura de suministro Pérdida de flujo de aire Filtros sucios (caída de presión)</p>
Enfriadores de agua y bombas:	<p>El control deberá coordinar las siguientes funciones: Arranque y parada del enfriador de agua y la bomba Los equipos podrán ser arrancados o parados en forma individual El sistema debe optimizar el uso de las bombas de acuerdo a su carga de trabajo minimizando así el consumo de energía</p>
Gráficos	<p>El sistema de control debe proveer como mínimo las siguientes gráficas. (Ver Figura No 7): Plano de planta de las áreas, mostrando la localización de los sensores, punto de ajuste y condición en tiempo real. Gráfica de cada unidad manejadora mostrando las condiciones de los sensores vinculados. Gráfico de cada ventilador mostrando las condiciones del sensor de presión diferencial.</p>

Figura 7. Ejemplo de Gráficos suministrados por el Sistema



- A. Aditamento a instalar
- B. Plano de áreas y condiciones del sistema
- C. Tendencia de Funcionamiento
- D. Programación del Sistema de Funcionamiento

Adicionalmente, este sistema tendrá las siguientes características:

- La información será actualizada cada 30 segundos.

- El tiempo de respuesta entre una orden dada a un objeto por la operación del sistema y la reacción física es 10 segundos.

- El máximo tiempo desde que un objeto entra en su estado de alarma hasta que es enunciado en la estación de trabajo será de 45 segundos.

- Permite la programación individual de cada uno de los elementos del sistema.

6. VALORACIÓN FINANCIERA

Esta valoración fue realizada para este proyecto, teniendo en cuenta tres conceptos financieros claves los cuales permiten definir la viabilidad del proyecto:

Valor presente neto (VPN): esta medición equivalente del valor del proyecto se utiliza

Para determinar una decisión de inversión, una empresa utiliza el valor presente neto (VPN) del ingreso futuro proveniente de la inversión. Para calcularlo, la empresa utiliza el valor presente descontado (VPD) del flujo de rendimientos netos (futuros ingresos del proyecto) tomando en cuenta una tasa de interés, y lo compara contra la inversión realizada. Si el valor presente descontado es mayor que la inversión, el valor presente neto será positivo y la empresa aceptará el proyecto; si el valor presente descontado fuera menor que la inversión la empresa lo rechazaría” (Valor Presente Neto, s.f.).

El VPN debe ser mayor a cero para que el proyecto sea atractivo

Tasa interna de retorno (TIR): en conjunto con el VPN permite analizar la rentabilidad de un proyecto, ya que “es la tasa que iguala el valor presente neto a cero. También es conocida como tasa crítica de rentabilidad cuando se compara con la tasa mínima de rendimiento requerida (tasa de descuento) para un proyecto de inversión específico”. (Tasa Interna de Retorno, s.f.). La TIR debe ser mayor que la tasa de oportunidad del negocio para que el proyecto sea atractivo.

Análisis de sensibilidad: este tercer elemento permite identificar los elementos sensibles ante una variación en el proyecto, y consiste en calcular los nuevos flujos de caja y el VPN (en un proyecto, en un negocio, entre otros), al cambiar una variable (la inversión inicial, la duración, los ingresos, la tasa de crecimiento de los ingresos, los costos). De este modo teniendo los nuevos flujos de caja y el nuevo VPN se pueden calcular o mejorar las estimaciones sobre el proyecto a comenzar; en el caso de que esas variables cambiasen o

existiesen errores iniciales de apreciación por parte de los autores en los datos obtenidos inicialmente.

6.1 FACTORES TENIDOS EN CUENTA EN EL ANÁLISIS FINANCIERO:

6.1.1 Costo de la Inversión

Los costos de la inversión corresponden a precios promedio de mercado para este tipo de equipos.

Equipos:	\$75.000.000
Cableado	\$25.000.000
Software	\$7.000.000
PC	\$3.000.000

6.1.2 Impuestos

En esta valoración dada la naturaleza de la Universidad ICESI, una entidad sin ánimo de lucro, no se tienen en cuenta los Impuestos (está exenta). Por lo anterior para el ejercicio no se tiene en cuenta este valor.

