

# APLICACIÓN DE LA NORMA ISO 50001-2011 EN ENFRIADORAS DE AGUA DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE AIRE ACONDICIONANDO

MSc. Jorge Luis Lamas Acevedo<sup>1</sup>, Ing. Juan Torres Dominguez<sup>2</sup>

1. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba. [jorge.lamas@umcc.cu](mailto:jorge.lamas@umcc.cu)
2. Empresa Cubaron S.A, – Cárdenas, Matanzas, Cuba.

## Resumen

Se presenta una aplicación de la norma ISO 50001-2011 sobre los índices de eficiencia energética en enfriadoras de agua que operan dentro de un sistema centralizado de aire acondicionado en una instalación hotelera. Se realiza un análisis del funcionamiento partiendo de los consumos reales de energía eléctrica y de la producción de agua fría entregada por el sistema. Se obtuvo la línea base y meta del sistema a partir de la influencia de la temperatura ambiente exterior mediante los días grados de enfriamiento, para la temperatura obtenida, dando como resultado un grado de correlación muy fuerte entre dichos parámetros. Se demuestra el potencial de ahorro que aún existe en estos sistemas con la aplicación de esta norma de eficiencia energética.

*Palabras claves:* Índices energéticos; eficiencia energética; enfriadoras de agua; ahorro energético, temperatura ambiente.

---

El consumo de energía en los últimos años ha sido un fenómeno creciente. Los problemas energéticos actuales se deben principalmente a los efectos que causan sobre el medio ambiente los diferentes tipos de energía no renovables que se utilizan. Las desventajas fundamentales de la explotación de combustibles fósiles y su impacto negativo al medio ambiente han suscitado un creciente interés en estos temas a escala mundial.

La situación global hoy en día incluye un sobregiro ecológico con demanda anual, excediéndose en los recursos que puede regenerar la tierra cada año. El modelo energético actual es insostenible basado en recursos naturales limitados, es irracional y ocasiona grandes impactos al medio ambiente, por lo que resulta imprescindible un cambio hacia un modelo de desarrollo energético sostenible fundamentado en la sustitución de fuentes de energía y en la eficiencia energética.

La energía está en la base del bienestar social y de cualquier actividad económica. Es preciso prever las necesidades de energía y la forma de cubrir los suministros en períodos medios y largos, con el fin de disponer de instalaciones precisas, instalaciones que requieren grandes inversiones que a su vez necesitan largos períodos de maduración y, cada vez más, complejos sistemas de financiación. El previsible agotamiento de los combustibles fósiles, la contaminación ambiental derivada de su uso y el aumento de las necesidades energéticas producto del crecimiento industrial de las últimas décadas ha exigido la adopción de nuevas estrategias en materia de energía como base de un modelo de desarrollo sustentable, que permita satisfacer las necesidades energéticas actuales y garantizar las futuras, por lo que lograr un desarrollo energético sostenible es sin duda el camino correcto, pero esto depende del uso de fuentes de energía renovable, la eficiencia energética y de la dirección estratégica de cada empresa.

El Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA), perteneciente a la Universidad “Carlos Rafael Rodríguez” de Cienfuegos, ha desarrollado la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía (TGTEE), la que tiene como objetivo central crear en las empresas las capacidades técnico organizativas propias para administrar eficientemente la energía, posibilitando el mejoramiento continuo de la eficiencia, la reducción de los costos energéticos y del impacto ambiental asociado al uso de la energía.

En nuestra provincia se encuentra enclavado el mayor polo turístico de sol y playa del país, por lo que existe una gran infraestructura hotelera y extrahotelera con una gran demanda de energía eléctrica, por lo que el trabajo eficiente de estos depende en gran medida del uso racional y eficiente de la misma, no se trata de ahorrar energía ni dejar de consumirla en detrimento del servicio brindado, sino ofrecer el servicio con la mayor eficiencia posible. La Universidad de Matanzas, como parte inseparable del desarrollo de la provincia, trabaja en un proyecto de investigación aplicada y desarrollo titulado: Indicadores de desempeño energético para el turismo, con el objetivo general de establecer los procedimientos para la determinación de indicadores energéticos generales y de los principales usos significativos de la energía.

En nuestro país en general se trabaja y existe una experiencia acumulada en este sentido, muchos trabajos relacionados con la temática abordan este tema de forma general basándose en la norma ISO 50001, pero teniendo en consideración que en un hotel el sistema de aire es el más consumidor, es preciso realizar un análisis basado en esta norma, de esta área.

La gestión energética (Monteagudo, 2006) constituye una estructura documentada que define la política, los objetivos y las responsabilidades de la organización, y establece los procedimientos y procesos de planificación, control, aseguramiento y mejoramiento. Con su implementación se persigue lograr un uso más eficiente de la energía sin reducir los niveles de producción, sin mermar la calidad del producto o servicio, ni afectar la seguridad o los estándares ambientales. La gestión energética como subsistema de la gestión empresarial, abarca las actividades de administración y aseguramiento de la función gerencial y le confieren a la entidad la aptitud para satisfacer eficientemente sus necesidades energéticas. Su objetivo no es sólo diagnosticar y dejar un plan de medidas, sino esencialmente elevar las capacidades técnico-organizativas de la empresa, de forma tal que esta sea capaz de desarrollar un proceso de mejora continua de la eficiencia energética.

