

*Universidad de Matanzas sede “Camilo Cienfuegos”  
Facultad de Ciencias Técnicas*



**TÍTULO: EVALUACIÓN DE INDICADORES DE  
DESEMPEÑO ENERGÉTICOS EN EL HOTEL ROYALTON  
HICACOS.**

**Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica**

**Autor: Carlos Miguel Horta Montenegro.**

**Tutores: MSc. Marlene Orama Ortega.**

**Ing. Rolando Vázquez Posada.**

*Matanzas, 2022*

## **DECLARACIÓN DE AUTORIDAD**

Por medio de la presente declaro que soy el único autor de este trabajo de diploma y, en calidad de tal, autorizo a la Universidad de Matanzas «Camilo Cienfuegos» a darle el uso que estime más conveniente.

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Miembros del Tribunal:

---

Presidente

---

Secretario

---

Vocal

## RESUMEN

La evaluación de los Indicadores de Desempeño Energético es una herramienta muy valiosa en los tiempos actuales donde la necesidad de reducir el consumo de combustibles fósiles se acrecienta cada día más. Esta investigación desarrolla una metodología para la evaluación de indicadores en el Hotel Royalton Hicacos basado en la norma ISO 50001. Se analizan los años 2018 y 2019, se obtienen los indicadores a partir del conocimiento del consumo de energía eléctrica, la ocupación del hotel y la temperatura del medio ambiente. Se realiza una búsqueda bibliográfica que permite el desarrollo de la investigación y que fundamenta todos los procedimientos de cálculo empleados. Además, se consulta a especialistas sobre este novedoso, oportuno e importante tema.

**Palabras claves:** indicadores de desempeño energético, ahorro, eficiencia, evaluación

## **ABSTRACT**

The evaluation of the Energy Performance Indicators is a very valuable tool in current times where the need to reduce the consumption of fossil fuels increases every day. This research develops a methodology for the evaluation of indicators at the Royalton Hicacos Hotel based on the ISO 50001 standard. The years 2018 and 2019 are analyzed, the indicators are obtained from the knowledge of electricity consumption, hotel occupancy and the environment temperature. A bibliographic search is carried out that allows the development of the investigation and that bases all the calculation procedures used. In addition, specialists are consulted on this new, timely and important topic.

**Keywords:** energy performance indicators, savings, efficiency, evaluation

## TABLA DE CONTENIDO

Introducción .....	1
Capítulo 1 Revisión Bibliográfica .....	4
1.1 Eficiencia Energética y Desarrollo Sostenible. ....	4
1.1.1 Eficiencia Energética. ....	4
1.1.2 Desempeño Energético e Indicadores de Desempeño Energético (IDEn).....	5
1.1.3 Desarrollo sostenible.....	7
1.1.4 Variables que influyen en el consumo de energía de los hoteles.....	7
1.2 Línea base energética (LBEn).....	8
1.2.1 Definición según ISO 50001.....	8
1.2.2 Objetivos de (LBEn).....	8
1.2.3 Premisas para la elaboración de (LBEn).....	9
1.2.4 Características del modelo escogido para representar el proceso. ....	9
1.2.5 Días-Grados. ....	10
1.2.6 Temperatura base. ....	11
1.3 Aspectos generales de la norma ISO 50001. ....	13
1.3.1 Aplicabilidad de la norma ISO 50001. ....	15
1.3.2 Implementación de la ISO 50001 en Cuba. ....	15
1.4 Conclusiones Parciales.....	16
Capítulo 2 Materiales y métodos .....	17
2.1 Descripción del hotel. ....	17
2.2 Caracterización energética del hotel. ....	17
2.3 Obtención del Indicador de desempeño energético DGE-HDO. ....	18
2.4 Metodología para la elaboración de la línea base. ....	19
2.5 Herramientas para monitorear el consumo eléctrico. ....	24
2.6 Impacto Ambiental y Económico del Ahorro de Energía Eléctrica. ....	27
2.7 Conclusiones parciales.....	27
Capítulo 3: Análisis de Resultados .....	28
3.1 Revisión energética.....	28
3.2 Determinación de la temperatura base.....	31
3.3 Obtención del IDEn HDO-DGE.....	33
3.4 Determinación de la línea base energética.....	36
3.5 Herramientas que permiten el monitoreo del consumo eléctrico.....	37
3.5.1 Gráfico de Consumo y Producción en el Tiempo (E-P vs T). ....	37
3.5.2 Gráfico de Consumo contra Producción.....	39
3.5.3 Diagrama Índice de Consumo - Producción (Ic vs P). ....	40
3.5.4 Gráfico de Tendencia o Suma acumulada (CUSUM).....	41
3.5.5 Indicador de Eficiencia Base 100 (IDB 100).....	42
3.6 Impacto económico y medioambiental del posible ahorro de energía eléctrica. ....	43
3.7 Conclusiones parciales.....	43
Conclusiones .....	45
Recomendaciones .....	46
Referencias Bibliográficas .....	47
Anexos .....	49

## INTRODUCCIÓN

A finales del siglo XX y principios del XXI el consumo creciente de energía por parte de la sociedad de consumo propicia el agotamiento progresivo de los recursos energéticos y un aumento de la temperatura global que, junto a la gran cantidad de fenómenos asociados, contribuyen al denominado “cambio climático”, cada vez más preocupante para la humanidad. En octubre de 2016 se firma el Acuerdo de París y en el 2020 el Protocolo de Kioto actualiza los plazos a cumplir. La lucha contra el calentamiento global es una necesidad cada vez más imperiosa. ([Ellabban, Abu-Rub, & Blaabjerg, 2014](#))

Desde hace una década, diversas organizaciones de normalización trabajan para desarrollar documentos que orienten a las organizaciones sobre cómo gestionar eficazmente la energía. El 15 de junio de 2011 la Organización Internacional de Normalización (ISO) publicó la esperada ISO 50001, un documento que ayudara a las organizaciones que lo implanten a obtener mejoras significativas en su eficiencia energética, con el consiguiente impacto positivo en su cuenta de resultados. ([Carretero & García, 2012](#))

La industria turística a nivel mundial se ha convertido en unos de los principales renglones económicos de muchos países, no solo desarrollados sino también en vías de desarrollo. Los hoteles utilizan una cantidad significativa de energía y el potencial de ahorro de energía es grande en cada una de sus instalaciones. La gestión del uso de la energía en los edificios de los hoteles ha atraído mucha atención de investigadores. ([Anchundia Pin & Balda Cruz, 2019](#))

