

## Agenda 2030, Energy Efficiency and Corporate Responsibility on University Campuses in Ecuador. Case Study: Aerothermal Heating System in the Sports Center of the Universidad Técnica de Ambato.

### Agenda 2030, eficiencia energética y responsabilidad social en campus universitarios en Ecuador. Caso de estudio: Sistema de calentamiento aerotérmico en centro de deportes de la Universidad Técnica de Ambato.

Victor H. Molina-Dueñas<sup>1</sup>, Jorge López-Velástegui<sup>2</sup>, Diego Ocaña-Urbina<sup>3</sup>, Juan S. Molina-Abdo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Ambato, [vh.molina@uta.edu.ec](mailto:vh.molina@uta.edu.ec). Ambato - Ecuador

<sup>2</sup>Universidad Técnica de Ambato, [je.lopez@uta.edu.ec](mailto:je.lopez@uta.edu.ec). Amabato - Ecuador

<sup>3</sup>Empresa Eléctrica Ambato S. A., [docana@easa.com.ec](mailto:docana@easa.com.ec). Ambato - Ecuador

<sup>4</sup>Pontificia Universidad Católica del Ecuador, [jsmolina@puce.edu.ec](mailto:jsmolina@puce.edu.ec). Quito - Ecuador

ISSN: 2737-6060

#### *Abstract*

Climate change is experienced on a global scale. In 2015, the United Nations invited governments, organizations, and individuals to join Agenda 2030 and to achieve the Sustainable Development Goals (SDGs).

In this context, universities are identified as key players in promoting sustainable development among students, who are in the process of becoming professional practitioners and potentially future leaders of their communities.

This essay discusses strategies implemented by Universidad Técnica de Ambato (UTA) to incorporate renewable energy mechanisms into campus Huachi, particularly an aerothermal heating system in the sports centers, to promote sustainability as well as to support the achievement of SDGs.

**Index terms:** Renewable energy, energy efficiency, SDG, university campus.

#### *Resumen*

Los efectos del cambio climático se experimentan a escala global. En 2015 las Naciones Unidas invitaron a gobiernos, organizaciones e individuos a unirse a la Agenda 2030 y alcanzar Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

En este contexto, las universidades son identificadas como actores clave para promover desarrollo sostenible en estudiantes, quienes están en proceso de convertirse en profesionales y potencialmente futuros líderes de sus comunidades.

Este ensayo analiza estrategias implementadas por la Universidad Técnica de Ambato (UTA) para incorporar mecanismos de energías renovables en su campus universitario Huachi, particularmente un sistema de energía aerotérmica en el centro de deportes del campus, con el fin de promover la sostenibilidad y aportar a la consecución de los ODS.

**Palabras clave:** Energía renovable, eficiencia energética, ODS, campus universitario.

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la sostenibilidad ambiental es una preocupación debido a los efectos del crecimiento de la población, la industrialización, el cambio climático, el agotamiento de los recursos naturales, la necesidad de aprovechar recursos renovables, entre otros factores.

Si bien algunas de estas cuestiones han estado presentes a lo largo de la historia natural y humana, es el nivel de complejidad alcanzado, cuando interactúan a escala global, lo que preocupa a la generación actual. Además, desde la década de 1960, las tecnologías de la información y los medios de comunicación han permitido y brindado, respectivamente, cobertura mediática de los desastres ambientales, en particular los causados por la acción humana, casi en tiempo real en todo el mundo, han sensibilizado a los ciudadanos, alimentando el surgimiento de movimientos de base ambiental, reclamando un cambio, en diferentes latitudes.

En respuesta, a nivel internacional, se están promoviendo programas en favor del medio ambiente y sostenibilidad entre los gobiernos de todo el mundo desde la década de 1970; incluyendo, informes mundiales, conferencias y programas promovidos por las Naciones Unidas, como el Informe Brundtland 1987, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano de 1992 y, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

El enfoque especial de esta investigación es el *ODS 7 Energía Asequible y no Contaminante* y el papel que las universidades están desempeñando con respecto a las energías renovables dentro de sus campus universitarios.

## 2. PROPÓSITO

El propósito es estudiar el impacto en la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> y ahorros económicos generadas por el calentamiento mediante bombas de calor de la piscina de la Universidad Técnica de Ambato.