6.1.3 Beta del Sector

Siendo el Beta un valor de referencia de mercado, utilizado para reflejar el comportamiento del sector, para este ejercicio se tomó el coeficiente de la página del Profesor Damodaran (Adamodar, s.f.). El valor Beta para países emergentes (incluidos América Latina) se encuentra relacionado en la tabla 5.

Tabla 5. Valores de Beta por sector para países emergentes

<i>Industry Name</i>	<i>Number of firms</i>	<i>Beta</i>	<i>D/E Ratio</i>	<i>Tax rate</i>	<i>Unlevered beta</i>	<i>Cash/Firm value</i>	<i>Unlevered beta corrected for cash</i>
Educational Services	73	1,27	12,83%	8,79%	1,14	5,14%	1,20

Fuente: (Adamodar, s.f.).

6.1.4 Ahorro de energía

Se estiman los ahorros del proyecto en un 3,5% debido a la experiencia de los autores en situaciones similares en las empresas donde laboran, y se aplica sobre el promedio de los consumos del último año.

Se asume que el precio del Kw-H crece al ritmo de la inflación.

6.2 ANÁLISIS FINANCIERO

Teniendo en cuenta los factores mencionados en el numeral anterior, el análisis financiero fue realizado para un período de 10 años.

La información consolidada en la tabla 6 para realizar la valoración está organizada en 6 momentos:

1. Parámetros Ambientales y del Proyecto
2. Secuencias: Préstamo y Depreciación
3. Flujo de Fondos
4. Tasa de Oportunidad
5. Cierre
6. Evaluación

Para el proyecto la valoración se resume en la tabla 6.

Tabla 6. Análisis financiero

MOMENTO		(años)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PARÁMETROS	PARÁMETROS AMBIENTALES												
	Impuestos	(%)		0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Inflación	(%a)		5,50%	5,00%	4,50%	4,50%	4,50%	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%
	Depreciación %	(%a)		20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	20,0%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
	Renta libre de riesgo en la economía	(%a)		10,0%	8,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
	Renta de mercado	(%a)		30,0%	25,0%	22,0%	22,0%	22,0%	22,0%	22,0%	22,0%	22,0%	22,0%
	b sector			1,270	1,270	1,270	1,270	1,270	1,270	1,270	1,270	1,270	1,270
	PARÁMETROS DEL PROYECTO												
	Inversión en equipo	(MMS)	110.000										
	Ahorros en Kw-H	Kw-H		12.397	12.397	12.397	12.397	12.397	12.397	12.397	12.397	12.397	12.397
	Precio del Kw-H	\$/Kw-H		175	185	194	203	212	221	229	237	245	254
	Meses al año	Mes		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	Ahorros en consumo de energía	(MMS)		26.034	27.466	28.840	30.137	31.494	32.911	34.063	35.255	36.489	37.766
	Capital trabajo	(MMS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Costos fijos (sin depreciación)	(MMS)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Factor de costos variables sobre ventas	(%)											
	Préstamos para inversión	(MMS)	110.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tasa de interés	(%a)		16,5%	16,5%	16,5%	16,5%	16,5%	16,5%	16,5%	16,5%	16,5%	16,5%
	Amortizaciones de préstamo	(MMS)		22.000	22.000	22.000	22.000	22.000					
	Endeudamiento (Deuda Total/Activos Totales) de la Empresa	(%)		10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
SECUENCIAS	PRÉSTAMO												
	Préstamos para inversión	(MMS)	110.000										
	Saldo deuda, Inicio período	(MMS)		110.000	88.000	66.000	44.000	22.000	0	0	0	0	0
	Amortizaciones de préstamo	(MMS)		22.000	22.000	22.000	22.000	22.000	0	0	0	0	0
	Saldo deuda, Final período	(MMS)		88.000	66.000	44.000	22.000	0	0	0	0	0	0
	Tasa de interés	(%a)		16,5%	16,5%	16,5%	16,5%	16,5%	16,5%	16,5%	16,5%	16,5%	16,5%
	INTERESES	(MMS)		18.150	14.520	10.890	7.260	3.630	0	0	0	0	0