Cuba no está ajena a esta situación. La importancia del turismo en el modelo de desarrollo de Cuba justifica el interés por analizar las implicaciones de dicha actividad en el consumo energético de sus instalaciones. Dentro la actual política energética para el turismo se plantea: “Aplicar políticas que garanticen la sostenibilidad de su desarrollo, implementando medidas para disminuir el índice de consumo de agua y de portadores energéticos e incrementar la utilización de fuentes de energías renovable en armonía con el medio ambiente”. ([García, 2017](#))

Numerosas investigaciones se han desarrollado en hoteles en Cuba en busca de una mejora en la eficiencia energética de estas instalaciones, ya sea en lo referente al uso eficiente de la energía y los portadores energéticos que se consumen, como en la búsqueda de mejoras en la operación de los sistemas térmicos que se utilizan para proporcionar los servicios de confort al cliente. Entre ellos destacan la climatización, iluminación, sistema de bombeo, sistema de calentamiento de agua, etc. ([Álvarez Gerra Plasencia, Martínez Santos, & Alonso Morales, 2021](#)).

El Hotel Royalton Hicacos, lugar donde se efectúa esta investigación, ha realizado en años anteriores estudios similares a este, pero no lo han implementado, por lo que se propone efectuar una actualización con los años 2018 y 2019, para que, de esta forma, la dirección de Servicios Técnicos pueda contar con herramientas que le permitan evaluar y controlar sus consumos de energía, además de identificar sus fallos e implementar medidas para mitigarlos.

Por todo lo expuesto anteriormente, se define como situación problemática: no existe en la entidad hotelera un mecanismo que permita la evaluación de los indicadores de desempeño energético.

Problema científico: ¿Cómo desarrollar una evaluación de los indicadores de desempeño energéticos para contribuir a la eficiencia energética en el hotel Royalton Hicacos  $\neg$ ?

En correspondencia con el problema científico planteado se define la siguiente hipótesis: De realizarse una evaluación de los indicadores de desempeño energético en el hotel Royalton Hicacos se lograría tener una mejor gestión energética y así alcanzar una mayor eficiencia energética.

Objetivo de la investigación: Realizar una evaluación de los indicadores de desempeño energético en el hotel Royalton Hicacos para alcanzar una mayor eficiencia energética.

Para el logro del objetivo general de este trabajo se trazaron los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar el marco teórico de la investigación.



2. Realizar una revisión energética en la instalación.
3. Determinar la temperatura base, por el método gráfico-analítico para el hotel en estudio.
4. Evaluar la gestión de energía en la instalación hotelera, teniendo en cuenta la combinación de habitación día ocupada, factores climatológicos externos y los consumos de energía en el año.
5. Evaluar el impacto económico y ambiental ante la disminución del consumo eléctrico del hotel.

El problema científico condiciona el Objeto: Indicadores de desempeño energético.

El Campo de acción: evaluación de los indicadores de desempeño energético en el hotel Royalton Hicacos

Se aplicaron diferentes métodos teóricos y empíricos. Entre los métodos del nivel teórico:

El histórico-lógico que permitió recorrer los antecedentes hasta llegar a la situación actual del objeto de estudio. El analítico - sintético que posibilitó la interpretación conceptual de los datos e información de las investigaciones utilizadas. El inductivo - deductivo que viabilizó la conformación empírica de la hipótesis que se tuvo en cuenta durante el desarrollo de la investigación.

Entre los métodos de nivel empírico:

La observación directa que contribuyó en gran medida a constatar el estado actual con relación al consumo energético del local. Revisión de documentos: facilitó la recopilación y selección de la documentación oficial y normas establecida con relación al tema. Criterio de Especialista: permitió conocer criterios de especialistas en el tema acerca de la validez y aplicabilidad de la Propuesta presentada como resultado.

## **CAPÍTULO 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

En el presente capítulo se realiza una revisión bibliográfica, estudio, análisis y síntesis de la literatura científica relativa a temas como la eficiencia energética, los indicadores y procedimientos empleados para medirla, así como conceptos y definiciones de interés para la investigación, se formula los criterios del autor sobre los conceptos que se exponen.

### **1.1 Eficiencia Energética y Desarrollo Sostenible.**

El crecimiento económico de los países conlleva a un aumento en la demanda de recursos energéticos. La búsqueda de un desarrollo sostenible, imprescindible para la subsistencia humana, implica la implementación de políticas de eficiencia energética encaminadas a combatir la escasez de recursos y promover el cuidado del medio ambiente. Para ello el uso y aprovechamiento de la energía en todas sus fases de generación, distribución y comercialización, deben satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las necesidades de futuras generaciones. ([UNE, 2011](#))

Lo anterior vincula la eficiencia energética con la eficiencia económica, por lo que es importante su estudio para identificar factores que contribuyen al desarrollo sostenible en un sentido amplio. Luego, buscar la eficiencia en un sector específico como el industrial, es buscar medidas que ayuden a elevar la productividad y competitividad de las empresas y por consiguiente del país, por lo que su impulso generará iniciativas en proyectos y programas con los correspondientes instrumentos de política pública como apoyo al sector.

#### **1.1.1 Eficiencia Energética.**

La eficiencia energética es el conjunto de conductas individuales y de la racionalidad con los que los consumidores utilizan la energía. En términos más generales, considera todos los cambios que resultan en una disminución de la cantidad de energía necesaria para producir una unidad de actividad económica o para satisfacer requerimientos energéticos de los servicios que demandan las personas, asegurando igual o superior nivel de confort.

Es la proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía. ([Anchundia Pin & Balda Cruz, 2019](#)).

De acorde a esta definición se podría decir también que la eficiencia energética es una optimización en el consumo energético que permite alcanzar niveles determinados de confort y de servicio. Por ejemplo, ajustando el consumo de electricidad a las necesidades reales de los usuarios o implementando mecanismos para ahorrar energía reduciendo al máximo las pérdidas. La aplicación de medidas para lograr la eficiencia energética es una de las directrices en el camino hacia la protección del medio ambiente a través de la disminución en la emisión de gases de efecto invernadero.