## 3. REVISIÓN DE LITERATURA

### 3.1. Fuentes de calentamiento de agua

El Instituto para el Estudio de la Energía de Oxford [1], indica que el calor puede ser producido por una amplia gama de tecnologías, la elección del sistema de calefacción tiene implícito una eficiencia que será estudiada en la presente investigación. En la Fig. 1 se muestra un resumen de las principales opciones para generar calefacción:

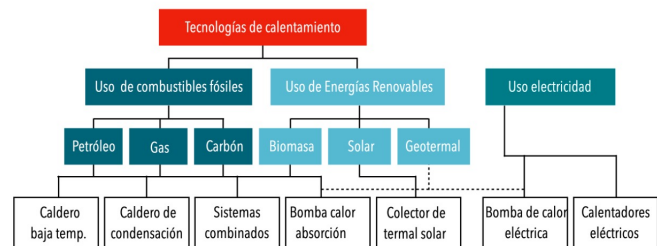


Figura 1: Principales opciones para generar calefacción.

\*Redibujado y traducido por autores

### 3.1. Eficiencia energética.

La eficiencia es la “capacidad para realizar o cumplir adecuadamente una función” [2], de donde podemos decir que la eficiencia energética busca gestionar la energía de manera que su consumo sea menor al promedio, comprometido con el medio ambiente, busca también que la energía sea suministrada en su mayoría por sistemas que utilizan energías renovables [3], como es el caso de la bomba de calor.

La bomba de calor es un sistema de calefacción, que ahorra combustible sin generar polvo, polución, humo, fuego, combustión y elimina los peligros operativos de los sistemas de calefacción convencional [4].

### 3.1. El papel de las universidades en la promoción de los valores y estilos de vida de la sostenibilidad.

Teniendo en cuenta la complejidad y la interdependencia de los ODS, y con el fin de hacer frente a los desafíos del desarrollo sostenible, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) identificó en 2015 el papel clave de la ciencia y las universidades en la búsqueda de soluciones y tecnologías innovadoras para las cuestiones globales; así como, en la preparación de profesionales para la implementación de esas soluciones a nivel local [5]. La visión de la UNESCO al 2030 sobre el papel de las universidades ha sido respaldada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), pero sumando a los problemas ambientales actuales, los cambios sociales como las sociedades envejecidas, la epidemia de obesidad, la migración masiva, el extremismo, los conflictos, etc. [6], todos ellos tienen un impacto a nivel mundial.

### 1.1. La relevancia de la promoción de los valores y estilos de vida sostenible en universidades.

Las universidades de todo el mundo llegarán a 262 millones de estudiantes en 2025, según la UNESCO (2015). Sin embargo, no es solo la población estudiantil, sino, el hecho de que “la gente está convencida hoy en día de que los conocimientos y las habilidades obtenidas en las universidades son cruciales para el bienestar personal, así como para la salud social y económica de las ciudades, naciones y regiones” [7], creando la oportunidad de diseñar “nuevos programas de posgrado y pregrado (...) para enseñar a los solucionadores de problemas mundiales del mañana cómo trabajar en todas las disciplinas, escalas y geografías” [8]. Se requiere un enfoque académico para hacer frente a los desafíos de los ODS. En ese sentido, El-Jardali, Ataya y Fadlallah (2018) alegan que no solo se requiere innovación en materia de políticas públicas a nivel nacional y local en los Estados miembros de las Naciones Unidas, sino también, la participación de las universidades para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

#### 1.1. Compromiso con la sostenibilidad vs. táctica de marketing.

Al analizar las estrategias universitarias hacia la sostenibilidad, es importante evaluar si tales estrategias no se emplean principalmente para beneficiar exclusivamente la reputación institucional, o apalancamiento de la marca comercial de la universidad a través de tácticas de marketing, como ha explicado Selby, Jones y Kagawa en 2009 [9], y Salvioni, Franzoni y Cassano en 2017 [10].

Cuando la estrategia implementada hacia la sostenibilidad aporta más beneficios a la marca comercial en lugar de los indicadores de sostenibilidad, se llama lavado verde o ‘greenwashing’, y algunos casos han sido estudiados por Jones en 2012 [11].

## 1. PROCEDIMIENTO Método

El método de investigación seleccionado es caso de estudio, principalmente debido a su relevancia contextual y potencial transformador. Un enfoque de estudio de caso, como lo afirma Corcoran, Walker y Wals en 2004 [12], podría ayudar a mejorar la práctica institucional o la práctica profesional personal. Sin embargo, si la transferibilidad y la contribución a la práctica institucional en otros lugares es el propósito [12], entonces la investigación tiene que ser llevada a cabo, documentada y compartida de acuerdo con la transferibilidad tecnológica esperada.

El caso de estudio seleccionado es el sistema aerotérmico de calentamiento del centro de deportes de la Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi.

El procedimiento de investigación incluye los siguientes pasos: definición de los límites del estudio, definición de las unidades de análisis y unidades de observación, selección de fuentes de evidencia y técnicas de recolección de datos, selección de técnicas de procesamiento de datos, análisis de los datos del caso de estudio, descripción del procedimiento de investigación, selección de técnicas de validación y confiabilidad de la investigación, los cuales se detallan líneas abajo.

