

**ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EQUIPOS Y SISTEMAS DE AIRE  
ACONDICIONADO EN LA EDIFICACIÓN DEL BLOQUE G DE LA UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA DEL CARIBE.**

**ENERGY EFFICIENCY STUDY OF EQUIPMENT AND AIR CONDITIONING  
SYSTEMS IN BUILDING BLOCK G OF THE AUTONOMA DEL CARIBE  
UNIVERSITY.**

Lili Paola Bolívar Hernández

Mario Andrés Martínez Gómez

*Tesis de grado, Universidad Autónoma Del Caribe, Barranquilla, Colombia, [webmaster@uac.edu.co](mailto:webmaster@uac.edu.co),  
<http://www.uac.edu.co>*

**Palabras Claves:** Eficiencia, Simulación, Termohigroanemometría, Carga térmica.

**Resumen.** En el presente documento se expone el procedimiento y resultados del estudio de eficiencia energética de equipos de aire acondicionado del bloque G de la Universidad Autónoma del Caribe. Este estudio se realiza mediante la simulación de la edificación objeto de estudio con tal de conocer la carga térmica requerida; y el cálculo de la carga térmica actual y de la eficiencia de los equipos existentes. Al hacer el respectivo análisis de los resultados obtenidos, se corroboraron hipótesis planteadas para el tipo de edificación que se está estudiando. Luego de analizar los resultados, se ofrecen las debidas recomendaciones para el mejoramiento de la eficiencia energética en la edificación, manteniendo el confort al interior de los recintos.

**Key words:** Efficiency, Simulation, Termohigroanemometría, Thermal Load.

**Abstract.** In this document the process and results of the energy efficiency of air conditioners block G of the Autonomous University of the Caribbean is exposed. This study is performed by simulating the building under consideration as long as required to meet the thermal load, and calculating the current thermal load and efficiency of existing equipment. When to conduct an analysis of the results, hypotheses posed for the type of building under study is corroborated. After analyzing the results, appropriate recommendations for improving energy efficiency in the building offered, maintaining comfort within the enclosures.

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, el tema de la eficiencia energética ha tomado gran relevancia en el mundo entero, y muy especialmente en las grandes potencias mundiales. Al referirse a este tema se hace un enfoque a la menor cantidad de consumo de energía posible, para la mayor satisfacción de las necesidades. Cabe anotar, que se habla con tanto interés de este tema porque esto supone una mejora para el medio ambiente, y un ahorro monetario en lo que al pago de facturas de energía se refiere; aparte de contribuir a la mejora del bienestar de la comunidad en general.

Existen muchas maneras de mejorar la eficiencia energética de una edificación; sin embargo uno de los aspectos en los que más enfoque existe para este fin es el campo de la climatización. Ha sido precisamente este interés por mejorar la eficiencia energética, lo que ha llevado a que el presente proyecto investigativo se oriente al estudio y posible mejora energética de los equipos y sistemas de aire acondicionado del Bloque G de la Universidad Autónoma del Caribe.

Para tal fin se utilizarán diversos tipos de herramientas para el análisis de la edificación; por un lado la simulación del comportamiento energético por medio de un software de cálculo de Carga Térmica, y por otro el análisis mediante el Termohigroanemómetro de los equipos de refrigeración.

Esto con el objeto de proponer recomendaciones que mejoren la eficiencia energética de los aires acondicionados de la edificación en estudio.

### **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Grandes potencias mundiales como Estados Unidos y España, en busca del mejoramiento sostenible, han tenido una serie de adelantos en materia de climatización, entendiéndose por ellas los procesos de aire acondicionado de confort. Esto es contrario a lo que sucede en América Latina, que en medio de este tiempo de grandes revoluciones tecnológicas, ha tenido un desarrollo minúsculo en este mismo aspecto.

Sin embargo, y a pesar de esta situación; en Colombia actualmente son cada vez más las instituciones que entienden la importancia de este tema, y realizan proyectos enfatizados a mejorar la eficiencia energética. Un ejemplo de estas instituciones es la Asociación colombiana del Acondicionamiento del Aire y la Refrigeración ACAIRE, que basándose en normas y estándares tales como: ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating & Air Conditioning Engineers), AHRI (Air-conditioning, Heating & Refrigeration Institute) y RITE (Reglamentos de Instalaciones Térmicas en edificios); pretende implementar normativas que certifiquen personal capacitado y desempeño de equipos.