El 15 de junio de 2011, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) lanzó de manera oficial el estándar sobre sistemas de gestión de la energía, la ISO 50001 *Energy Management Systems*. La propuesta de la ISO busca proveer una estructura de sistemas y procesos necesarios para la mejora del desempeño energético, incluyendo la eficiencia, uso y consumo de la energía. Cuba como miembro de esta organización la adoptó en Diciembre de ese mismo año con la referencia NC-ISO 50001: 2011: Sistema de gestión de la energía-Requisitos con orientación para su uso. Al igual que otros estándares ISO, la norma de sistema de gestión de la energía se enmarca en el ciclo de mejoramiento continuo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), por sus siglas en inglés, es decir PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar).

La norma trae implícita la planificación de la energía (ONC, 2011), la cual permite contar con un plan minuciosamente diseñado que sirve de guía durante un período de tiempo determinado. Es una herramienta muy útil para cualquier organización que decida mejorar su modelo de consumo energético y que desee hacerlo conforme a un plan correctamente elaborado.

Puede ser implantada por cualquier organización, independientemente de su tamaño, sector y ubicación. No establece requisitos absolutos para el desempeño energético más allá de los compromisos incluidos en la política energética, del cumplimiento de los requisitos legales aplicables y la mejora continua. Tampoco establece por sí misma criterios de rendimientos con respecto a la energía. Por otra parte, los conceptos de alcance y límites dan flexibilidad a la organización para definir lo que está incluido en el Sistema de Gestión Energética. Especifica los requisitos aplicables al uso y consumo de la energía, incluyendo la medición, documentación e información, las prácticas para el diseño y adquisición de equipos, sistemas, procesos y personal que contribuyen al desempeño energético. Se aplica a todas

las variables que afectan al desempeño energético que puedan ser controladas por la organización y sobre las que pueda tener influencia, no establece criterios específicos de desempeño con respecto a la energía.

El sistema de gestión energética (SGEn), basado en la norma ISO 50001 proporciona una serie de requisitos que posibilitará a las empresas a:

- Desarrollar una política para el uso más eficaz de energía.
- Arreglar blancos y objetivos para encontrarse la política.
- Usar los datos para entender bien y tomar las decisiones acerca del uso de energía y consumos.
- Medir los resultados.
- Repasar la efectividad de la política.
- Continuamente mejorar la gestión de energía
- Fomentar una cultura de uso racional y eficiente de la energía en la organización y actores de interés.

Dentro de los beneficios energéticos y medioambientales que reporta esta norma están:

- ❖ Mejora continua de los procesos.
- ❖ Uso eficiente de fuentes de energía.
- ❖ Mejora de la productividad y competitividad.
- ❖ Reducción de los gases de efecto invernadero.
- ❖ Reducción de los costos de producción.

Las herramientas más utilizadas para establecer un SGEn.

- Diagrama de Pareto.
- Diagrama de Dispersión y Correlación.
- Gráficos de Control.
- Gráfico de Consumo y Producción en el Tiempo.
- Diagrama Índice de Consumo – Producción.
- Indicador de Tendencia de Desempeño Energético (CUSUM).
- Indicador de Desempeño Energético Base 100.

En esta norma se establece la necesidad de identificar índices de eficiencia energética (IDEn). Estos se utilizan con el propósito de evaluar el desempeño energético en un período actual con respecto a un período de referencia. Se establecen con el fin de dar un seguimiento, monitoreo y control del desempeño energético de determinado proceso, área o equipo. Son cuantificables y se establecen para cada uso significativo de la energía (Monteagudo, 2016). Un IDEn es un valor cuantitativo, medible que refleja la eficiencia, el uso y el consumo de la energía del elemento donde se define, permite evaluar su cambio respecto a una línea de base y puede medirse y seguirse en el tiempo, o sea, es una referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético,

refleja un periodo especificado y puede normalizarse utilizando variables que afecten al uso y consumo de la energía, con su ayuda podremos obtener los ahorros energéticos como una referencia antes y después de implementar las acciones de mejora del desempeño energético. Por su parte, la línea meta se obtiene a partir de los mejores valores de producción que luego serán comparados con el total de la producción, por lo que la empresa debe encaminarse o proyectarse en conseguir valores muy cercano o por debajo de la línea meta.

La organización o empresa debe identificar los IDEn apropiados para realizar el seguimiento y la medición de su desempeño energético. La metodología para determinar y actualizar los IDEn debe documentarse y revisarse regularmente, dentro de estos se encuentran: índices de consumo, índices de eficiencia e indicadores económico-energéticos.

El desarrollo del sector turístico, para la atracción del capital foráneo, comienza en el país en la década de los 80, ya hacia el año 1985 el país recibía 200 000 turistas extranjeros esperando para este año 2019 la cifra de cinco millones. Este crecimiento del sector trajo aparejado un desarrollo de los sistemas tecnológicos que componen estas instalaciones dentro de los cuales se encuentran los sistemas centralizados de aire acondicionado.

Este sector fue el motor impulsor de la economía cubana tras el derrumbe del campo socialista y, si bien es una fuente de ingresos considerables al país, también es un gran consumidor de energía eléctrica y dentro de estos el sistema de aire acondicionado, como servicio de gran peso para el confort y estancia. El sector hotelero se caracteriza en general por su elevado, y en ocasiones poco racional, consumo energético.