#### *Definiendo los Límites del Estudio*

Este proyecto nació de la necesidad de evaluar la eficiencia energética del sistema de calentamiento de agua por bombas de calor instalado en el centro deportivo de la Universidad Técnica de Ambato. Así también, la comparación por simulación del mencionado sistema con otro sistema de calentamiento mediante la utilización de combustibles fósiles.

#### *Definiendo las Unidades de Análisis y Unidades de Observación.*

Las Unidades de Análisis de este caso de estudio son: el sistema de bomba de calor, el caldero, y el reservorio (piscina) localizados en el complejo deportivo acuático de la Universidad Técnica de Ambato.

Las Unidades de Observación consideradas para este estudio de eficiencia energética son la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (estimación por simulación) y, la reducción de los costos operativos en el periodo de estudio.

#### *Fuentes de Evidencia y Técnicas de Recolección de Datos*

Fuentes primarias y fuentes secundarias fueron utilizadas durante el desarrollo de esta investigación, cada una trajo particulares contribuciones al estudio. Las principales fuentes de datos e información fueron las mediciones del sistema en sitio, realizadas durante la visita guiada al complejo deportivo acuático de la Universidad Técnica de Ambato, Campus Huachi; así como también, los datos proporcionados por el personal técnico a cargo de la operación y mantenimiento del mismo. Los documentos utilizados como fuente secundaria durante la investigación, tales como artículos científicos y académicos, fueron recuperados de revistas académicas indexadas localizadas en bibliotecas virtuales especializadas.

### Técnicas de Procesamiento de Datos

Para el procesamiento de datos se utilizó un software de simulación. Para la mencionada simulación se utilizó el software de gestión de sistemas de energía renovable RETScreen Expert. El software es desarrollado por el gobierno de Canadá a través de su Oficina de Eficiencia Energética (OEE) de la Secretaría Nacional de Recursos Naturales (NRCan), en colaboración con el Centro de Investigación Langley (LaRC) de la NASA, el Programa para el Desarrollo de las Naciones Unidas (PNUD) y, el Prototipo de Fondo de Carbono (PTC) del Banco Mundial [13].

#### Parametrización

A continuación, en la *Tabla 4.1.A. Parametrización*, se indica la parametrización del programa ‘RETScreen’ el cual servirá para el análisis de las alternativas en diferentes tipos de energía.

Tabla 4.1.A. Parametrización

Información de la instalación	
Tipo de Instalación	Comercial/Institucional
Tipo	Educación
Descripción	Eficiencia energética Complejo Deportivo Acuático
Preparado para	V Congreso Internacional I+D+i Sostenibilidad Energética
Preparado por	Autores
Nombre de la instalación	COMPLEJO DEPORTIVO ACUÁTICO
Dirección	Av. Los Chasquis y Río Payamino
Ciudad/Municipalidad	Ambato
Provincia/Estado	Tungurahua
País	Ecuador

\*Generado en RETScreen Expert por autores

Una vez definido el proyecto, se procede a parametrizar los combustibles usados en las alternativas propuestas para el presente análisis, como lo indica la *Tabla 4.1.B. Costo de Combustibles y Energía*:

Tabla 4.1.B. Costo de Combustibles y Energía

Combustibles	
Tipo de combustible	Petróleo Diese (#2)-gal
Precio de combustible-unidad	USD/gal
Precio de combustible	2.2729
Electricidad	
Tipo	Tarifa de electricidad-anual
Descripción	Electricidad-kWh
Tarifa-unidad	USD/kWh
Tarifa-anual	0,071

\*Generado en RETScreen Expert por autores

El procedimiento descrito incluye, las eficiencias de

los sistemas analizados, lo que influye en la comparación de los resultados obtenidos. El costo de la energía está en base a los datos proporcionados por la Universidad.

### 1.1. Metodología

Con la finalidad de obtener un indicador de kWh por usuario, para comparar la inversión inicial y beneficio en el tiempo, se analizarán los siguientes factores:

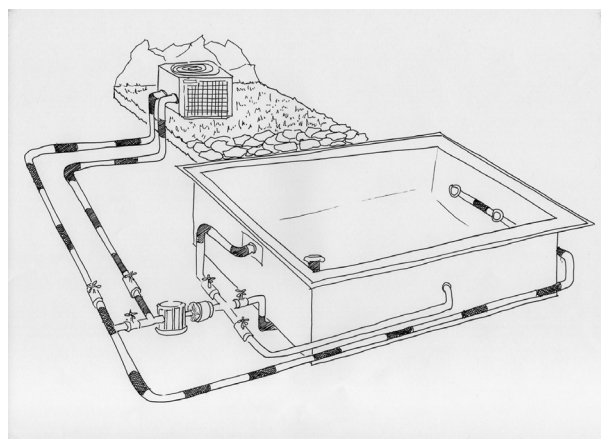
- Fecha de inicio de operaciones
- Cantidad de equipos y especificaciones
- Cantidad de energía usada
- Dimensiones de la piscina, área y volumen
- Temperatura alcanzada
- Horas de trabajo
- Personas atendidas
- Cantidad de agua usada