Aun con todo lo anterior, en la consecución de certificaciones y normativas está casi todo pendiente por recorrer, con tal de llegar a los estándares que se pretenden para ser altamente competitivos en el entorno mundial.

Esto es una motivación para hacer un estudio del caso particular de la Universidad Autónoma del Caribe; donde la gran mayoría de las edificaciones tienen más de diez años de haber sido construidas, por lo cual hay mayores posibilidades de lograr una mejora de la eficiencia energética, específicamente en los equipos y sistemas de aire acondicionado.

### **1.1 Preguntas Problemas**

¿Los equipos y sistemas de aire acondicionado ubicados en el Bloque G de la Universidad Autónoma del Caribe poseen una eficiencia energética conforme a las recomendaciones de países adelantados en materia de climatización?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Realizar un estudio de eficiencia energética de los equipos de aire acondicionado del Bloque G de la Universidad Autónoma del Caribe mediante la simulación del comportamiento energético de la edificación y el análisis mediante la Termohigroanemometría de los equipos y sistemas.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Recopilar información y datos de operación de la edificación a la cual se le hará el estudio de carga térmica.
- Analizar el comportamiento de los equipos de refrigeración de la edificación mediante el análisis de datos obtenidos de la Termohigroanemometría y comparar la razón de eficiencia energética calculada con la razón mínima recomendada.
- Simular el modelo de comportamiento energético de la edificación mediante el software Cype® y comparar los resultados con la carga térmica que proporcionan los equipos actuales.
- Identificar cual es el sistema operativo de mayor consumo dentro de la edificación y recomendar los cambios a realizar para mejorar la eficiencia energética.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La Universidad Autónoma del Caribe posee edificaciones con más de diez años de existencia; como es el caso específico del Bloque G. Por consiguiente es probable que en su diseño e implementación de equipos, no se haya tenido en cuenta el uso racional de la energía.

En este aspecto es importante considerar que el enfoque del análisis de la eficiencia energética, debe estar puesto en los servicios que presta la energía y no en las fuentes de energía.

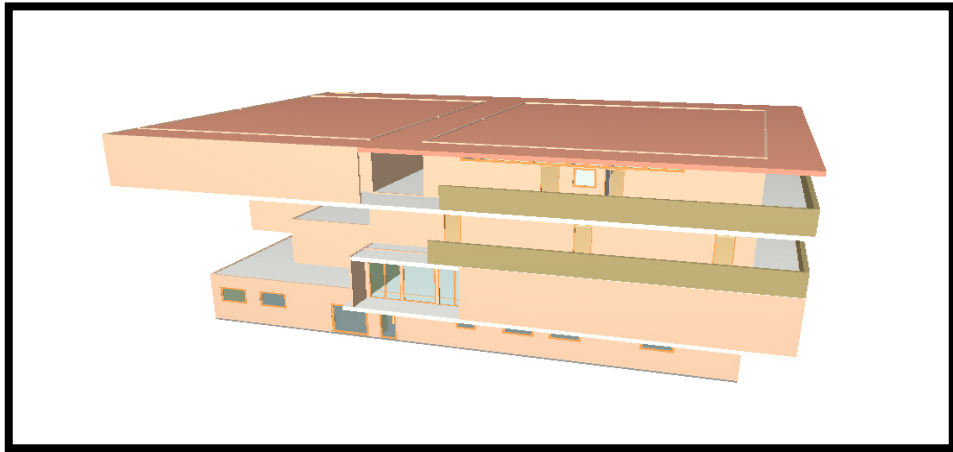
El propósito del presente proyecto investigativo es estudiar la eficiencia energética de los equipos de aire acondicionado de la edificación del Bloque G de la Universidad Autónoma del Caribe, en busca de comprobar la hipótesis planteada frente a edificaciones de más de una década de funcionamiento en países como el nuestro.