MOMENTO		(años)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FLUJO DE FONDOS	DEPRECIACIÓN												
	Valor Base de Depreciación	(MMS)	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000	110.000
	Valor en Libros (Inicio período)	(MMS)		110.000	88.000	66.000	44.000	22.000	0	0	0	0	0
	Depreciación	(MMS)		22.000	22.000	22.000	22.000	22.000	0	0	0	0	0
	Valor Final Libros del Equipo, Final Período	(MMS)		88.000	66.000	44.000	22.000	0	0	0	0	0	0
	FF INVERSIÓN												
	Inversión en equipo	(MMS)	100.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Capital trabajo	(MMS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Incremento en capital de trabajo	(MMS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ff requeridos para inversión	(MMS)	110.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Préstamos	(MMS)	110.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FFN DE LA EMPRESA EN INVERSIÓN	(MMS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	FF OPERACIÓN												
	Ahorros en Kw-H	Kw-H		12.397	12.397	12.397	12.397	12.397	12.397	12.397	12.397	12.397	12.397
	Precio	(M\$/ud)		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	Ahorros en consumo de energía	(MMS)		26.034	27.466	28.840	30.137	31.494	32.911	34.063	35.255	36.489	37.766
	Costo Variable	(MMS)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Costo Fijo	(MMS)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	DEPRECIACIÓN	(MMS)		22.000	22.000	22.000	22.000	22.000	0	0	0	0	0
	COSTOS incluyendo DEPRECIACIÓN	(MMS)		22.000	22.000	22.000	22.000	22.000	0	0	0	0	0
UTILIDAD OPERATIVA	(MMS)		4.034	5.466	6.840	8.137	9.494	32.911	34.063	35.255	36.489	37.766	
INTERESES	(MMS)		18.150	14.520	10.890	7.260	3.630	0	0	0	0	0	
UTILIDAD GRAVABLE	(MMS)		-14.116	-9.054	-4.050	877	5.864	32.911	34.063	35.255	36.489	37.766	
IMPUESTOS	(MMS)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
UTILIDAD NETA	(MMS)		-14.116	-9.054	-4.050	877	5.864	32.911	34.063	35.255	36.489	37.766	
DEPRECIACIÓN	(MMS)		22.000	22.000	22.000	22.000	22.000	0	0	0	0	0	
PAGOS PRÉSTAMOS	(MMS)		22.000	22.000	22.000	22.000	22.000	0	0	0	0	0	
FLUJO FONDOS OPERACIÓN	(MMS)		-14.116	-9.054	-4.050	877	5.864	32.911	34.063	35.255	36.489	37.766	

MOMENTO		(años)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	FLUJO DE FONDOS NETO	(MMS)	0	-14.116	-9.054	-4.050	877	5.864	32.911	34.063	35.255	36.489	37.766
TASA OPORTUNIDAD	COSTO DE CAPITAL												
	Endeudamiento (D/A)	(%)		10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
	Tasa de Impuestos	(%)		0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	b sector			1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
	b			1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
	Renta libre de riesgo	(%a)		10,0%	8,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%
	Renta de mercado	(%a)		30,0%	25,0%	22,0%	22,0%	22,0%	22,0%	22,0%	22,0%	22,0%	22,0%
	Costo de capital propio	(%a)		38,22%	31,99%	28,99%	28,99%	28,99%	28,99%	28,99%	28,99%	28,99%	28,99%
	Costo de deuda	(%a)		16,5%	16,5%	16,5%	16,5%	16,5%	16,5%	16,5%	16,5%	16,5%	16,5%
	WACC	(%a)		36,05%	30,44%	27,74%							
CIERRE	CONTINUIDAD												
	Crecimiento	(%a)			-35,86%	-55,26%	-121,6%	568,3%	461,28%	3,50%	3,50%	3,50%	3,50%
	Crecimiento en Estado Estable	(%a)											3,50%
	Valor de Continuidad	(MMS)											161.253
EVALUACIÓN	FLUJO DE FONDOS CON CONTINUIDAD	(MMS)	0	-14.116	-9.054	-4.050	877	5.864	32.911	34.063	35.255	36.489	199.018
													3.002
	WACC	(%a)	20%	36,05%	30,44%	27,74%							
	VALOR PRESENTE NETO		50.327										
	FACTOR DESCUENTO A 1 AÑO			0,735	0,766	0,782	0,782	0,782	0,782	0,782	0,782	0,782	0,782
	FACTOR DESCUENTO A T = 0		1,000	0,7350	0,5634	0,4411	0,3453	0,270	0,2116	0,1656	0,1296	0,1015	0,0794
	VALOR PRESENTE DE FFN	(MMS)	0	-10.375	-5.102	-1.787	303	1.585	6.965	5.643	4.572	3.705	15.819
	VPN	(MMS)	21.328										
	TIR	(%a)	44,6%										
	RECUPERACIÓN												
	VPN hasta T	(MMS)		(10.375)	(15.477)	(17.264)	(16.961)	(15.376)	(8.411)	(2.767)	1.805	5.510	8.512
	RECUPERADO	(MMS)											
PERÍODO DE RECUPERACIÓN	(años)												7,16