Se utiliza el programa RETScreen Expert debido a que es el único software que permite realizar un análisis integral del consumo energético, económico y ambiental con diferentes escenarios para la investigación propuesta.

Se compara tres sistemas de calentamiento, esto es:

- a) Caldera cuyo combustible es Diesel.
- b) Bomba de calor que funciona a base de energía eléctrica.
- c) Paneles termo-solares que aprovechan la radiación natural para el calentamiento de la piscina, en un 60 % de la energía total anual y la restante energía necesaria mediante bomba de calor. Por lo indicado es un sistema mixto.

Imagen 4.2.A. Esquema de Bomba de Calor.



\*Redibujado de imagen web por autores

## 5. ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 1.1 Análisis

La ubicación geográfica del complejo y los datos meteorológicos se reportan en *Tabla 5.1.A. Datos Meteorológicos y Ubicación Geográfica del Complejo*. En la primera parte de la tabla se indica la ubicación y altitud de los datos meteorológicos (-1,2; -78,6 a 2981 msnm) y la ubicación de la instalación (-1,3; -78,6 a 2725 msnm); así como también, la zona climática en la que se encuentra, 4<sup>a</sup>-Mixto-Húmedo. Incluye la temperatura de diseño de la calefacción en 11 °C, la temperatura de diseño del aire acondicionado en 21,9 °C y la amplitud de la temperatura del suelo en °C 11,1.

Tabla 5.1.A. Datos Meteorológicos y Ubicación Geográfica

Ubicación									
	Unidad	Datos Meteorológicos		Instalación	Fuente				
Latitud		-1,2		-1,3					
Longitud		-78,6		-78,6					
Zona Climática		4A – mixto- húmedo			NASA				
Elevación	m	2981		2725	NASA				
Temperatura de diseño de la calefacción	°C	11,0		NASA	NASA				
Temperatura de diseño del aire acondicionado	°C	21,9							
Amplitud de la temperatura del suelo	°C	11,1							
Mes	Temp. del Aire	Hum. Relativ.	Precip.	Rad. solar diaria	Pres. Atm.	Vel. Viento	Temp. del suelo	Grad. día de Calef.	Grad. día de refrig.
	°C	%	mm	kWh/m <sup>2</sup> /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
Ene.	11,4	84,9	134,23	4,39	71,5	1,9	13,0	205	43
Feb.	11,4	86,3	157,92	4,46	71,6	1,9	12,9	185	39
Mar.	11,4	86,6	172,36	4,64	71,6	2,0	12,8	205	43
Abr.	11,5	86,6	174,30	4,45	71,6	2,0	12,8	195	45
May.	11,2	85,6	130,51	4,26	71,6	2,6	12,3	211	37
Jun.	10,4	84	99,00	4,23	71,6	3,7	11,3	228	12
Jul.	9,9	81,9	75,95	4,32	71,6	4,2	10,9	251	0
Ago.	10,0	79,3	63,24	4,64	71,6	4,2	11,2	248	0
Sep.	10,7	78,5	76,50	4,62	71,6	3,1	12,2	219	21
Oct.	11,2	80,5	103,23	4,61	71,6	2,2	12,9	211	37
Nov.	11,3	81,9	105,60	4,70	71,5	2,1	12,9	201	39
Dic.	11,4	83,5	109,12	4,45	71,5	2,0	13,0	205	43
Anual	11,0	83,6	1.401,96	4,48	71,6	2,7	12,3	2.562	361
Fuente	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA
Medido a						10m	0m		

\*Generado en RETScreen Expert por autores

Los datos se complementan con el detalle de los promedios anuales de temperatura del ambiente (11 °C), humedad relativa (83,3 %), precipitación

(1.401,96), radiación solar diaria-horizontal (4,48), presión atmosférica (71,6), velocidad del viento (2,7), temperatura del suelo (12,3), grados-días de calefacción a 18 °C (2.562), y grados-días de refrigeración a 10 °C (361), de acuerdo con los datos considerados en el programa RETScreen Expert.