## 4. RESULTADOS

**Tabla 1.** Ejemplo de informe de carga térmica Cype®.

CARGA MÁXIMA (RECINTO AISLADO)									
<b>Recinto</b>		<b>Conjunto de recintos</b>							
Sala de Informática Numero 8 (Aula)		Bloque UAC							
Condiciones de proyecto									
<b>Internas</b>					<b>Externas</b>				
Temperatura interior = 24.0 °C					Temperatura exterior = 36.3 °C				
Humedad relativa interior = 50.0 %					Temperatura húmeda = 29.4 °C				
Cargas de refrigeración a las 18h (16 hora solar) del día 1 de Octubre								<b>C. LATENTE</b>	<b>C. SENSIBLE</b>
								<b>(Btu/h)</b>	<b>(Btu/h)</b>
Cerramientos exteriores									
<b>Tipo</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (Btu/(h·m<sup>2</sup>·K))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Color</b>	<b>Teq. (°C)</b>			
Fachada	NE	13.9	9.27	183	Claro	34.4			1332.41
Fachada	NO	23.2	9.27	183	Claro	37.1			2819.22
Puertas exteriores									
<b>Núm. puertas</b>	<b>Tipo</b>	<b>Orientación</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (Btu/(h·m<sup>2</sup>·K))</b>	<b>Teq. (°C)</b>				
1	Opaca	NE	1.6	6.48	36.3				
Cubiertas									
<b>Tipo</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (Btu/(h·m<sup>2</sup>·K))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Color</b>	<b>Teq. (°C)</b>				
Azotea	51.8	1.44	677	Intermedio	38.4				
Cerramientos interiores									
<b>Tipo</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>U (Btu/(h·m<sup>2</sup>·K))</b>	<b>Peso (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Teq. (°C)</b>					
Pared interior	7.6	10.75	300	29.0					
Forjado	51.8	6.06	731	27.6					
								<b>Total estructural</b>	<b>6887.88</b>
Ocupantes									
<b>Actividad</b>	<b>Nº personas</b>	<b>C.lat/per (Btu/h)</b>	<b>C.sen/per (Btu/h)</b>						
Sentado o en reposo	26	119.05	214.05						
Iluminación									
<b>Tipo</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Coef. iluminación</b>							
Fluorescente con reactancia	879.86	3.58							
Instalaciones y otras cargas									
									1942.61
								<b>Cargas interiores</b>	<b>3095.29</b>
								<b>Cargas interiores totales</b>	<b>13456.36</b>
<b>Cargas debidas a la propia instalación</b>								3.0 %	517.47
<b>FACTOR CALOR SENSIBLE : 0.85</b>								<b>Cargas internas totales</b>	<b>3095.29</b>
								<b>Potencia térmica interna total</b>	<b>20861.70</b>
Ventilación									
<b>Caudal de ventilación total (m<sup>3</sup>/h)</b>								45455.40	16031.12
1164.5									
								<b>Cargas de ventilación</b>	<b>45455.40</b>
								<b>Potencia térmica de ventilación total</b>	<b>61486.51</b>
								<b>Potencia térmica</b>	<b>48550.69</b>
									<b>33797.53</b>
<b>POTENCIA TÉRMICA POR SUPERFICIE 51.8 m<sup>2</sup> 1591.1 Btu/(h·m<sup>2</sup>)</b>								<b>POTENCIA TÉRMICA TOTAL : 82348.2 Btu/h</b>	