### **1.1.2 Desempeño Energético e Indicadores de Desempeño Energético (IDEn).**

Establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía en una organización, permite a las empresas tener una herramienta para alcanzar una mejora continua en el desempeño energético de su actividad económica principal, por lo que los encargados de los sistemas de gestión de la calidad en las empresas, deben conocer conceptos como eficiencia energética, el uso y consumo de la energía, entre otros de importancia significativa, con la finalidad de brindar un enfoque sistémico para la toma de decisiones relacionadas a la rentabilidad económica y financiera de la empresa. A continuación, se presentan las siguientes definiciones: ([Del Pilar, González, & Ciro, 2013](#))

**Desempeño energético:** Son los resultados medibles relacionados con el uso de la energía, consumo de energía, eficiencia energética e intensidad energética ([Carretero & García, 2012](#)). Como se puede identificar, el desempeño energético incluye diversos elementos, en ese contexto, la empresa en su proceso de mejora continua puede elegir entre una amplia gama de actividades que tengan impactos positivos sobre su desempeño energético.

**Uso de la energía:** Es la forma o tipo de aplicación de la energía. Ej. Ventilación, iluminación, procesos, líneas de producción.

**Consumo de energía:** Es la cantidad de energía utilizada. Ej. KWh/mes, m<sup>3</sup>GN/mes.

**Indicadores de Desempeño Energético (IDEn):** Según ([Anchundia Pin & Balda Cruz, 2019](#)) estos indicadores se construyen con la finalidad de seguir y evaluar los cambios en la eficiencia con lo que el país o un sector de la economía usa la energía. Los indicadores de eficiencia energética son:

Económicos: Se utiliza para evaluar la eficiencia en niveles agregados, es decir a nivel de país o de un sector específico de la economía. En esta clase de indicadores se encuentra la intensidad energética, el cual se define como la relación entre el consumo de energía en unidades como toneladas equivalentes de petróleo (tep) e indicadores de la actividad económica, como el producto geográfico o el valor agregado de la rama de la actividad económica. ([De Rosa, Bianco, Scarpa, & Tagliafico, 2014](#))

Tecno – económicos: Se utilizan en niveles desagregados (por sub ramas o usos finales de la energía) y relaciona a la energía consumida con indicadores de la actividad expresado en unidades físicas (toneladas de acero, metros cuadrados de vivienda o edificios calefaccionados). ([Borges, Barreiro, Fernández, Martínez, & Buzzis, 2010](#))

Por otra parte, ([Normalización., 2011](#)) define como métricas que se utilizan para cuantificar los resultados de una determinada acción o estrategia en función de objetivos predeterminados; es decir, indicadores que permiten medir el éxito de nuestras acciones. Todos los IDEn deben cumplir con ciertas características básicas:

- Medible: Por definición un IDEn debe ser medible.
- Alcanzable: Los objetivos planteados a la hora de establecer un IDEn deben ser creíbles.
- Relevante: No debe generar exceso de información innecesaria, sino aquella información de interés.
- Disponible a tiempo: Cada IDEn debe ajustarse a unos plazos de tiempo razonables. Teniendo en cuenta el tipo de industria, las características de la planta y los diferentes procesos productivos que se realizan, se podrán diferenciar entre cuatro tipos distintos de IDEn.

### **1.1.3 Desarrollo sostenible.**

Según un estudio realizado en la universidad de Nuevo León en México define “Desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”(Valor, Meneu, & Caselles, 2001) . Es decir que también implica que es la preocupación de la sociedad de realizar sus actividades en la actualidad sin que estas tengan consecuencias negativas al medio ambiente en el futuro, la sociedad civil tiene la obligación moral de desarrollarse siempre y cuando sea bajo los parámetros de cuidado al medio ambiente.

En la actualidad se está implementando un nuevo modelo de desarrollo sostenible que trata de reorientar nuestras actitudes hacia la naturaleza y también a los vínculos que unen a los grupos privilegiados de la humanidad con aquellos otros que viven en condiciones de pobreza. Es decir, este modelo necesita concienciar y romper con las pautas de despilfarro, inequidad y ausencia de límites morales presentes en nuestro comportamiento ambiental, y provocadas por la antigua idea de crecimiento y desarrollo.

Por tanto, a diferencia del antiguo concepto de desarrollo, el auténtico desarrollo se presenta como un modelo que, además de utilizar estimaciones cuantitativas, se fundamenta en estimaciones de tipo cualitativo, de dan cuenta del modo que se utiliza los recursos a favor de toda la humanidad, con criterios de sostenibilidad, y tomando en consideración no solo nuestras necesidades sino también las de las generaciones futuras. (Cabrera, 2018)

### **1.1.4 Variables que influyen en el consumo de energía de los hoteles.**

Preliminarmente, sin disponer de cifras y como se analizará más adelante, se puede decir que las variables de mayor incidencia en el consumo energético son:

Condiciones climáticas: Tienen una gran significación entre los factores a analizar. En una misma habitación el consumo por calefacción o aire acondicionado, dependen del mes del año, y varía de manera significativa entre las distintas estaciones.

Categoría del hotel: En función de la categoría de la instalación turística son diferentes los estándares de calidad y oferta que debe recibir el cliente. El nivel de equipamiento tecnológico no es el mismo, por ejemplo, en hoteles hasta 3 estrellas se utilizan con frecuencia equipos climatizadores de ventana o Split de menor eficiencia que los equipos centralizados, más utilizados en hoteles de 4 y 5 estrellas. Si unimos los niveles de iluminación y las prestaciones que con el tema de calentamiento de agua se deben tener en estos hoteles se entiende, entonces, la diferencia de los consumos energéticos en las diferentes categorías de estas instalaciones.

Tipo de turismo: El máximo consumo de energía de una habitación lo representa la climatización seguido por la iluminación y en ambos casos el consumo de la energía depende del régimen de explotación a que es sometida, la cantidad de turistas y el tiempo de estancia en ella, costumbres y hábitos de consumo de cada turista. Es por esto que influye si el huésped lo hace por viaje de negocios (reuniones, congresos, etc.) o por placer. Los hábitos de consumo varían considerablemente. ([Álvarez Gerra Plasencia et al., 2021](#))

## **1.2 Línea base energética (LBEn).**

### **1.2.1 Definición según ISO 50001.**

Referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación de desempeño energético, refleja un período especificado, puede normalizarse utilizando variables que afectan al uso y/o al consumo, por ejemplo, nivel de producción, grados- días (temperatura exterior), etc. También se utiliza para calcular los ahorros energéticos con una referencia antes y después de implementar las acciones de mejora del desempeño energético. ([J. C. Campos, 2013](#))

### **1.2.2 Objetivos de (LBEn).**

- Referenciar el consumo para evaluar el desempeño energético en función de una variable independiente que influye significativamente sobre el consumo de energía.