Para un mejor análisis, es necesario indicar las características del centro recreativo, ya que el programa RETScreen, toma datos de otros proyectos, que permiten comparar con los datos propios del diseño planteado, de este modo se puede hacer análisis de mejoras, comparaciones técnicas con proyectos similares ubicados en otros países, lo cual se puede apreciar en *Tabla 5.1.B. Parametrización del Programa RETScreen Expert*.

Tabla 5.1.B. Parametrización en RETScreen Expert.

Información de la instalación	
Tipo de Instalación	Comercial/Institucional
Tipo	Educación
Descripción	Eficiencia energética Complejo Deportivo Acuático
Preparado para	V Congreso Internacional I+D+i Sostenibilidad Energética
Preparado por	Autores
Nombre de la instalación	COMPLEJO DEPORTIVO ACUÁTICO
Dirección	Av. Los Chasquis y Río Payamino
Ciudad/Municipalidad	Ambato
Provincia/Estado	Tungurahua
País	Ecuador
Tamaño de la Instalación	1300 m <sup>2</sup>

\*Generado en RETScreen Expert por autores

También RETScreen Expert permite realizar flujos de caja, tiempos de recuperación de la inversión, responsabilidad social y ambiental, como el caso de ahorros en emisiones de gases de efecto invernadero, cálculos que se mostrarán más adelante en los resultados del proyecto.

En la *Tabla 4.1.B.* se consideran los precios de los diferentes combustibles y energía usada para el calentamiento del agua sanitaria (potable), la que es usada para la piscina semi-olímpica del Complejo Deportivo Acuático de la Universidad Técnica de Ambato.

Actualmente se utiliza energía eléctrica mediante el uso de bombas de calor, el precio indicado es el actual a la fecha que cancela la Universidad por cada kilovatio hora de consumo, este valor permitirá comparar con el caso de uso de un caldero; que, en base a la quema de combustibles fósiles, generan la energía térmica necesaria para el calentamiento del fluido que será usado en la piscina.

La eficiencia es indispensable ser señalada para la comparación de los diferentes equipos en mención. Debido a que los calderos requieren de un mantenimiento riguroso para lograr eficiencia, los componentes por su uso intensivo y su naturaleza presentan desgastes por lo que se estima una eficiencia promedio de 82 % debido a la presencia de hollín, incrustaciones, calidad del combustible, eficiencia propia del proceso de combustión, aislamiento y transferencia de calor. Lo expuesto puede ser apreciado en *Tabla 4.1.B*.

Dependiendo del equipo adquirido, la eficiencia puede variar significativamente y otro factor clave es su mantenimiento.

También fue necesario parametrizar los datos de entrada, que servirán para el análisis de la cantidad de energía necesaria para tener la temperatura del agua de la piscina en condiciones de confort, expuesto en *Tabla 5.1.F. Parametrización del Sistema de Bomba de Calor en RETScreen Expert, parte B*. Debido a que es recreativa, la temperatura es de 28 °C, se determinó que la cantidad de energía necesaria para subir la temperatura desde la temperatura ambiente, hasta la temperatura de trabajo fue de 57 526 kWh.

Descripción:		Calentador solar de Agua	
<b>Características de la carga</b>			
Temperatura:	°C	28	
Calentamiento:	kWh	57526	
<b>Evaluación del recurso</b>			
Modo de rastreo solar		Fijado	
Inclinación		10	
Azímüt		0	
Tipo		vidriado	
Fabricante		ACR Solar international	
Modelo		Fireball 2001	
Área bruta por colector solar	m <sup>2</sup>	1.865	
Área de captación colector solar	m <sup>2</sup>	1.72	
Coefficiente Fr (tau alfa)		0.604	
Coefficiente Fr UL	(W/m <sup>2</sup> )/°C	3,73	
Coefficiente de temperatura para Fr UL	(W/m <sup>2</sup> )/°C <sup>2</sup>	0	

Imagen 5.1.C. Parametrización del Sistema de Bomba de Calor en RETScreen Expert, parte B.

\*Generado en RETScreen Expert por autores

La presente investigación, también determinó la factibilidad de instalar paneles solares, de modo que apoyen en un 60 % de la energía térmica necesaria durante un año y el otro 40 % sea abastecido con el sistema de bomba de calor, esto debido a recomendaciones de la norma NTE INEN-ISO 9459. Se escogió un panel termo-solar común (captador solar plano) y se puso las características del fabricante ACR Solar International.

Con los datos parametrizados y mostrados en las anteriores tablas, se puede determinar en forma de comparación, los costos al utilizar un tipo u otro de energía, y por lo tanto, se evidencia que existe ahorro. La *Tabla 5.1.G. Costos Anuales/Ahorros Anuales* indica que existe un ahorro de 2 370 USD los cuales se calculan a partir de la diferencia de los valores indicados en la mencionada tabla. La diferencia de costos está condicionada por el precio del combustible o energía utilizada y la eficiencia del equipo.