Dentro de los costos energéticos en un hotel turístico la electricidad representa la mayor partida, y son la climatización y el alumbrado las áreas que consumen más energía eléctrica. Para hoteles del Caribe, en particular, el consumo de climatización puede representar alrededor del 65% del total del consumo de electricidad, debido fundamentalmente a las altas temperaturas (Borroto, 2010). El turismo es el responsable del 5 % de las emisiones globales de dióxido de carbono. Con las tecnologías actuales estas emisiones pudieran aumentar el doble. El sector está siendo monitorizado por altos consumos energéticos y su aporte al calentamiento global. En la actualidad, Cuba se encuentra entre los países donde el turismo figura en el plan de desarrollo como la fuente principal de divisas (Molina, 2017).

Los sistemas de climatización centralizados de aire acondicionado, es donde se concentra la generación del fluido térmico a baja temperatura, el cual se transporta y distribuye a los locales a climatizar. Estos sistemas se dividen en: todo-aire, aire-agua y todo-agua. El sistema todo-agua, es el tratado en este trabajo y es el más utilizado en Cuba para la climatización de grandes hoteles, conocido también como sistema de agua helada. Este tipo de sistema consiste en una unidad o varias unidades centrales o enfriadoras de agua, compuesta por cuatro elementos principales que son: el evaporador, el condensador, el elemento expansivo o válvula de expansión, y el compresor. La unidad absorbe el calor

generado por el edificio por medio del evaporador, que es un intercambiador de calor donde se enfría el agua que luego es distribuida por medio de tuberías a las habitaciones y a las áreas comunes con temperaturas de envío y retorno generalmente de 7°C y 12°C respectivamente. Este diferencial de temperaturas está determinado por la absorción de la carga térmica del edificio y depende de varios factores como son las características constructivas del edificio, la climatología de la región y el nivel ocupacional del hotel.

Varios trabajos relacionado con la temática han demostrado que los indicadores que se usan aun en muchas instalaciones hoteleras del país como son: consumo de energía por las habitación día ocupada (kWh/HDO) o los turistas días (kWh/TD), no reflejan con acierto el uso eficiente de la misma pues no consideran la temperatura ambiente exterior, y otros como pudiera ser la procedencia del cliente o la humedad relativa, como un factor determinante en el consumo energético. En este aspecto cabe resaltar la influencia que ejerce la temperatura ambiente en el proceso de condensación de un sistema de refrigeración, a medida que esta aumenta el trabajo realizado por el compresor sobre el agente frigorífico y por tanto, en el consumo de energía eléctrica que se necesita para realizar dicho trabajo, en este sentido vale recordar que un aumento de la temperatura de condensación en un grado centígrado el consumo del sistema puede aumentar entre un 2 y 2,5 %, por lo que se verá disminuido el coeficiente de funcionamiento, COP, para una misma potencia frigorífica.

La temperatura ambiente exterior se tiene en consideración mediante el término definido como días grados o viceversa, que no es más que los requerimientos de calentamiento o enfriamiento necesarios para alcanzar la zona de confort, acumulados en un cierto período de tiempo (Hitchin, 2015). Son la sumatoria para todos los días de un período convencional de tiempo, de los valores positivos de la diferencia entre la temperatura media diaria y una temperatura de referencia, comúnmente llamada temperatura base, la cual puede cambiar con el tiempo, es diferente para cada edificación y, es una temperatura del punto de equilibrio, es decir, la temperatura exterior en el que los sistemas de calentamiento o enfriamiento, no necesita producir con el fin de mantener las condiciones de confort requeridas. Los días grados se clasifican de dos maneras: de calentamiento o de enfriamiento (DGE) y da la medida de cuánto estuvo la temperatura exterior por encima de una temperatura base y por cuánto tiempo, aquí solo se tendrán en cuenta los días grados de enfriamiento por tratarse de un sistema de enfriamiento de agua para climatización de locales.

Para la obtención del indicador de desempeño energético HDO-GDE, según se aprecia en la ecuación (1), es necesario tanto el cálculo de los grados días de enfriamiento (GDE), como de la temperatura base  $T_b$  (2). El primero de ellos relaciona la cantidad de días, es decir el periodo de tiempo analizado y las temperaturas media diaria y la temperatura base que se define como la temperatura exterior en la cual no se requiere climatización para alcanzar el confort térmico en el interior de una habitación o edificio (Assawamartbunlue, 2013). Esta se obtiene con los datos del consumo diario de electricidad, la temperatura promedio diaria

y los GDE para un rango de temperatura entre 15-23°C. Auxiliándonos de una de Excel, estos datos se ajustan a un polinomio de segundo grado para el rango de temperaturas evaluadas seleccionándose finalmente la Tb del polinomio que presentó el valor del término cuadrático más cercano a cero para cada año.

$$HDO-GDE=HDO * GDE \quad (1)$$

$$GDE = \sum_1^n (T - T_b) \quad (2)$$

Un aspecto que conspira en contra de la implementación de los índices de eficiencia energética en una empresa determinada, en este caso en una instalación hotelera, son los instrumentos de medición y registros de los parámetros que se desean monitorear, es decir, para el tema que nos ocupa podemos evaluar estos índices registrando la producción frigorífica o potencia frigorífica y el consumo energético para producir dicha potencia, o sea, el COP de la enfriadora. Para ello debemos conocer el flujo de agua que circula por el evaporador, así como, la temperatura de entrada y salida de agua a este en un periodo determinado. Estos valores pocas veces se tienen registrado por lo que se necesita de personal con la instrumentación requerida para su lectura o registrar solo el consumo energético de la enfriadora de agua y relacionar uno de ellos, o ambos, con los días grado de enfriamiento. En muchas instalaciones hoteleras a pesar de tener una pizarra general con los dispositivos eléctricos para la protección y buen funcionamiento del sistema de enfriadoras de agua, las mismas carecen de registradores energéticos independientes para este sistema, por lo que la evaluación de estos índices se hace casi imposible.