- Lograr que la referencia del consumo solo varíe con la variable o las variables independientes con las que fue realizado el modelo y no con factores externos como clima, tipo de producto, cantidad de producto realizado, etc...
- Obtener un consumo de referencia por el modelo que no incluya los errores operacionales ni de mantenimiento, errores de medición, cambio de tecnología, que pueden provocar una mala referencia del consumo.

### **1.2.3 Premisas para la elaboración de (LBEn).**

- Es un modelo matemático que permite describir el consumo de energía de un equipo, área o proceso con un nivel de confianza y precisión adecuada.
- Se realiza en base a un modelo que puede ser univariable o multivariable. Depende de la cantidad de variables significativas que no dependan de la operación y el mantenimiento en el proceso.
- El modelo de LB puede ser un modelo determinístico físico, matemático o un modelo estadístico matemático. Los modelos determinísticos son muy complejos, pero mucho más exactos, los modelos estadísticos son mucho más fáciles de realizar e interpretar, pero requieren datos muy confiables y un conocimiento previo de como se refleja en el modelo los cambios del proceso que representa.
- La variable dependiente del modelo es siempre la energía consumida.
- Las variables independientes del modelo son las variables significativas que no dependen de la operación del mantenimiento, o sea, no pueden ser controladas por los operadores o mantenedores. Ej. Producción, grados-día, mix de productos, tipo de materia prima, etc. Pueden ser una o más de una y son la referencia de medición del desempeño.
- Debe probarse que las variables usadas para elaborar el modelo son significativas para el consumo de energía. Para ello se usa el método p-value con  $p < 0,05$ .

### **1.2.4 Características del modelo escogido para representar el proceso.**

La línea base es un modelo de referencia para establecer indicadores de desempeño. Significa que el modelo debe permitirme comparar el consumo de energía de un estado base con un estado diferente posterior o anterior a la base para poder identificar

desviaciones y sus causas y corregirlas, para llegar de nuevo al mejor estado, que sería la base. ([Monteagudo & Geovany, 2005](#))

Para esta función no sirve un modelo que siempre arroje el valor del consumo en el estado actual. Debe ser uno que sea capaz en las condiciones actuales, arrojar el consumo que hubiera tenido en el estado base. Esto se logra más fácil con un modelo de regresión que construye sus coeficientes en unas condiciones dadas, que reflejan solo esas condiciones.

Si este modelo es construido de tal forma que la variación del consumo con respecto al estado base solo se deban al cambio de factores que pueden ser controlados por la operación, entonces se tiene el modelo ideal para el control operacional del desempeño energético. ([ONURE, 2015](#))

- El modelo de regresión lineal este compuesto de dos coeficientes: la pendiente y el intercepto con el origen.
- La variación de la pendiente refleja la variabilidad de la variable dependiente (consumo) respecto a su valor medio.
- La variación del intercepto refleja dos elementos: la variación de la pendiente y por tanto la variabilidad de la variable dependiente (consumo) respecto a su valor medio.
- Es posible determinar en el modelo la parte que cambió del intercepto por el cambio de la pendiente y la parte que cambió por la magnitud constante de la variable independiente.

### **1.2.5 Días-Grados.**

Los Grados día o *Degree day* son muy importante para calcular la demanda energética, tanto en frío como en calor, de un determinado sistema de climatización. Por ello es imprescindible conocer, usar y saber calcular este parámetro climático. Los grados de un período determinado de tiempo (una semana, un mes, etc.) son la suma, para todos los días de ese período de tiempo, de la diferencia entre una temperatura fija o base de los *Degree day* (16, 18, 20, 22, 25°C) y la temperatura media del día. Cuando esa



temperatura media diaria sea inferior a la temperatura base, se obtiene los Grados día de calentamiento; si, por el contrario, esa temperatura media diaria es superior a la base, se obtiene los Grados día de enfriamiento. Así que se puede tener dos tipos de *Degree day*: de calentamiento o de enfriamiento. ([Mohammed, Khaleed, & Ibraheem, 2017](#))

La variable grados-día se utiliza para cuantificar lo fría o cálida que es la temperatura exterior de un día respecto a una temperatura de base determinada, que es aquella en la que no se necesita climatizar los espacios. En la mayoría de estudios que utilizan esta variable, la temperatura exterior del aire que se tiene en cuenta es la temperatura media diaria, siempre que la disponibilidad de datos lo permita. De hecho, en algunos estudios se realizan estimaciones a partir de temperaturas medias mensuales. ([Krese, Lampret, Butala, & Prek, 2017](#))

Los Grados día son un parámetro importante a considerar para la definición de las estrategias de diseño o los requerimientos de climatización (natural o artificial) y, por lo tanto, la demanda de energía de una edificación. ([Assawamartbunlue, 2013](#)) Los Grados día se pueden definir como los requerimientos de calentamiento o enfriamiento (en grados centígrados o Kelvin), necesarios para alcanzar la zona de confort, acumulados en un cierto período de tiempo (generalmente un mes; aunque podrían ser semanales, o incluso horarios). Esta temperatura de confort es la temperatura base (TB) fijada. ([Scafetta, Fortelli, & Mazarella, 2017](#))

La climatización representa un gran porcentaje del consumo de energía en hoteles, que varía dependiendo de la temperatura que exista en el exterior de la edificación. En los meses de verano se requiere una mayor demanda de los sistemas de climatización, por las altas temperaturas, estableciendo una diferencia significativa con respecto a los meses de invierno. ([Menga & Mourshed, 2017](#))

### **1.2.6 Temperatura base.**

La temperatura base es una notación fundamental que da una idea de la relación entre el clima, la ocupación, el diseño de construcción de edificios y las rutas de flujo de energía en un edificio. Es la temperatura del aire exterior a la que la temperatura interior está en

un rango cómodo sin el uso de ningún tipo de calefacción o refrigeración mecánica. En climas fríos, el edificio pierde calor hacia el ambiente, parte de este calor es reemplazado por ganancias de calor internas y externas como ocupantes, iluminación, equipos y ganancias solares al espacio y el sistema de calefacción suministra el resto. ([Cabello et al., 2016](#))