Costos anuales (crédito)	Unidad	Cantidad	Costo unit	Monto
Costos de O y M (ahorro)				
Costo combustible - caso propuesto			USD	1589
Costos anuales totales			USD	1589
<b>Ahorros anuales</b>				
Costo combustible - caso base			USD	3959
Ahorro total anual			USD	3959

Imagen 5.1.D. Costos Anuales/Ahorros Anuales.

\*Generado en RETScreen Expert por autores

Los catálogos de los proveedores y las mediciones realizadas indican que el coeficiente de rendimiento de la bomba de calor es de 3, mientras que la eficiencia de un caldero que funciona con diésel está en el orden del 80 %-85 %, dependiendo del mantenimiento, incrustaciones, calidad de la combustión, entre otros.

Los equipos utilizados para calentar el agua de una Piscina generan una huella de carbono a lo largo de su ciclo de vida, tanto en su construcción como en su operación, lo cual se puede apreciar en *Tabla 5.1.H. Análisis de Emisiones, parte A*:

Análisis de emisiones		Tipos de combustible	Factor emisión de GEI (excl. T y D)	Pérdidas T y D	Factor emisión de GEI
Pais - Región			tCO <sub>2</sub> /MWh	%	tCO <sub>2</sub> /MWh
Ecuador	Todos los tipos		0.345	7%	0.371

Emisiones GEI		
Caso base	17,7	tCO <sub>2</sub>
Caso propuesto	3,2	tCO <sub>2</sub>
Reducción anual bruta de emisiones GEI	14,5	tCO <sub>2</sub>

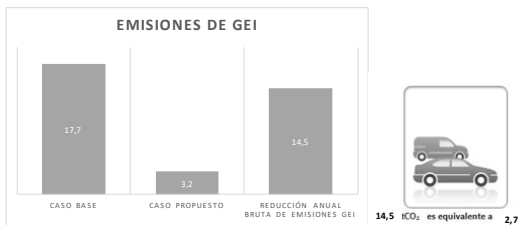


Imagen 5.1.E. Análisis de Emisiones, parte A.

\*Generado en RETScreen Expert por autores

En el caso de los equipos usados para el calentamiento de la piscina de la Universidad Técnica de Ambato, en lo que a su operación concierne, anualmente se deja de emitir 9,4 toneladas brutas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), lo que equivale a que 1,7 autos dejen de circular anualmente. De este modo se cumple algunos de los objetivos de desarrollo sostenible de la ONU.

Análisis de emisiones		Tipos de combustible	Factor emisión de GEI (excl. T y D)	Pérdidas T y D	Factor emisión de GEI
Pais - Región			tCO <sub>2</sub> /MWh	%	tCO <sub>2</sub> /MWh
Ecuador	Todos los tipos		0.345	7%	0.371

Emisiones GEI		
Caso base	17,7	tCO <sub>2</sub>
Caso propuesto	3,2	tCO <sub>2</sub>
Reducción anual bruta de emisiones GEI	14,5	tCO <sub>2</sub>

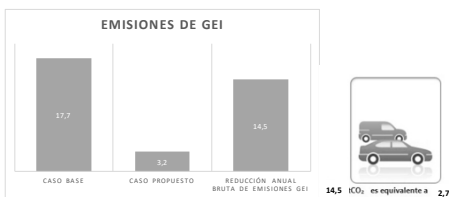


Imagen 5.1.F. Análisis de Emisiones, parte B.

\*Generado en RETScreen Expert por autores

En la siguiente *Tabla 5.1.I. Análisis de Emisiones, parte B* los equipos usados para el calentamiento de la piscina de la Universidad Técnica de Ambato, si se instalara paneles termo-solares que proporcione el 60 % de la energía total anual, las emisiones de gases de efecto invernadero se reducirían a 14,5 toneladas brutas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) lo que equivale a 2,7 vehículos que no circularían en un año, es decir aproximadamente se reduciría un 65 % menos de emisiones de gases de efecto invernadero.

De este modo se incrementa aún más los beneficios a la naturaleza, contribuyendo también al Objetivo de Desarrollo Sostenible 7: Energía Asequible y no Contaminante, de la ONU.

Considerando que se instale paneles termo-solares para proveer el 60 % de la energía anual para el calentamiento del agua de la piscina, se requiere una inversión económica, que debe ser analizada para ver su factibilidad.