**Figura 1.** Levantamiento Bloque G en Cype®.



**Tabla 2.** Resultados Termohigroanemometría Bloque G SEER 10

Ítem	QT BTU/h	Pot Real w	SEER	CONCLUSION	Pot <sup>SEER10</sup> W	Ahorro EnergéticoKwh /año	Ahorro Energético \$/año
1	x	X	x	X	x	X	X
2	36517,80	3781,8	9,66	<b>Tecnología obsoleta</b>	3652	400,46	\$ 95.025,4
3	14255,85	4019,4	3,55	<b>Tecnología obsoleta</b>	1426	7988,95	\$ 1.895.698,1
4	41628,14	4613,4	9,02	<b>Tecnología obsoleta</b>	4163	1387,81	\$ 329.312,3
5	71236,34	6494,4	10,97	<b>Tecnología acorde</b>	7124	-1938,04	-\$ 459.877,9
6	36122,77	3920,4	9,21	<b>Tecnología obsoleta</b>	3612	949,02	\$ 225.192,4
7	41198,27	4257	9,68	<b>Tecnología obsoleta</b>	4120	422,49	\$ 100.253,6
8	66566,90	5464,8	12,18	<b>Tecnología acorde</b>	6657	-3671,02	-\$ 871.096,4
9	14643,41	5088,6	2,88	<b>Tecnología obsoleta</b>	1464	11162,72	\$ 2.648.801,5
10	10002,84	3465	2,89	<b>Tecnología obsoleta</b>	1000	7591,32	\$ 1.801.345,5
11	28905,88	5326,2	5,43	<b>Tecnología obsoleta</b>	2891	7501,68	\$ 1.780.074,7
12	28905,88	4534,2	6,38	<b>Tecnología obsoleta</b>	2891	5062,32	\$ 1.201.239,0
13	17548,93	3504,6	5,01	<b>Tecnología obsoleta</b>	1755	5389,10	\$ 1.278.779,2
14	11028,38	3227,4	3,42	<b>Tecnología obsoleta</b>	1103	6543,65	\$ 1.552.742,7

**Tabla 3.** Resultados Termohigroanemometría Bloque G SEER 10 (Continuación)

Ítem	QT BTU/h	Pot Real w	SEER	CONCLUSION	Pot <sup>SEER10</sup> W	Ahorro EnergéticoKwh/año	Ahorro Energético \$/año
15	27309,99	3920,4	6,97	Tecnología obsoleta	2731	3663,36	\$ 869.277,7
16	15560,00	3583,8	4,34	Tecnología obsoleta	1556	6245,62	\$ 1.482.024,1
17	15874,52	5009,4	3,17	Tecnología obsoleta	1587	10539,60	\$ 2.500.941,5
18	30534,94	3682,8	8,29	Tecnología obsoleta	3053	1938,26	\$ 459.930,5
19	19985,73	5781,6	3,46	Tecnología obsoleta	1999	11651,72	\$ 2.764.837,5
20	12163,26	5365,8	2,27	Tecnología obsoleta	1216	12780,38	\$ 3.032.656,4
21	12627,93	5643	2,24	Tecnología obsoleta	1263	13491,04	\$ 3.201.288,2
22	4806,04	4257	1,13	Tecnología obsoleta	481	11631,30	\$ 2.759.991,5
23	12771,00	3900,6	3,27	Tecnología obsoleta	1277	8080,38	\$ 1.917.393,3
24	38761,58	3663	10,58	Tecnología acorde	3876	-656,53	-\$ 155.787,2
25	5579,97	4019,4	1,39	Tecnología obsoleta	558	10661,12	\$ 2.529.777,5
26	24034,43	4237,2	5,67	Tecnología obsoleta	2403	5647,97	\$ 1.340.207,1
27	30085,19	3920,4	7,67	Tecnología obsoleta	3009	2808,59	\$ 666.451,2
28	35632,97	4375,8	8,14	Tecnología obsoleta	3563	2502,51	\$ 593.820,7
29	42303,47	4316,4	9,80	Tecnología obsoleta	4230	265,04	\$ 62.891,8