Para establecer los índices de eficiencia energética en las enfriadoras de agua analizadas, se realizaron una serie de mediciones en el hotel estudiado (Torres, 2019), conjuntamente con la temperatura exterior y la cantidad de huésped hospedados en el hotel, que permitieron obtener la línea base y meta para este equipamiento durante un periodo de tiempo comprendido entre el 4 de marzo y el 10 de junio del presente año 2019, los resultados obtenidos son mostrados a continuación.

Determinación de la Tb 2019													
Fechas 2019	KWh	Tamb media	Días	DG tb=15	DG tb=16	DG tb=17	DG tb=18	DG tb=19	DG tb=20	DG tb=21	DG tb=22	DG tb=23	DG tb=24
04/03/2019	26033,2	25,6	7	94,4	86,4	78,4	70,4	62,4	54,4	46,4	38,4	30,4	22,4
11/03/2019	26833,4	24,0	7	100,8	93,8	86,8	79,8	72,8	65,8	58,8	51,8	44,8	37,8
18/03/2019	27123,4	28,2	7	86	79	72	65	58	51	46,3	37	30	23
25/03/2019	27394	28,9	7	106,9	99,9	92,9	85,9	78,9	71,9	64,9	57,9	50,9	43,9
01/04/2019	27343	30,4	7	102,2	95,2	88,2	81,2	74,2	67,2	60,2	53,2	46,2	39,2
08/04/2019	23392,2	31,4	7	94,5	87,5	80,5	73,5	66,5	59,5	52,5	45,5	38,5	31,5
15/04/2019	6702,9	31,9	2	27,1	25,1	23,1	21,1	19,1	17,1	15,1	13,1	11,1	9,1
17/04/2019	7720,2	32,1	2	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6
19/04/2019	10630,3	31,5	4	54,1	50,1	46,1	42,1	38,1	34,1	30,1	26,1	22,1	18,1
23/04/2019	14386,7	29,5	6	84,7	78,7	72,7	66,7	60,7	54,7	48,7	42,7	36,7	30,7
29/04/2019	13559,1	26,9	4	60,9	56,9	52,9	48,9	44,9	40,9	36,9	32,9	28,9	24,9
03/05/2019	14469,9	31,4	4	57,0	53,0	49,0	45,0	41,0	37,0	33,0	29,0	25,0	21,0
07/05/2019	11383	28,8	3	41,5	38,5	35,5	32,5	29,5	26,5	23,5	20,5	17,5	14,5
10/05/2019	14411,8	28,0	5	74,9	69,9	64,9	59,9	54,9	49,9	44,9	39,9	34,9	29,9

Figura 1: Datos para la determinación de la temperatura base,

En la figura 2 se muestran los polinomios correspondientes para la selección de la temperatura base que es de 24 °C, ya que su valor es el más cercano a cero.

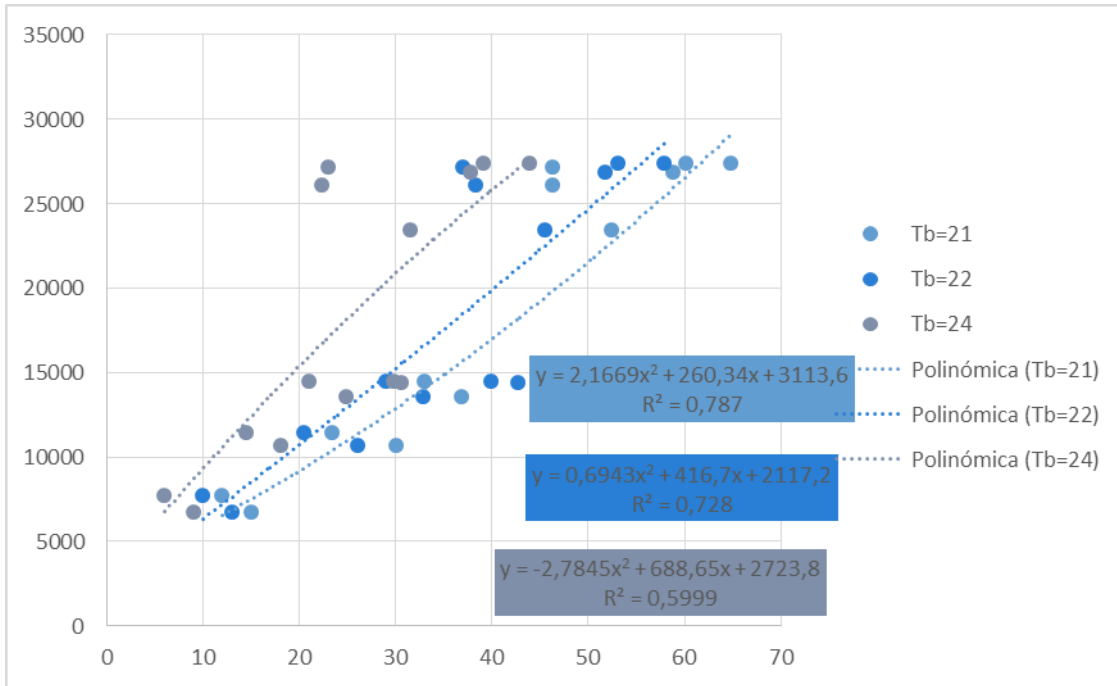


Figura 2: Valor de polinomios para la obtención de la temperatura base.