Combustible ahorrado	Calentamiento kWh	Cotos iniciales incrementales USD	Ahorros en costos de combustible USD	Ahorros incrementales O y M USD	Pago simple de retorno del capital año USD
<b>Calentamiento</b>					
Bomba de calor	47770	0	2370	0	Inmediato
Caldera	0	0	0	0	
<b>Agua caliente</b>					
Agua caliente	0	0	0	0	
<b>Calentamiento</b>					
Calentador solar de agua	13695	40000	972	0	41,1
<b>Total</b>	<b>61465</b>	<b>40000</b>	<b>3342</b>	<b>0</b>	<b>12</b>

Imagen 5.1.G. Combustible Ahorrado.

\*Generado en RETScreen Expert por autores

La *Tabla 5.1.J. Combustible Ahorrado* muestra que es necesario que pase 12 años, para que, con los ahorros económicos por el uso de los paneles, sean pagados. Este valor puede ayudar a decidir si la inversión es viable o no, dependiendo de la política de la Universidad.

## 1.1 Resultados.

Los resultados reportados son:

En la *Tabla 5.1.D.*, se muestran los resultados calculados a partir de la diferencia de los valores indicados en las tablas 4.1.B., 5.1.A, 5.1.B y 5.1.C. Estos datos son coherentes con los datos proporcionados por el constructor del equipo. Las bombas de calor al consumir energía eléctrica tienen una eficiencia de 3 o 4 veces más que la de un caldero que utiliza combustible fósil.

En la *Tabla 5.1.E.* se reporta que debido al uso de una bomba de calor con un COP de 3 se deja de emitir al ambiente 9,4 toneladas de dióxido de carbono al año, lo que ayuda a mejorar la calidad de vida de las personas, se reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, mostrando un compromiso de la Universidad con la sociedad.

En la *Tabla 5.1.F.*, se reporta que debido al uso de una bomba de calor con un COP de 3 que contribuye con el 40 % de la energía anual y paneles termo-solares que contribuyan con un 60 % de la energía necesaria para el calentamiento del agua, se dejará de emitir al ambiente 14,5 toneladas de dióxido de carbono al año, lo que ayuda a mejorar la calidad de vida de las personas, se reduce las emisiones de gases de efecto invernadero, mostrando un compromiso de la Universidad con la sociedad.

En la *Tabla 5.1.G.*, se reporta que, por la inversión realizada al utilizar junto con la bomba de calor, paneles termo-solares, el tiempo de retorno de la inversión es de 12 años, lo que permite decidir si la inversión es o no viable, de acuerdo con las políticas internas asumidas por la institución.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Las conclusiones reportadas son:

En base a lo analizado en *Tabla 5.1.A.*, se puede concluir que los datos son consistentes debido a la cercanía de la estación meteorológica.

La temperatura promedio del ambiente no cumple con las condiciones de confort según los datos mostrados en la *tabla 5.1.A.*, por lo que es necesario proporcionar energía para tener condiciones de confort, además que la radiación solar diaria promedio (4.48 kWh/m<sup>2</sup>/día) permitiría considerar la instalación de paneles termo-solares para el calentamiento del agua del complejo recreacional.

En base a lo analizado en *Tabla 5.1.B.* se puede evidenciar la importancia de una correcta descripción y parametrización del proyecto a analizar, de lo contrario, las comparaciones carecerían de coherencia y no permitirían determinar claramente, puntos de mejora.

En la *Tabla 4.1.B.*, se puede inferir que los costos de combustible diésel son dinámicos (DECRETOS EJECUTIVOS No. 338, 799, 352, 619, 724, 894, 1158 y 1222), mes a mes son ajustados, los costos han ido variando desde un dólar el galón, hasta 2,2729 dólares por galón (a noviembre de 2021) y este tiene una tendencia al alza, lo que aumenta los gastos operativos.

En la *Tabla 5.1.C.*, se puede analizar que la eficiencia de los calderos es variable y depende de la configuración del diseño de transferencia de calor; además, este valor puede llegar a reducirse, lo que implicaría un mayor consumo de combustibles, consecuentemente mayores emisiones de gases de efecto invernadero, por tanto, el mantenimiento debe ser oportuno, si no se realiza el mantenimiento, los costos operativos se incrementan.

Se concluye que es necesario parametrizar adecuadamente los datos en el programa, de modo que permitan hacer correctas estimaciones de la cantidad de combustible o energía utilizada.

En los *Costos Anuales/Ahorros Anuales* existe un ahorro de 2 370 USD al año, al comparar la utilización de bombas de calor con la de una caldera, este resultado es consistente con la teoría que indica que la eficiencia de una caldera en general es menor al 85 %, mientras que, la eficiencia de una bomba de calor puede ser mayor al 300 %.