Fuente: Formato elaborado por el Prof. Guillermo Buenaventura. Datos son del Proyecto

6.3 ANÁLISIS DEL PROYECTO POR SITUACIONES

Partiendo de lo anterior, se realiza un análisis por situaciones para identificar el comportamiento del proyecto en tres situaciones: pesimista, esperado y optimista.

Los resultados de este análisis se encuentran consolidados en la tabla 7.

Tabla 7. Análisis de sensibilidad por situaciones

Variable	Pesimista	Esperado	Optimista
Inflación	50%	100%	200%
Precio	90%	100%	105%
Costo variable	100%	100%	100%
Tasa de interés	150%	100%	70%
VPN (mm\$)	Pesimista	Esperado	Optimista
Inflación	12.594	21.328	43.645
Precio	11.032	21.328	26.476
Costo variable	21.328	21.328	21.328
Tasa de interés	4.390	21.328	31.766
TIR(%a)	Pesimista	Esperado	Optimista
Inflación	38,45%	44,63%	57,44%
Precio	35,83%	44,63%	49,84%
Costo variable	44,63%	44,63%	44,63%
Tasa de interés	31,38%	44,63%	60,38%

6.4 ANÁLISIS DEL PROYECTO POR ESCENARIOS

Considerando que es imposible predecir los cambios en el entorno, este análisis es una herramienta adicional para la toma de decisiones, ya que tiene en cuenta los posibles escenarios del proyecto. Este análisis también se realiza para las tres situaciones: optimista, esperado y pesimista.

Los resultados de este análisis se encuentran consolidados en la tabla 8.

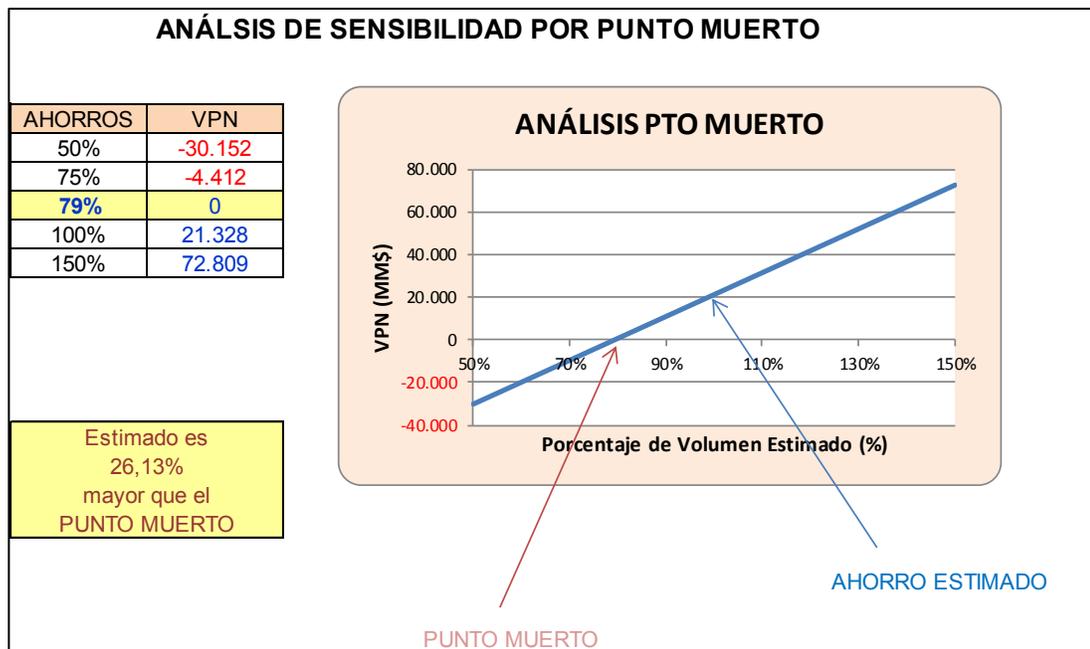
Tabla 8. Análisis de sensibilidad por escenarios