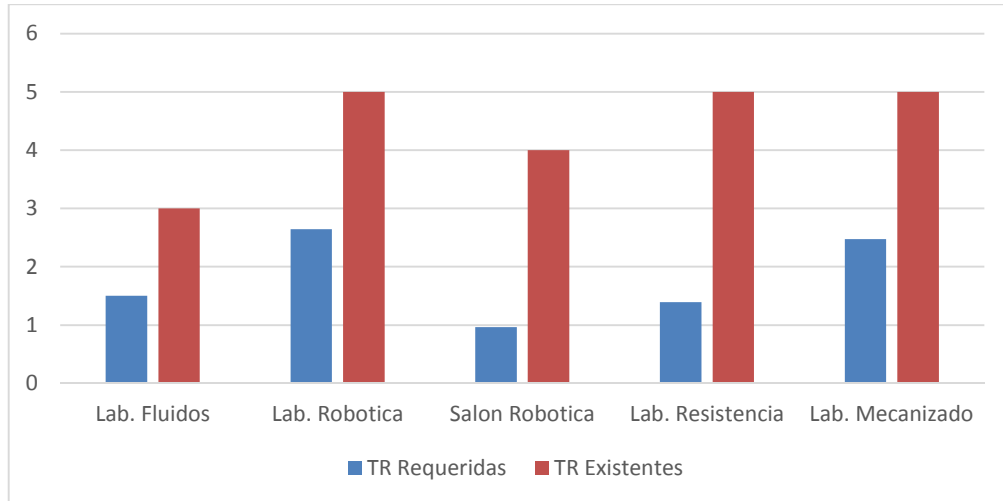


**Tabla 4.** Resultados Termohigroanemometría Bloque G SEER 13

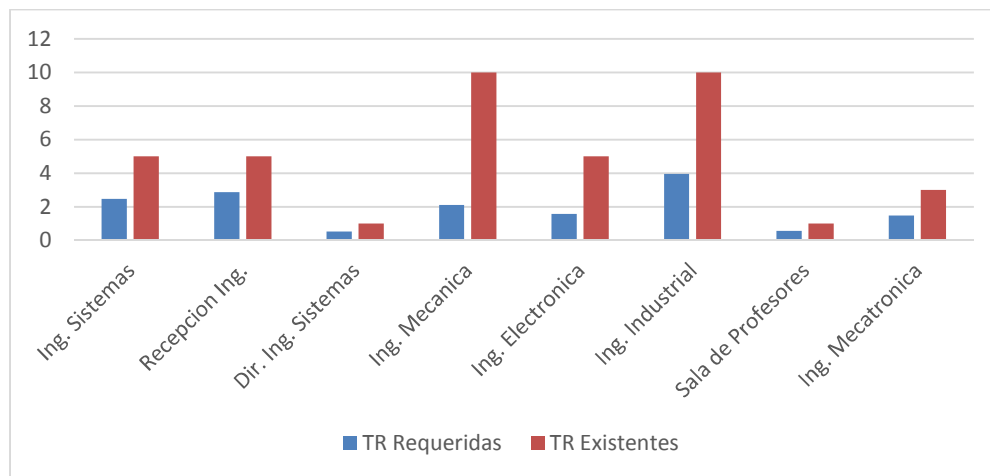
Ítem	SEER	CONCLUSION	Pot <sup>SEER13</sup> W	Ahorro Energético Kwh/año	Ahorro Energético \$/año
2	9,66	Tecnología obsoleta	2809	2996,03	\$ 710.928,9
3	3,55	Tecnología obsoleta	1097	9002,21	\$ 2.136.135,0
4	9,02	Tecnología obsoleta	3202	4346,61	\$ 1.031.405,9
5	10,97	Tecnología obsoleta	5480	3125,22	\$ 741.583,1
6	9,21	Tecnología obsoleta	2779	3516,51	\$ 834.433,5
7	9,68	Tecnología obsoleta	3169	3350,74	\$ 795.097,1
8	12,18	Tecnología obsoleta	5121	1060,35	\$ 251.610,4
9	2,88	Tecnología obsoleta	1126	12203,53	\$ 2.895.774,9
10	2,89	Tecnología obsoleta	769	8302,30	\$ 1.970.051,9
11	5,43	Tecnología obsoleta	2224	9556,23	\$ 2.267.596,8
12	6,38	Tecnología obsoleta	2224	7116,87	\$ 1.688.761,1
13	5,01	Tecnología obsoleta	1350	6636,42	\$ 1.574.756,7
14	3,42	Tecnología obsoleta	848	7327,51	\$ 1.738.745,7
15	6,97	Tecnología obsoleta	2101	5604,47	\$ 1.329.883,6
16	4,34	Tecnología obsoleta	1197	7351,58	\$ 1.744.456,7
17	3,17	Tecnología obsoleta	1221	11667,91	\$ 2.768.678,7
18	8,29	Tecnología obsoleta	2349	4108,59	\$ 974.928,0
19	3,46	Tecnología obsoleta	1537	13072,25	\$ 3.101.913,7
20	2,27	Tecnología obsoleta	936	13644,91	\$ 3.237.800,0
21	2,24	Tecnología obsoleta	971	14388,59	\$ 3.414.268,9
22	1,13	Tecnología obsoleta	370	11972,90	\$ 2.841.049,3
23	3,27	Tecnología obsoleta	982	8988,10	\$ 2.132.787,0
24	10,58	Tecnología obsoleta	2982	2098,53	\$ 497.959,5
25	1,39	Tecnología obsoleta	429	11057,73	\$ 2.623.888,4
26	5,67	Tecnología obsoleta	1849	7356,26	\$ 1.745.568,1
27	7,67	Tecnología obsoleta	2314	4946,96	\$ 1.173.863,3
28	8,14	Tecnología obsoleta	2741	5035,19	\$ 1.194.800,7
29	9,80	Tecnología obsoleta	3254	3271,84	\$ 776.375,6