Dado que estas ganancias de calor contribuyen a la calefacción dentro de un edificio, hay una temperatura exterior por debajo de la temperatura del punto de ajuste ocupado, en la que el sistema de calefacción no debería funcionar. La temperatura a la que las ganancias y pérdidas de calor son iguales se toma como temperatura base para el calentamiento. De manera similar, para un edificio con refrigeración activa, la temperatura base es la temperatura exterior a la que no es necesario que funcione el sistema de refrigeración y, de nuevo, está relacionada con las ganancias de calor internas y externas al espacio (que ahora se suman a la carga de refrigeración). ([Bhatnagara, Jyotirmay, & Gargb, 2018](#))

No existe en ninguno de los ámbitos de aplicación un claro consenso sobre cuál es la temperatura base más adecuada para el cálculo de los grados-día, en parte porque los requerimientos térmicos para cada fenómeno estudiado son distintos, algo que no impide que existan unos determinados estándares. Según ([Artiagas, 2016](#)) tanta diversidad de temperaturas base puede resultar cuanto menos sorprendente, sobre todo teniendo en cuenta que la temperatura de confort de un ser humano a otro no debería presentar diferencias de tantos enteros, por mucho que exista un mecanismo de adaptación al medio.

Este hecho no ha pasado desapercibido para algunos autores. Como expresa ([Fonte & Rivero, 2005](#)), en su estudio en la provincia de Camagüey (Cuba), observaron que la temperatura base es sensiblemente inferior a medida que se aumenta de latitud; de hecho, constatan una diferencia de más de 8°C con las temperaturas estándares de países como Reino Unido o España. En realidad, plantea ([Artiagas, 2016](#)) esta comparación que establecen es errónea, puesto que la temperatura base de ambos países europeos es un único valor estándar, válido esencialmente para los grados-día de calefacción, y en cambio la temperatura base que ellos han calculado para la región (23,6°C) se refiere a

las necesidades de refrigeración. En cualquier caso, sí parece claro lo aconsejable de utilizar diferentes temperaturas base dependiendo de las características climáticas de las áreas de estudio.

La elección de la temperatura base es una consideración fundamental en el análisis de grados-día. Los grados día de calefacción solo se acumularán (tienen valores distintos de cero que aumentan con el tiempo) cuando la temperatura del aire exterior cae por debajo de la temperatura base de calefacción. De manera similar, los grados día de enfriamiento solo se acumularán cuando la temperatura del aire exterior se eleve por encima de la temperatura base de enfriamiento. La(s) temperatura(s) base(s) que elija afectarán en gran medida sus cifras, por lo que es importante elegir las de manera que sean apropiadas para el análisis que está realizando. ([Kanneganti, Gopalakrishnan, & Crowe, 2017](#))

### **1.3 Aspectos generales de la norma ISO 50001.**

En el año 2011 varios países entre ellos Cuba, comenzaron a trabajar con la norma ISO 50001 como resultado de la traducción realizada por el Grupo de Trabajo del Comité Técnico ISO/PC 242, el cual se viene desarrollando desde su creación en el año 2011 para lograr la unificación de la terminología en lengua española en el ámbito de la gestión de la energía. El propósito de esta Norma Internacional es facilitar a las organizaciones establecer los sistemas y procesos necesarios para mejorar su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética en el uso y el consumo de la energía. ([Normalización., 2011](#))

La implementación de la misma está destinada a conducir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros impactos ambientales relacionados, así como de los costes de la energía a través de una gestión sistemática de la energía. Se espera que una norma de sistemas de gestión energética logre un mayor incremento de la eficiencia energética a largo plazo: de un 20% o más en las instalaciones industriales. Dado que la norma está basada en una amplia capacidad de aplicación en todos los sectores económicos nacionales, se espera que afecte hasta un 60% de la demanda energética mundial. ([Normalización., 2011](#))

Esta Norma Internacional especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía, con el propósito de permitir a una organización contar con un enfoque sistemático para alcanzar una mejora continua en su desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de la energía. 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 puede aplicar 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. ([Correa et al., 2013](#))

También, ha sido diseñada para utilizarse de forma independiente, pero puede ser alineada o integrada con otros sistemas de gestión, es aplicable a toda organización que desee asegurar que cumple con su política energética declarada y que quiera demostrar este cumplimiento a otros. Esta conformidad puede confirmarse mediante una autoevaluación y autodeclaración de conformidad o mediante la certificación del sistema de gestión de la energía por parte de una organización externa. ([Correa et al., 2013](#))

La aplicación global de esta Norma Internacional contribuye a un uso más eficiente de las fuentes de energía disponibles, a mejorar la competitividad y a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y de otros impactos ambientales relacionados.

Es aplicable independientemente del tipo de energía utilizada y para la certificación, el registro y la autodeclaración del Sistema de gestión Energética de una organización. No establece requisitos absolutos del desempeño energético, más allá de los compromisos establecidos en la política energética de la organización y de su obligación de cumplir con los requisitos legales aplicables y otros requisitos. Por lo tanto, dos organizaciones que realicen actividades similares, pero que tengan desempeños energéticos diferentes, pueden ambas cumplir con sus requisitos. ([J. Campos, 2012](#))

Esta norma está basada en los elementos comunes de las normas ISO de sistemas de gestión, asegurando un alto grado de compatibilidad principalmente con las Normas ISO

9001 e ISO 14001. Una organización puede elegir integrar esta Norma Internacional con otros sistemas de gestión, incluyendo aquellos relacionados con la calidad, el medioambiente y la salud y seguridad ocupacional. ([Normalización., 2011](#))

### **1.3.1 Aplicabilidad de la norma ISO 50001.**

Con todo lo anteriormente expuesto sobre la norma ISO 50001 se puede resumir que sus funciones fundamentales son las siguientes:

- Mejorar la eficiencia energética de sus procesos de forma sistemática.
- Establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión energética.
- Asegurar su conformidad con su política energética.
- Demostrar esta conformidad a otros mediante la certificación de su sistema de gestión energética por una organización externa.
- Mejoras comerciales: aumento de la competitividad, nuevos mercados (prioridad licitación).
- Reducción de costes: optimización del uso de recursos, disminución de la intensidad energética (consumo energético/PIB).
- Prevención de costes: Herramienta idónea para facilitar el cometido del Gestor Energético e implantación de actuaciones provenientes de auditorías energéticas.