Escenario (Δ PIB)	Optimista	Esperado	Pesimista
Inflación	75%	100%	140%
Precio	90%	100%	105%
Costo variable	100%	100%	100%
Tasa de interés	85%	100%	130%
Volumen	100%	100%	100%
VPN (mm\$)	11.961	21.328	24.264
TIR (%a)	37,44%	44,63%	43,95%

6.5 ANÁLISIS DEL PROYECTO POR PUNTO MUERTO

Con este análisis unidimensional se puede conocer a partir qué de punto el proyecto empieza a tener beneficios. Este cálculo está relacionado en la figura 8.

Figura 8. Análisis de sensibilidad por punto muerto



6.6 RESUMEN DE RESULTADOS

Con base en lo anterior, los resultados financieros de este proyecto modificando los puntos de control de la temperatura son:

- El proyecto tiene un valor presente neto (VPN) de \$21,328.000. Al ser positivo, significa que está generando valor a la compañía y el proyecto debería ser aceptado. Es decir que los beneficios del proyecto son mayores que la inversión. Todo lo anterior basado en el escenario más probable (esperado).
- La tasa interna de retorno (TIR) es del 44,63%, el cual está por encima del WACC³ de la Universidad ICESI que es del 36.05% para el año1, siendo el mayor para el periodo de análisis. Lo anterior, sumado al VPN, hace atractivo el proyecto basado en el escenario más probable (esperado).

El análisis de sensibilidad, permite analizar el proyecto desde distintos puntos de vista, considerando escenarios o situaciones que puedan presentarse:

- Es un proyecto con solidez financiera, ya que bajo todos los posibles escenarios y situaciones el proyecto presenta un VPN positivo.
- Mirando el punto muerto del proyecto, el estimado de los ahorros esta 26,13% por encima del mínimo requerido (punto muerto) para que el VPN sea cero.

³ WACC: del inglés (*Weighted Average Cost of Capital*) o *costo medio de capital*. Corresponde a la tasa con la cual se descuenta los flujos operativos para valorar un proyecto o empresa.

7. CONCLUSIONES

- El aire acondicionado es uno de los recursos de infraestructura y físico tenido en cuenta para garantizar el confort de los estudiantes durante el proceso de aprendizaje, siendo la eficiencia energética una oportunidad de ahorro para la institución.
- Este proyecto de mejoramiento energético integra conocimiento técnico interdisciplinario de los autores y apalanca la misión, visión y objetivos de la institución.
- La eficiencia energética es una herramienta metodológica que permite mejorar el sistema de aire acondicionado, reduciendo el consumo energético, contribuyendo así con la visión de la empresa.
- Este trabajo presenta una metodología para la valoración energética que se sintetiza en: análisis técnico, propuesta de mejora, cálculo de ahorros y obtención de cifras futuras y valoración.
- La implementación del proyecto puede realizarse en dos etapas, la primera parte que incluye modificar las temperaturas de funcionamiento del equipo se puede realizar previo al sistema de control, y de esta manera retar el sistema de aire acondicionado y posteriormente la automatización del sistema.
- El seguimiento de la tendencia de consumo es una herramienta clave el control de pérdidas energéticas del sistema.
- En proyectos futuros de infraestructura la Universidad debería construir una guía de uso eficiente de los recursos energéticos, e incluirla desde la etapa de diseño del proyecto potencializando los recursos internos de la institución.

BIBLIOGRAFÍA

Blackmore and glunt inc. (2013). Recuperado el 2013, de <http://www.b-g.com/esc.html>

Adamodar. (s.f.). Recuperado el 2013, de <http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>.