En la figura 3 se muestran los consumo de energía eléctrica, la temperatura media t los días grado conjuntamente con las habitaciones días ocupadas para el periodo de tiempo analizado, permitieron obtener el indicador de desempeño energético HDO-DGE



Obtención de Indicadores 2019						
Fechas 2019	KWh	Tamb media	Días	DG tb=24	HDO	HDO*DG
04/03/2019	41564	25,6	7	22,4	1986	44486,4
11/03/2019	43567	24,0	7	37,8	2035	76923
18/03/2019	30123	28,2	7	23	2081	47863
25/03/2019	44876	28,9	7	43,9	2297	100838,3
01/04/2019	45952	30,4	7	39,2	2291	89807,2
08/04/2019	40210	31,4	7	31,5	2260	71190
15/04/2019	7727	31,9	2	9,1	650	5915
17/04/2019	6126	32,1	2	6	667	4002
19/04/2019	10630,3	31,5	4	18,1	1158	20959,8
23/04/2019	31287	29,5	6	30,7	1594	48935,8
29/04/2019	13559,1	26,9	4	24,9	1046	26045,4
03/05/2019	16754	31,4	4	21	987	20727
07/05/2019	11383	28,8	3	14,5	998	14471
10/05/2019	20564	28,0	5	29,9	670	20033

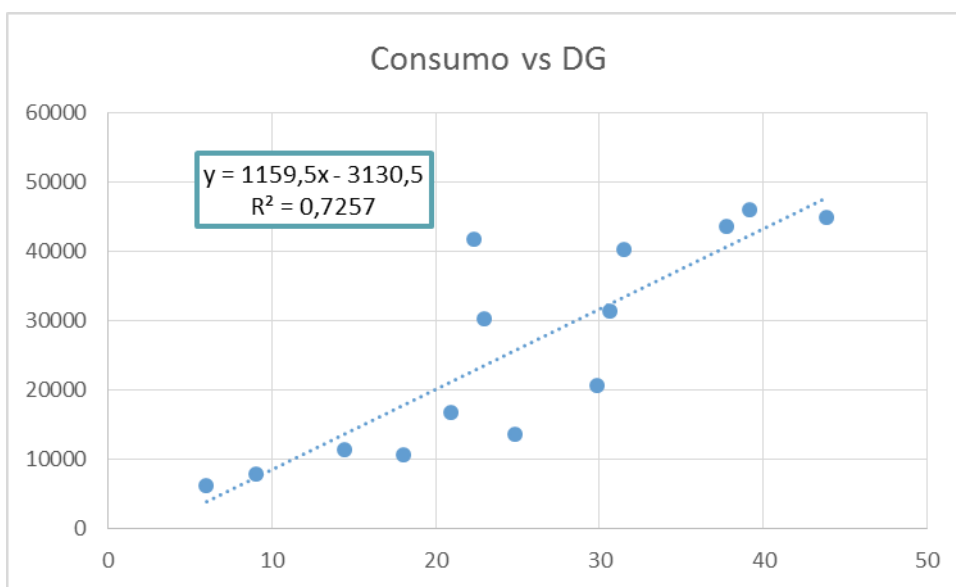


Figura 4: Consumo energético vs días grado de enfriamiento.

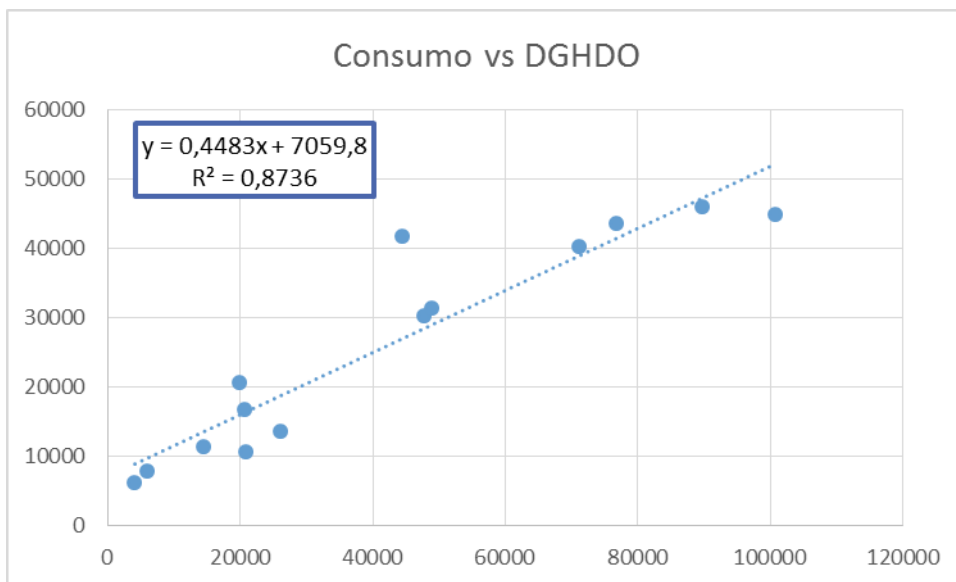


Figura 5: Consumo energético vs HDO-DGE.