### **1.3.2 Implementación de la ISO 50001 en Cuba.**

La norma internacional ISO 50001 “*Energy management systems -Requirements with guidance for use*”, la cual proporciona beneficios para las organizaciones grandes y pequeñas, en los sectores público y privado, en la manufactura y los servicios, también establece un marco para las plantas industriales, instalaciones comerciales, institucionales y gubernamentales, y organizaciones enteras para gestionar la energía. ([Kanneganti et al., 2017](#))

Cuba adoptó rápidamente este estándar como norma idéntica bajo la denominación NC-ISO 50001:2011 y luego la revisión en el 2019 como NC-ISO 50001:2019. A pesar de la importancia que representa la reducción de gastos y el aumento en la eficiencia

energética en el sector del turismo cubano, las acciones de gestión energética siguen siendo primarias y enfocadas a acciones aisladas de eficiencia energética y seguimiento mensual de indicadores destinados a evaluar el rendimiento energético de instalaciones, auxiliado además con el Sistema de Gestión Total y Eficiente de la Energía (SGTEE) y la introducción paulatina de la norma NC-ISO 50001 en el proceso productivo.

#### **1.4 Conclusiones Parciales.**

Después de realizar un repaso por la bibliografía referente al tema a tratar se llega a las siguientes conclusiones:

- Implementar medidas para alcanzar la eficiencia energética es una tarea de suma importancia en los tiempos actuales.
- La implementación de la norma ISO 50001 es una herramienta primordial que establece un marco internacional en la gestión de todos los aspectos relacionados con la energía, incluidos su uso y adquisición, por parte de las instalaciones industriales y comerciales, o de las compañías en su totalidad.
- Se apreció la necesidad de evaluar los indicadores de desempeño energético para el Hotel Royalton Hicacos según lo establece la norma ISO 50001 y también tratar de obtener un modelo teórico experimental confiable que relacione el consumo del mayor de los portadores energéticos, es decir de la energía eléctrica.

## CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se realiza una caracterización del área y los datos recopilados para realizar el estudio energético, se muestran las herramientas y los distintos métodos utilizados en la determinación de la temperatura base y la obtención de los indicadores que serán descritos y evaluados a modo de comparación.

### 2.1 Descripción del hotel.

El Hotel Royalton Hicacos Resort & SPA está ubicado en la carretera de las Morlas, km 15 y medio de la península de Varadero. La cual limita al norte con el estrecho de La Florida y al sur con la bahía de Cárdenas. El proyecto de construcción y puesta en marcha se ha llevado sobre la base de la legislación de la República de Cuba y las normas cubanas para el turismo, proclamándose como un hotel cinco estrellas.

Su estilo arquitectónico es conocido como “Key West” y se extiende bajo un armonioso conjunto de 11 *bungalws* de 36 habitaciones de tres niveles, repartidos en terreno de 126000 metros cuadrados contando con un total de 404 habitaciones, de ellas 4 para discapacitados, con capacidad para 782 clientes, existiendo en todos los pasos de escalera de las primeras plantas un gabinete contra incendios.

### 2.2 Caracterización energética del hotel.

A continuación, se realiza un desglose de todos los procesos que se realizan en el hotel teniendo en cuenta la fuente de energía que consume.

Electricidad:

- Climatización.
- Equipos Gastronómicos.
- Refrigeración.
- Entretenimiento.
- Informática y Comunicaciones.
- Bombas de agua.

- Sistemas de Extracción.
- Iluminación.
- Calentamiento de gua.
- Lavandería.
- Otros Equipos.

#### Diésel

- Generación de energía.
- Transporte.

#### GLP

- Cocción de alimentos.
- Producción de ACS.

#### Gasolina

- Servicios administrativos.
- Jardinería y Paisajística.
- Después de un análisis de los registros y encuestas a los especialistas del hotel se pudo constatar que el portador energético de mayor peso en la entidad es la electricidad y que el proceso de climatización reporta las mayores demandas de energía.

### **2.3 Obtención del Indicador de desempeño energético DGE-HDO.**

Para obtener el indicador HDO-DGE se necesita determinar los DGE (días grados de enfriamiento) y la temperatura base (TB), para ello se utiliza la metodología indicada por ([Krese, Prek, & Butala, 2012](#))

$$DGE = \sum_{i=1}^n (T - Tb)^+ \quad (2.1)$$

Donde:



n = número de días del mes analizado

T= temperatura media diaria (°C)

T<sub>b</sub> =temperatura base (°C)

El signo positivo indica que solo deben tomarse los valores positivos.

Luego multiplicando el valor de DGE por HDO se obtuvo el indicador HDO-DGE.

$$\text{HDO-DGE}=\text{HDO}*\text{DGE} \quad (2.2)$$

#### **2.4 Metodología para la elaboración de la línea base.**

La metodología empleada para la elaboración de la línea base es la definida por ([J. C. Campos, 2013](#))

##### **Definición del período base.**

Periodo que cubre la influencia de las variables significativas sobre el consumo de energía.

##### **1. Definición de la muestra de datos mínima.**

Para obtener el número de datos de la muestra se emplea la siguiente ecuación:

$$n_0 = \frac{z^2 * cv^2}{e^2} \quad (2.3)$$

Dónde:

$n_0$  es la estimación inicial del tamaño de muestra necesario, antes de comenzar el muestreo.

$CV$  es el coeficiente de varianza, que se define como la desviación estándar de las lecturas divididas por la media (hasta que pueda estimarse la media real y la desviación estándar de la población a partir de las muestras reales, se utilizará 0,5 como estimación inicial para  $CV$ )

$e$  es el nivel deseado de precisión.

$Z$  es el valor de distribución normal estándar respecto a la Tabla 1, con un número infinito de lecturas y para el nivel de confianza deseado.