## 5. ANALISIS GRAFICO DE LA COMPARACION ENTRE TONELADAS DE REFRIGERACION REQUERIDAS Y EXISTENTES

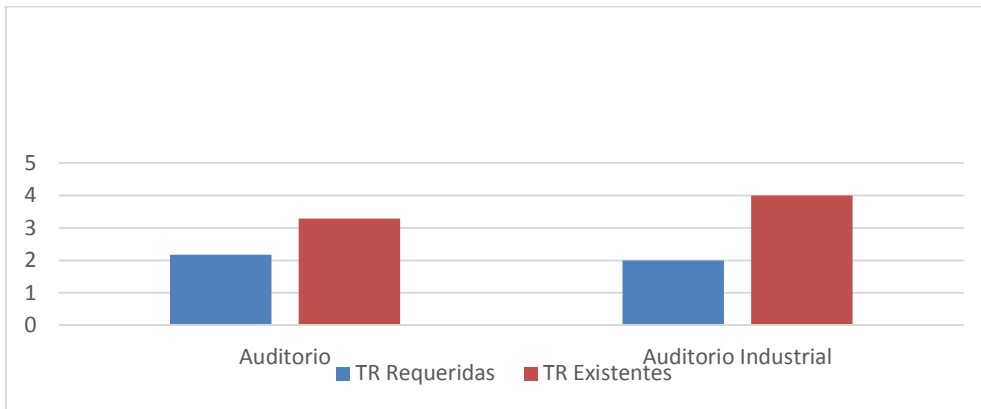
**Figura 2.** Toneladas de refrigeración requeridas vs. Existentes. Primero Piso.



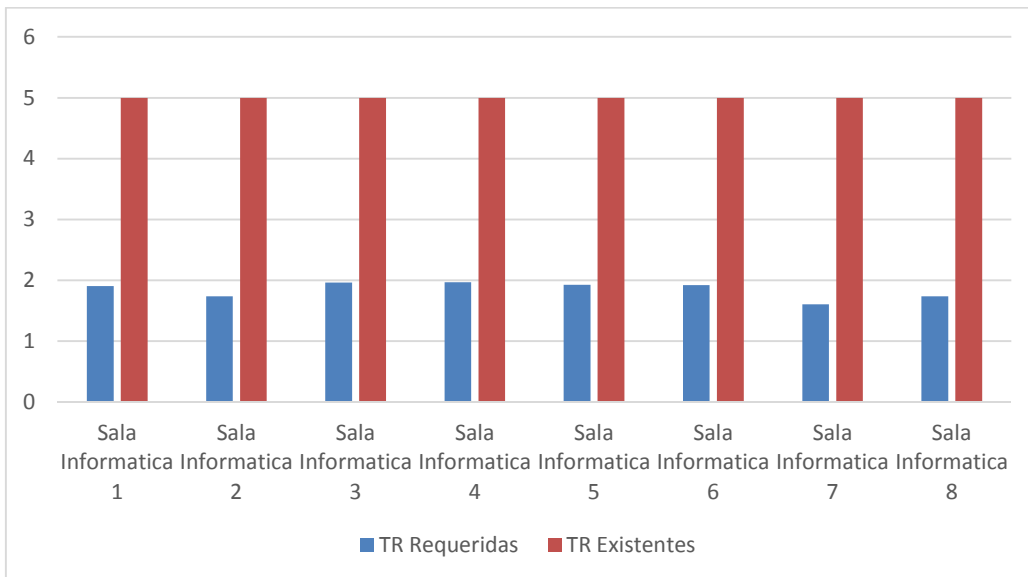
**Figura 3.** Toneladas de refrigeración requeridas vs. Existentes. Segundo Piso.