En la *Tabla 5.1.E.*, se comparan dos tecnologías que se pueden utilizar para el calentamiento del agua para la piscina, al usar bombas de calor en vez de calderos que combustionan diésel, se dejaría de emitir 9.7 toneladas de gases de efecto invernadero como es el caso del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), demostrando el compromiso de la Universidad con el cuidado de la naturaleza.

Lo analizado en *Tabla 5.1.F.* comparando las dos tecnologías que se pueden utilizar para el calentamiento del agua para la piscina, al usar bombas de calor con paneles termo-solares, en vez de calderos que combustionan diésel, se deja de emitir 14,5 toneladas de gases de efecto invernadero, como es el caso del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), demostrando el compromiso de la Universidad con el cuidado de la naturaleza.

Finalmente, en la *Tabla 5.1.G.* se puede concluir que es necesario que transcurran 12 años para recuperar la inversión, en el caso que se decida colocar paneles termo-solares con las características indicadas en la tabla correspondiente, los paneles proveerán del 60 % de la energía anual necesaria para calentar el agua y el resto de energía proveerá mediante bombas de calor.

La decisión de utilizar bombas de calor, sin duda ha sido una muy acertada por parte de la Universidad Técnica de Ambato en sus autoridades y técnicos, ya que baja el costo operativo, reduce las emisiones de gases de efecto invernadero entre las principales ventajas que se pueden señalar.

## 6.2 Recomendaciones

Existe oportunidades adicionales de mejora en cuanto al uso eficiente de la energía, tal como es el caso de:

Iluminación artificial interior (aulas y laboratorios) y exterior (vías de circulación en campus).

Sistemas eficientes de riego para los espacios verdes de la universidad, cumpliendo con el Objetivo de Desarrollo Sustentable número 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.

Mantenimiento oportuno y preventivo de los equipos, para evitar una paralización del servicio o el daño prematuro de los mismos, o reducción de la eficiencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “Oxford Institute for Energy Studies Report Part Title: Overview of existing technologies Report Title: Decarbonisation of heat in Europe: Report Subtitle: implications for natural gas demand Report Author(s): Anouk Honoré.”
- [2] J. Dufour Andía, J. Orellana Sanz, and J. Vizcaino Madrideo, Gestion de la eficiencia energetica en el sector terciario y la administracion publica. AENOR - Asociacion Espanola de Normalizacion y Certificacion, 2020. [Online]. Available: <https://elibro.net/es/lc/uta/titulos/129689>
- [3] M. I. Cubillo Sagues, D. Gordaliza Lozoya, and J. M. Garcia Sanchez, Gestion de la eficiencia energetica en el sector industrial. AENOR - Asociacion Espanola de Normalizacion y Certificacion, 2020. [Online]. Available: <https://elibro.net/es/lc/uta/titulos/171688>
- [4] C. R. Erickson, “The Heat Pump,” Engr., Board of Water and Electric Light Commissioners, 1947. [Online]. Available: <https://about.jstor.org/terms>
- [5] UNESCO. “UNESCO Science Report: towards 2030.” Baseline Arts Ltd. Oxford, United Kingdom. 2015, p. 3.
- [6] OCDE. “Benchmarking higher education system performance: Conceptual framework and data. Enhancing Higher Education System Performance.” OECD Paris. 2017, p. 9.
- [7] UNESCO. “UNESCO Science Report: towards 2030.” Baseline Arts Ltd. Oxford, United Kingdom. 2015, p. 3.
- [8] UNESCO. “UNESCO Science Report: towards 2030.” Baseline Arts Ltd. Oxford, United Kingdom. 2015, p. 10.
- [9] D. Selby, P. Jones and F. Kagawa. (2009). “Sustainability promotion and branding: Messaging challenges and possibilities for higher education institutions”. Sustainability, vol, 1(3), pp. 537-555, 2009.
- [10] D. M. Salvioni, S. Franzoni and R. Cassano. “Sustainability in the higher education system: An opportunity to improve quality and image.” Sustainability, vol. 9(6), 914, pp. 1-27, 2017.
- [11] D. R. Jones, (2012). “Looking Through The ‘Greenwashing Glass Cage’ of the Green League Table Towards the Sustainability Challenge for UK Universities. Journal of Organizational Change Management, vol. 25(4), pp. 630-647, 2012.
- [12] P. B. Corcoran, K. Walker, and A. Wals. “Case Studies, Make-Your-Case Studies, And Case Stories: A Critique of Case-Study Methodology in Sustainability in Higher Education”, Environmental Education Research, vol. 10(1), pp. 7-21, 2004.
- [13] Government of Canada. (Noviembre, 2021). RETScreen Innovation Lab. En <https://www.nrcan.gc.ca/energy/energy-offices-and-labs/canmetenergy/canmetenergy-vareennes/retscreen-innovation-lab/23359>