*Tabla 1 Determinación del valor de distribución normal estándar. Fuente: Campos (2013).*

N. de lecturas (Tamaño de la muestra)	Nivel de confianza				N. de lecturas (Tamaño de la muestra)	Nivel de confianza			
	95%	90%	80%	50%		95%	90%	80%	50%
2	12.71	6.31	3.08	1.00	17	2.12	1.75	1.34	0.69
3	4.30	2.92	1.89	0.82	18	2.11	1.74	1.33	0.69
4	3.18	2.35	1.64	0.76	19	2.10	1.73	1.33	0.69
5	2.78	2.13	1.53	0.74	20	2.09	1.73	1.33	0.69
6	2.57	2.02	1.48	0.73	21	2.09	1.72	1.33	0.69
7	2.45	1.94	1.44	0.72	22	2.08	1.72	1.32	0.69
8	2.36	1.89	1.41	0.71	23	2.07	1.72	1.32	0.69
9	2.31	1.86	1.40	0.71	24	2.07	1.71	1.32	0.68
10	2.26	1.83	1.38	0.70	25	2.06	1.71	1.32	0.68
11	2.23	1.81	1.37	0.70	26	2.06	1.71	1.32	0.68
12	2.20	1.80	1.36	0.70	27	2.06	1.71	1.31	0.68

13	2.18	1.78	1.36	0.70	28	2.05	1.70	1.31	0.68
14	2.16	1.77	1.35	0.70	29	2.05	1.70	1.31	0.68
15	2.14	1.76	1.35	0.69	30	2.05	1.70	1.31	0.68
16	2.13	1.75	1.34	0.69	?	1.96	1.64	1.28	0.67

## 2. Definir las variables que van a línea base.

Las variables que van a línea base deben cumplir las siguientes condiciones:

- Son variables significativas (determinadas en la revisión energética).
- Son variables que no dependen de la operación y del mantenimiento.
- Son variables sobre las cuales no se puede actuar, por tanto, son referenciales para el cálculo del cambio del consumo de energía.

## 3. Toma de datos.

Los criterios para la selección de datos son:

- Los datos para elaborar el modelo de línea base son una muestra de datos de una población representativa del comportamiento del proceso a modelar.
- La población debe corresponder a un período de al menos un año, si hay que considerar influencias de mercado, ambientales, ciclos de mantenimiento u otras.
- El número de datos de la población total depende de la frecuencia de la medición de los datos.
- Los datos que se van a correlacionar deben ser tomados en iguales intervalos de tiempo. Ej. 7 a.m. a 7 a.m. tanto producción como consumo. Debe revisarse que no han existido eventos conocidos de descalibración de equipos de medición, registros manuales inadecuados y datos en condiciones irregulares de producción.

## 4. Verificación del coeficiente de varianza de los datos tomados.

Para determinar el número mínimo de datos de la muestra se asume un coeficiente de varianza de 0,5. Para que ese número mínimo se mantenga se debe verificar que los datos reales tomados tienen el valor de  $CV$  asumido o menor que ese.

En caso que no sea así se debe ampliar la muestra de datos hasta llegar al  $CV$  asumido o recalcular el número mínimo de datos con el  $CV$  real calculado de la muestra tomada.

Cálculo del coeficiente de varianza ( $CV$ ):

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (2.4)$$

Cálculo de la desviación estándar ( $\sigma$ ):

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N}} \quad (2.5)$$

Cálculo de la varianza ( $\sigma^2$ ):

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N} \quad (2.6)$$

## 5. Verificación de $R^2$ y filtrado de datos.

$R$ - mide grado de asociación entre la variable dependiente y las variables que componen el modelo.

$R^2$ - mide la proporción de la variabilidad de la variable dependiente explicada por las variables que componen el modelo.

Existe  $R^2$  ajustado- aquel que no depende del número de variables que componen el modelo.

No se puede esperar en el modelo un  $R^2 = 1$ , ya que se correlaciona el consumo de energía solo con las variaciones de la producción, y en la práctica se sabe, que no solo la variabilidad de la producción influye en este consumo, también hay otros factores

operativos y de mantenimiento que varían y lo afectan. Mientras más alto es el  $R^2$  menos energía se gastará para suplir la variación de estos otros factores que al final generan pérdidas.

El  $r^2$  también depende del número de datos falsos. Para eliminar la posibilidad de datos falsos en la muestra, debe realizarse un primer filtrado de datos al eliminar aquellos que no representan el comportamiento normal. Ej. Problemas de calibración de instrumentos de medición; mala toma de datos; errores humanos; alteraciones consistentes de datos de producción o consumos.

### **Identificación y eliminación de datos falsos de la muestra:**

El modelo estándar de la estimación de “y” por el modelo lineal es:

$$S_e = \sqrt{\frac{\sum y^2 - a \sum y - b \sum xy}{n-2}} \quad (2.7)$$

b-pendiente

a-intercepto

El error estándar de la estimación mide la cantidad de dispersión de los datos observados alrededor de la línea de regresión. El error estándar de la estimación es relativamente bajo si los puntos de datos están muy cerca de la línea, y viceversa. También se puede calcular por tabla p-value como error típico.

Para realizar el filtrado de datos es necesario determinar el error estándar de la media “Se” y se utiliza para hallar los puntos que más dispersos se encuentran de la recta

$$Y = m \cdot x + b. \quad (2.8)$$

Sacando los puntos más dispersos de la muestra sin violar el valor mínimo permisible calculado, es posible mantener el nivel de confianza y de precisión que se desea mantener. Con los nuevos valores que quedan de la muestra se vuelve a calcular el  $r^2$

hasta lograr que este valor sea igual o superior a 0,75 o el mayor valor que pueda alcanzarse por debajo de ese valor, para la cantidad mínimo de datos de la muestra.

## **6. Determinación del modelo lineal de LB.**

Una vez realizado el filtrado de datos ya se ha eliminado la posibilidad de datos falsos, se puede establecer el modelo lineal de línea base con los datos filtrados. Para establecer el modelo se usa el método P-value.

## **7. Determinación de propiedades del modelo LB.**

1. Los atributos estadísticos del modelo son:
2. La significación del modelo, es decir si el modelo pasa la hipótesis de que las variaciones de Y son provocadas por las variaciones de X.
3. El valor de  $r^2$  o coeficiente de determinación que me indica la fortaleza de la relación entre Y y X y además la dirección de la relación, o sea, si cuando crece uno también crece el otro o viceversa. El ajustado elimina la influencia del número de variables en el modelo.
4. El nivel de confianza: % de la población que puede ser representada por el modelo con el grado de precisión obtenido.
5. La precisión absoluta del modelo: que es el intervalo de confianza en que se encuentra el valor real con respecto al estimado calculado por el modelo, para una confiabilidad dada. Es lo que debo sumar o restar al valor estimado por el modelo para lograr que el valor de la muestra se encuentre en ese intervalo.
6. Precisión relativa: es la precisión absoluta expresada en % del valor medio de consumo.