**Figura 4.** Toneladas de refrigeración requeridas vs. Existentes. Tercer Piso.



**Figura 5.** Toneladas de refrigeración requeridas vs. Existentes. Cuarto Piso.



## 6. RECOMENDACIONES

Luego de realizar el análisis de resultados del estudio de eficiencia energética mediante la técnica Termohigroanemometría y Simulación en Cype®, se pudo constatar una serie de problemáticas a las cuales se puede dar solución implementando las recomendaciones especificadas a continuación.

- Según el estándar 62,1 del año 2010 ASHRAE sobre la calidad del aire, los equipos de aire acondicionado centrales deben tener retorno al ambiente; por lo cual es necesario que este sea construido. Esto debido a que sin un retorno, no existe renovación de aire y por lo tanto se pierde la pureza del mismo.
- Teniendo en cuenta que el caudal de aire es bajo para las toneladas de refrigeración de los equipos, es necesario crear una rutina de limpieza e inspección de mantenimiento más seguida. Esto para los equipos de aire acondicionado nombrados en el análisis de resultados.
- Crear un sistema de automatización remota que permita a los usuarios (estudiantes, profesores y personal de mantenimiento) llevar un seguimiento del funcionamiento de los equipos.
- Programar un setpoint de temperatura de 23°C recomendado para el confort del usuario, y buen funcionamiento del equipo disminuyendo su esfuerzo. Esto mediante un termostato incluido en el sistema de automatización.
- Asegurar humedades relativas en cada uno de los recintos, por encima de 50%HR. En caso de que las humedades estén por debajo de este valor, se recomienda ubicar humidificadores a la salida del evaporador.
- La Universidad Autónoma del Caribe debe estar comprometida con el desarrollo sostenible y el cuidado del Medio Ambiente, por ser Academia y foco de semilleros investigativos que buscan mejoras en la sociedad. Es por esta razón, que se recomienda dejar de usar el refrigerante R22 que se utiliza en la totalidad de los equipos. Esto debido a que en el Protocolo de Montreal se dejó claro lo dañino que es este refrigerante a la capa de ozono; y se dio un plazo hasta el 2015 para dejar de producirlo y hasta el 2030 para la desaparición total del mismo.
- Los cálculos, como se muestra en el capítulo del mismo nombre, se hicieron para SEER de 10 y 13; sin embargo, se recomienda adquirir nuevas tecnologías que mantengan SEER de 13 porque esto influye en una considerable mejoría de la eficiencia energética. De esta manera es necesario cambiar la totalidad de los equipos por sistemas de aire acondicionado que trabajen con refrigerante R410A; diseñado para las toneladas de refrigeración calculadas para cada recinto y con un SEER superior a 13.
- El software Cype® basado en la normativa legal vigente recomienda que todo recinto debe tener Ventilación. Dentro de la edificación que se estudia no existe ventilación; por lo que se

recomienda implementar mejoras en este aspecto. Más que por mejoramiento de la eficiencia energética es por salubridad para ofrecer a los ocupantes pureza en el aire que respiran.

- Basado en los resultados arrojados por la simulación en Cype® se pudo constatar que los equipos de aire acondicionado están sobredimensionados en la mayoría de los recintos de la edificación, para las condiciones a las cuales trabajan. Por tal razón se recomienda cambiar en la medida de las posibilidades los equipos existentes por otros con las toneladas de refrigeración requeridas.
- Por último, teniendo en cuenta que el ahorro energético al cambiar los equipos existentes por otros con las toneladas de refrigeración requeridas y SEER de 13 es alto, se recomienda cambiar los equipos con la capacidad requerida y un SEER de 13.