Del análisis de las figura 4 y 5 se observa como el coeficiente de correlación  $R^2$  pasa a ser de rango fuerte a más fuerte cuando se le adicionan los DGE a las HDO, demostrando así la influencia que la temperatura ambiente ejerce sobre el consumo energético de este equipamiento.

<b>Fechas 2019</b>	<b>Consumo</b>	<b>Producción HDO*GDE</b>
<b>04/03/2019</b>	<b>41564</b>	<b>44486,4</b>
<b>11/03/2019</b>	<b>43567</b>	<b>76923</b>
<b>18/03/2019</b>	<b>30123</b>	<b>47863</b>
<b>25/03/2019</b>	<b>44876</b>	<b>100838,3</b>
<b>01/04/2019</b>	<b>45952</b>	<b>89807,2</b>
<b>08/04/2019</b>	<b>40210</b>	<b>71190</b>
<b>15/04/2019</b>	<b>7727</b>	<b>5915</b>
<b>17/04/2019</b>	<b>6126</b>	<b>4002</b>
<b>19/04/2019</b>	<b>10630,3</b>	<b>20959,8</b>
<b>23/04/2019</b>	<b>31287</b>	<b>48935,8</b>
<b>29/04/2019</b>	<b>13559,1</b>	<b>26045,4</b>
<b>03/05/2019</b>	<b>16754</b>	<b>20727</b>
<b>07/05/2019</b>	<b>11383</b>	<b>14471</b>
<b>10/05/2019</b>	<b>20564</b>	<b>20033</b>

Figura 6:

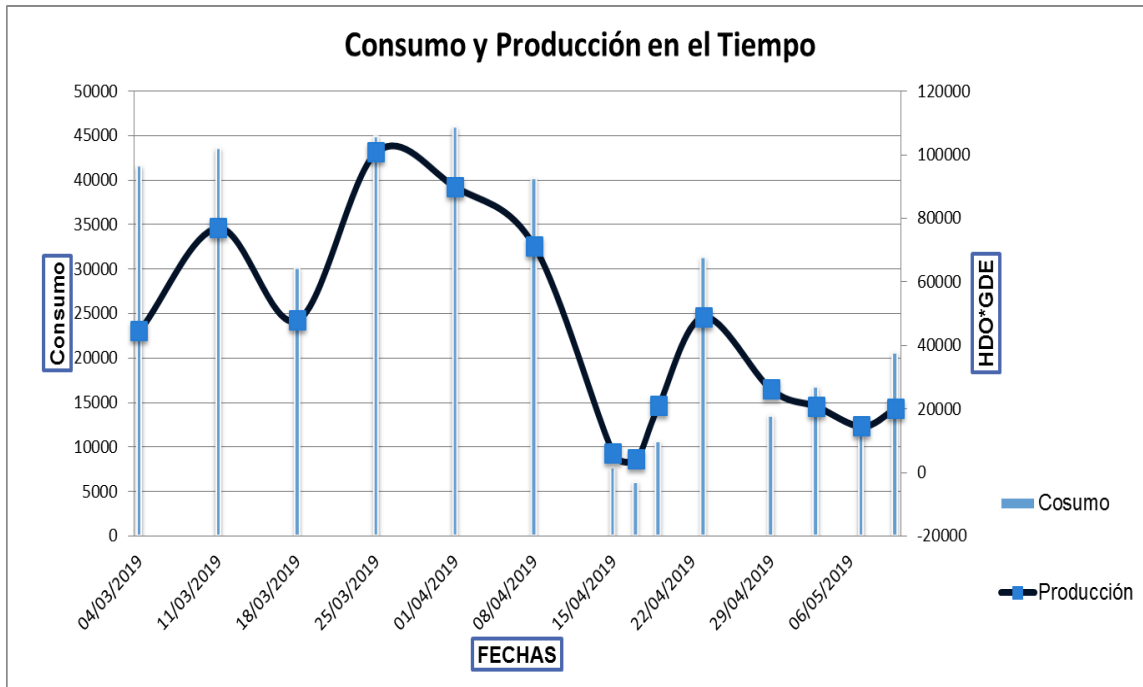


Figura 7: Consumo y producción en el tiempo.

El gráfico de consumo y producción en el tiempo consiste en un gráfico que muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo. El objetivo de la utilización de este gráfico es para determinar comportamientos anómalos en la variación del consumo energético con respecto a la producción. También se busca poder determinar las causas o factores que produzcan cambios significativos entre la producción y el consumo. Se puede observar que la ocupación es pequeña con respecto al gran consumo existente en la instalación. Parte de esta gran demanda se debe a las oficinas y áreas sociales como el buffet, lobby entre otros que no se incluyeron en el estudio debido a que no existe un registro del tiempo de uso de estos locales.