Bp.com. (2013). *Precios aceites*. Recuperado el 2013, de <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/statistical-review-of-world-energy-2013/review-by-energy-type/oil/oil-prices.html>

Congreso de la República . (1997). *Ley 373 de 1997 por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro de agua*. Recuperado el 2013, de http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/1997/ley_0373_1997.html

ECOPETROL. (2011). *El Petróleo y su mundo*. Recuperado el 20 de octubre de 2013, de El Petróleo y su mundo. ECOPEOTROL. Disponible en: <http://www.ecopetrol.com.co/especiales/elpetroleoysumundo/sumundo.htm>
Consultado: 20 de octubre de 2013.

ECOPETROL. (s.f.). *El petróleo y su mundo*. Recuperado el 20 de octubre de 2013, de Disponible en: <http://www.ecopetrol.com.co/especiales/elpetroleoysumundo/sumundo.htm>

Ministerio de Minas y Energía . (s.f.). *Datos del Sistema de Información eléctrico colombiano. SIEL*. Recuperado el 2013, de http://www.upme.gov.co/GeneradorConsultas/Consulta_Indicador.aspx?IdModulo=2&ind=4

Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Resolución 0186*. Recuperado el 2013, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=46257>

Ministerio de Minas y Energía. (2010). *Resolución 180947, por medio de la cual se adopta el factor de emisión de gases con efecto invernadero para los proyectos de generación de energía eléctrica conectados al Sistema Interconectado Nacional*. Bogotá.

Mundo HVAC. (2012). *Nueva tecnología eleva Delta T en el MIT*. Recuperado el 2013, de <http://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2012/10/nueva-tecnologia-eleva-delta-t-en-el-mit/>

Organización Meteorológica Mundial. (2011). *Boletín sobre gases efecto invernadero. Número 7: Estado de los gases efecto invernadero en la atmósfera según las observaciones mundiales realizadas en 2010*. Recuperado el 2013, de http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ghg/documents/GHGbulletin_7_es.pdf

Organización Meteorológica Mundial. (s.f.). *Boletín sobre gases efecto invernadero. Número 7: Estado de los gases efecto invernadero en la atmósfera según las observaciones mundiales realizadas en 2010*. Obtenido de Boletín sobre gases efecto invernadero. Número 7: Estado de los gases efecto invernadero en la atmósfera según las observaciones mundiales realizadas en 2010. Organización Meteorológica Mundial: tiempo, clima y agua. 21 Noviembre de 2011.

Organización Meteorológica Mundial. (2011). *Organización Meteorológica Mundial*. Recuperado el 2013, de http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ghg/documents/GHGbulletin_7_es.pdf

Presidencia de la República. (1997). *Decreto 3102 por el cual se reglamenta el art. 15 de la ley 373 de 1997 en relación a la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua*. Recuperado el 2013, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=3333>

Proveedor servicio de energía. (s.f.). *Datos de Información de Consumo facturado por el proveedor del servicio de energía. Información disponible en formato físico oficina de Mantenimiento e Ingeniería.* .

Tasa Interna de Retorno. (s.f.). Recuperado el 2013, de <http://www.pymesfuturo.com/tiretorno.htm>

Valor Presente Neto. (s.f.). Recuperado el 2013, de <http://www.gerencie.com/valor-presente-neto.html>)

Solarte, R.A. (2013). *Relación de equipos de aire acondicionado de la Universidad ICESI.* Cali.

Statistical Review of World Energy . (2013). *Review by energy type: Primary energy.* Recuperado el 2013, de <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/statistical>

TRANE. (s.f.). *Enfriadora de líquido de condensación por aire con módulo hidráulico integrado.* Bruselas.

Universidad ICESI. (2013). *Acercas de la universidad .* Recuperado el 21 de junio de 2013, de UNIVERSIDAD ICESI. ACERCA DE LA UNIVERSIDAD. Disponible en: http://www.ICESI.edu.co/resena_historica.php. Consultado Viernes 21 de Junio de 2013.

UPME. (2012). *Sistema de Información Eléctrico Colombiano. 2012. Indicadores.* Recuperado el 2013, de http://www.upme.gov.co/GeneradorConsultas/Consulta_Indicador.aspx?IdModulo=2&ind=4