## 7. CONCLUSIONES

El estudio de eficiencia energética realizado en los equipos de aire acondicionado del Bloque G de la Universidad Autónoma del Caribe, permitió corroborar muchas de las hipótesis planteadas.

En primer lugar se supuso un sobredimensionamiento de los aires acondicionados; lo cual queda demostrado con la simulación del comportamiento energético de la edificación, realizando el cálculo de carga térmica por refrigeración mediante el programa *Hidrofiv* del software *Cype*<sup>®</sup>. Además, mediante el mismo se descubrió que es indispensable la ventilación al interior de los recintos para la salubridad de los ocupantes.

Por otro lado, al comparar la eficiencia actual con eficiencias SEER de 10 y 13, es posible visualizar que la eficiencia de los equipos está por debajo de la mínima recomendada.

Además se pudo observar que la potencia eléctrica de la mayoría de los equipos es considerablemente superior al que debería tener un equipo eficiente con SEER de 10 o SEER de 13, con lo cual hay mayor consumo eléctrico y por tanto mayores costos.

Cabe anotar que los equipos estudiados cuentan con tecnologías obsoletas que utilizan Refrigerante R-22; por este motivo se recomendó cambiar por equipos que trabajen con el Refrigerante R410A que además es amigable con el Medio Ambiente.

De esta manera, con las recomendaciones se pretende mejorar la eficiencia energética de los equipos, proteger el medio ambiente y disminuir el consumo económico.

Luego de comparar con un SEER mínimo recomendado de 10, se obtuvo un ahorro energético de cerca de **\$35.603.191,9** anuales. Y para un SEER de 13, que es el que se pretende cambiar, se obtuvo un ahorro energético de aproximadamente **\$48.195.102,50** anuales y con una eficiencia considerablemente más alta que el anterior.

Además, al comparar las unidades calculadas por CYPE con un SEER de 13 con las unidades existentes, se obtiene un ahorro energético de **\$36.430.221,00** anuales aproximadamente.

Con todos estos datos y cálculos la percepción es una sola; desde cualquier punto de vista se puede tener un ahorro energético, con lo cual sabemos que el Bloque G no es energéticamente eficiente y esto reduce en pérdidas para la Universidad Autónoma del Caribe.

## 8. REFERENCIAS

- <sup>1</sup> Camilo Botero. Asociación colombiana del Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración ACAIRE. Editorial. Disponible en: <http://www.acaire.org/doc/revistasAnteriores/revistaAcaire61.pdf>, Enero 2014.
- <sup>2</sup> ACAIRE (Asociación Colombiana del Acondicionamiento del Aire y la Refrigeración). Disponible en: <http://www.acaire.org/> Enero de 2014.
- <sup>3</sup> AHRI (Air- conditioning, Heating & Refrigerating Institute). Disponible en: <http://www.ahrinet.org>, Enero de 2014.
- <sup>4</sup>RITE (Reglamentos de Instalaciones Térmicas en edificios). Disponible en: <http://www.idae.es/index.php/id.27/relcategoria.1030/mod.pags/mem.detalle>, Enero de 2014.
- <sup>5</sup>Kent Peterson. Presidente ASHRAE año 2007. “El estándar 189.1 ayudara a preparar el terreno a un futuro más verde”. Revista ACAIRE #61.
- <sup>6</sup>Foro Frio. Eficiencia energética en equipos y sistemas de aire acondicionado. Disponible en: [http://www.forofrio.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=88:eficiencia](http://www.forofrio.com/index.php?option=com_content&view=article&id=88:eficiencia) Diciembre de 2013.
- <sup>7</sup>Guillermo Gómez Prada, Jesús Maellas Benito, Borja Plaza Gallardo, Manuela Nieto García. Estado del arte de la modelización energética de edificios. Disponible en: [http://www.sostenibilidades.org/sites/default/files/\\_Recursos/Publicaciones/estado\\_del\\_arte\\_de\\_la\\_modelizacion\\_energetica\\_edificios.pdf](http://www.sostenibilidades.org/sites/default/files/_Recursos/Publicaciones/estado_del_arte_de_la_modelizacion_energetica_edificios.pdf) Abril 21 de 2013.