El gráfico de índice de consumo – producción permite observar la influencia del nivel de producción sobre el índice de consumo. Además, podemos determinar el punto crítico donde comienza a elevarse significativamente dicho índice de para bajas producciones.

$$IC = m + \frac{E_o}{P} \quad (3)$$

En las figuras 8 y 9 se reflejan los datos índices de consumo  $I_c$  del funcionamiento de las enfriadoras de agua.

En la figura 10 se muestra el diagrama de índice de consumo vs producción.

Fechas 2019	Consumo	Producción HDO*GDE	IC
04/03/2019	26033,2	5220	2,111848
11/03/2019	26833,4	15136	0,832092
18/03/2019	27123,4	25052	0,565433
25/03/2019	27394	34968	0,450009
01/04/2019	27343	44884	0,385586
08/04/2019	23392,2	54800	0,344477
15/04/2019	6702,9	64716	0,315965
17/04/2019	7720,2	74632	0,29503
19/04/2019	10630,3	84548	0,279006
23/04/2019	14386,7	94464	0,266346
29/04/2019	13559,1	104380	0,256091
03/05/2019	14469,9	114296	0,247616
07/05/2019	11383	124212	0,240494
10/05/2019	14411,8	134128	0,234424

Figura 8: Índice de consumo teórico de la enfriadora.

Fechas 2019	Consumo	Producción HDO*GDE	IC
04/03/2019	26033,2	44486,4	0,585195
11/03/2019	26833,4	76923	0,348835
18/03/2019	27123,4	47863	0,566688
25/03/2019	27394	100838,3	0,271663
01/04/2019	27343	89807,2	0,304463
08/04/2019	23392,2	71190	0,328588
15/04/2019	6702,9	5915	1,133204
17/04/2019	7720,2	4002	1,929085
19/04/2019	10630,3	20959,8	0,507176
23/04/2019	14386,7	48935,8	0,293991
29/04/2019	13559,1	26045,4	0,520595
03/05/2019	14469,9	20727	0,698118
07/05/2019	11383	14471	0,786608
10/05/2019	14411,8	20033	0,719403

Figura 9: Índice de consumo real de la enfriadora.

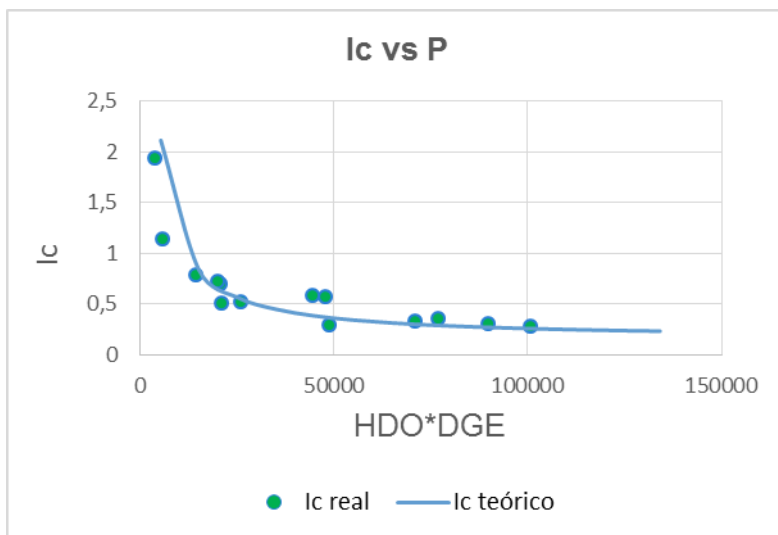


Figura 10: Diagrama índice de consumo vs producción.

Uno de los indicadores que más aporta al control y sirve de referencia para monitorear el trabajo de un sistema o equipamiento determinado es la obtención de la línea base y línea meta, las cuales son mostradas en la figura 11 y 12.

<b>Fechas 2019</b>	<b>Consumo</b>	<b>HDO*DG</b>
<b>04/03/2019</b>	<b>41564</b>	<b>44486,4</b>
<b>11/03/2019</b>	<b>43567</b>	<b>76923</b>
<b>18/03/2019</b>	<b>30123</b>	<b>47863</b>
<b>25/03/2019</b>	<b>44876</b>	<b>100838,3</b>
<b>01/04/2019</b>	<b>45952</b>	<b>89807,2</b>
<b>08/04/2019</b>	<b>40210</b>	<b>71190</b>
<b>15/04/2019</b>	<b>7727</b>	<b>5915</b>
<b>17/04/2019</b>	<b>6126</b>	<b>4002</b>
<b>19/04/2019</b>	<b>10630,3</b>	<b>20959,8</b>
<b>23/04/2019</b>	<b>31287</b>	<b>48935,8</b>
<b>29/04/2019</b>	<b>13559,1</b>	<b>26045,4</b>
<b>03/05/2019</b>	<b>16754</b>	<b>20727</b>
<b>07/05/2019</b>	<b>11383</b>	<b>14471</b>
<b>10/05/2019</b>	<b>20564</b>	<b>20033</b>

Figura 11. Valores de consumo energético y HDO-GDE obtenidos de las mediciones realizadas en la entidad.

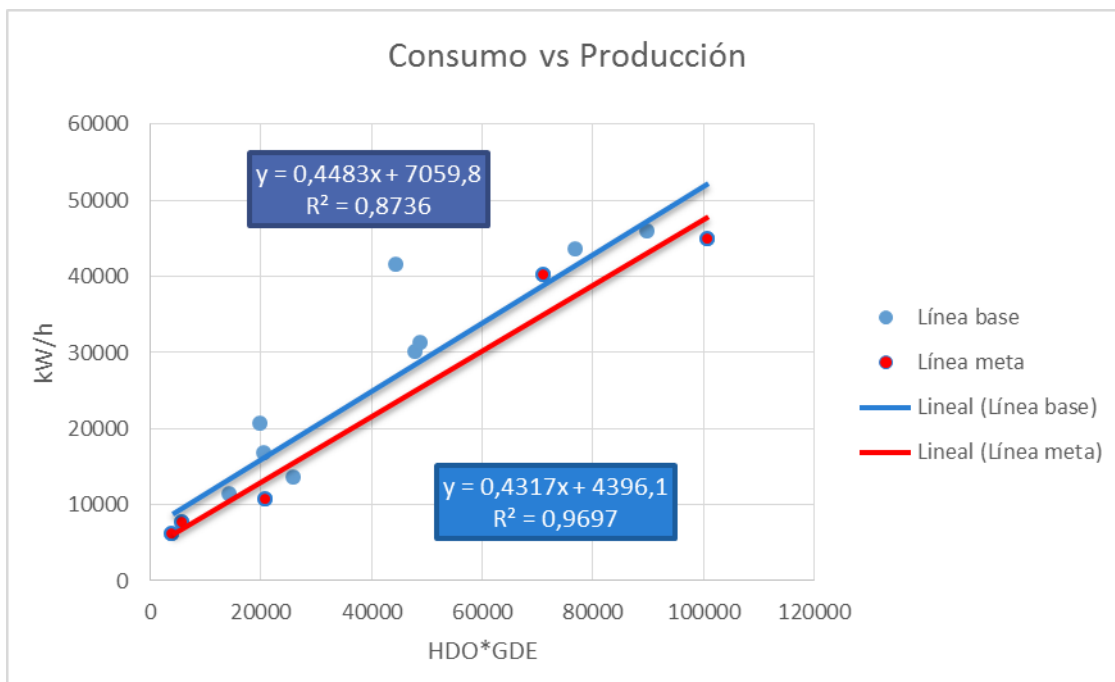


Figura 12. Representación de la línea base y línea meta del hotel para el periodo analizado.

El potencial de ahorro en el periodo analizado, calculado a partir del gráfico de consumo contra producción es de 2663.7 kWh, representando un ahorro del 9.77 % del consumo promedio del lapso de tiempo estudiado.

Teniendo en cuenta el potencial de ahorro y que el costo de la energía promedio en hotel es de 0.18 \$/kWh y que por cada kWh generado se emiten a la atmósfera 1127 gCO<sub>2</sub>, la instalación dejará de erogar \$ 479, 46 y 3 toneladas de CO<sub>2</sub>.

## Conclusiones

Con este trabajo se deja reflejado que aún existen potencialidades de ahorro energético en enfriadoras de agua si se implementan los conceptos y procedimientos establecidos en la norma cubana ISO 50001-2011 a través de los índices de consumo. Con la obtención de la línea base y meta, no solo, podemos saber si el sistema trabaja en óptimas condiciones, sino también predecir para unas condiciones determinadas de temperatura ambiente y ocupación el consumo energético de este equipamiento, permite establecer comparación entre enfriadoras de diferentes fabricantes y verificar las operaciones de mantenimiento realizadas en ellas. Aunque esta investigación se basó en la evaluación de las tres

enfriadoras que componen el sistema centralizado de este hotel, bien puede realizarse este análisis en cada una de ellas por separado. No obstante, es necesario disponer de equipos de medición en esta área y de personal capacitado para implementar y analizar el funcionamiento de ellos.

## **Bibliografía.**

ASSAWAMATBUNLUE K. 2013. *Investigation of Cooling and Heating Degree-Hours in Thailand. Journal of Clean Energy Technologies*,. 2013. Vol. 1.

BORROT ANIBAL, et al. 2010. Estrategias Operacionales para el ahorro de energía en sistemas centralizados de climatización por agua helada en hoteles turísticos. Matanzas : s.n., 2010. Vol. 9, 1. ISSN. 1681-9713.

HITCHIN R., 2015. Monthly air-conditioning energy and demand calculations for building energy performance rating. *Journal of Building Services Engineering Research & Technology*. 2015.

MOLINA ARNALDO, et al. 2017. Nuevos índices de consumo energético para hoteles tropicales. Habana : Cujae, 2017. Vol. XXXVIII, 3.

MONTEAGUDO JOSE Y BORROTO ANIBAL, Anibal Borroto y José. 2006. *Gestión y economía energética*. Cienfuegos : Editorial Universidad de Cienfuegos, 2006.

MONTEAGUDO JOSE, et al. 2016. *PROPUESTA DE INDICADOR DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO PARA EL PRONÓSTICO Y CONTROL DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN HOTELES*. Cienfuegos : Universo Sur, 2016.

ONC. 2011. Norma Cubana ISO 50001-2011.: 2011.

TORRES JUAN. 2019. Implementación de índices de eficiencia energética en el sistema de aire acondicionado central del hotel Meliá las Américas. *Tesis en opción al título Ingeniero mecánico*. Matanzas : s.n., 2019.