## **2.5 Herramientas para monitorear el consumo eléctrico.**

Un sistema de gestión de la energía es una herramienta que proporciona beneficios a la organización que lo implementa, como la reducción de costos y el incremento de la competitividad. Tanto los beneficios como la implementación de un SGEN son aplicables a cualquier organización, sin importar su giro o tamaño. Desde una oficina o una pequeña empresa hasta grandes industrias o ciudades. Es cuestión de ver a la energía como un

recurso más cuyo uso se puede optimizar([Standards, 2011](#)). A continuación, se muestran algunos de los métodos más utilizados para la determinación de un SGen.

### **1. Diagrama de Paretos.**

Los diagramas de Pareto son gráficos especializados de barras que presentan la información en orden descendente, desde la categoría mayor a la más pequeña en unidades y en porcentaje. Los porcentajes agregados de cada barra se conectan por una línea para mostrar la suma incremental de cada categoría respecto al total. Este diagrama es muy útil para aplicar la Ley de Pareto o Ley 80 – 20, que identifica el 20% de las causas que provoca el 80% de los efectos de cualquier fenómeno estudiado.

Esta herramienta tiene como utilidad identificar y concentrar los esfuerzos en los puntos clave de un problema o fenómeno como puede ser: los mayores consumidores de energía, las mayores pérdidas energéticas o los mayores costos energéticos de la fábrica; determinar la efectividad de una mejora comparando los Paretos anteriores y posteriores a la mejora.

### **2. Diagrama de Dispersión.**

Es un gráfico que muestra la relación entre dos parámetros. Su objetivo es mostrar en un gráfico (x, y) si existe correlación entre dos variables, y en caso de que exista, qué carácter tiene esta. Muestra con claridad si los componentes de un indicador de control están correlacionados entre sí y por tanto si el indicador es válido o no. Permite establecer nuevos indicadores de control y permite determinar la influencia de factores productivos de la empresa sobre las variables en cuestión y establecer nuevas variables de control.

### **3. Gráfico de Consumo y Producción en el Tiempo (E-P vs T).**

Consiste en un gráfico que muestra la variación simultánea del consumo energético con la producción realizada en el tiempo. Muestran períodos en que se producen comportamientos anormales de la variación del consumo energético con respecto a la variación de la producción y permiten identificar causas o factores que producen variaciones significativas de los consumos.

Para las empresas industriales y de servicios, realizar un diagrama de dispersión de la energía usada por mes u otro período de tiempo con respecto a la producción realizada o los servicios prestados durante ese mismo período, revela importante información sobre el proceso. Este gráfico de Energía contra Producción puede realizarse por tipo de

portador energético, y por áreas, considerando en cada caso la producción asociada al portador en cuestión.

#### **4. Diagrama Índice de Consumo - Producción (Ic vs P).**

Esta herramienta es utilizada con el objetivo de realizar un análisis comparativo de los indicadores de desempeño energético (IDEn) vs producción entre los años 2018 y 2019 en este caso, y nos permite observar la influencia del nivel de producción sobre el índice de consumo. Esto le brinda a la dirección de la empresa una valiosa herramienta que permite establecer metas de índices de consumos en función de una producción planificada por las condiciones de mercado, determinar factores que influyen en las variaciones del índice de consumo a nivel de empresa, área o equipo y evaluar la eficiencia energética de la empresa en un período dado.

#### **5. Indicador de Tendencia de Desempeño Energético (CUSUM).**

Esta herramienta permite analizar como varía el consumo de la empresa con respecto a un período base previamente fijado. Da una idea cuantitativa de la cantidad de energía que se han ahorrado o consumido en exceso y de esta manera tener un mayor control de la gestión energética permitiendo a los directivos identificar los factores que intervienen en el consumo y adoptar medidas, en caso de ser necesarias para mejorar la eficiencia energética.

#### **6. Indicador de Desempeño Energético Base 100.**

El indicador base 100, es una herramienta que representa en qué porcentaje el consumo de energía de un área, proceso o equipo, aumentó o disminuyó su desempeño energético, tomando como cumplimiento el valor 100. Cuando los valores  $IDB_{100}$  son mayores que cero hay una mejora del desempeño debido a que el consumo de energía fue inferior al de la línea de base para ese nivel de producción. Sin embargo, si los valores  $IDB_{100}$  son menores que cero hay una disminución del desempeño debido a que el consumo de energía fue superior al de la línea base para ese nivel de producción. Esta es otra herramienta que refleja el comportamiento del consumo eléctrico de un año con respecto a un período tomado como base.



## 2.6 Impacto Ambiental y Económico del Ahorro de Energía Eléctrica.

El posible ahorro económico del hotel se determina calculando el costo promedio en kW/h para el hotel en los años 2018 y 2019, que fueron los utilizados como base para el estudio, mediante la ecuación (2.9).

$$Costo = \frac{Gasto (CUC)}{Consumo Eléctrico (kWh)} \quad (2.9)$$

Luego se multiplicó por el potencial ahorro eléctrico (17)

$$AE (CUC) = Costo \left( \frac{CUC}{kWh} \right) * Ahorro Eléctrico (kWh) \quad (2.10)$$

Para determinar cuántos gramos de CO<sub>2</sub> dejarían de emitirse a la atmósfera producto al ahorro energético de la instalación, se multiplicó el potencial de ahorro eléctrico obtenido para el hotel, por 1127 gCO<sub>2</sub>/kWh que corresponde a lo emitido en el país en el año 2015 ([Riverón, 2017](#)).

## 2.7 Conclusiones parciales.

- Los métodos y herramientas que se presentan en este capítulo son de gran ayuda para el manejo de la gestión energética del hotel.
- Con la aplicación de la metodología presentada la entidad hotelera puede mejorar considerablemente sus índices de consumo y de esta forma convertirse en una empresa más eficiente y rentable.
- El indicador HDO-DGE es de vital importancia para evaluar la gestión energética de cualquier hotel.

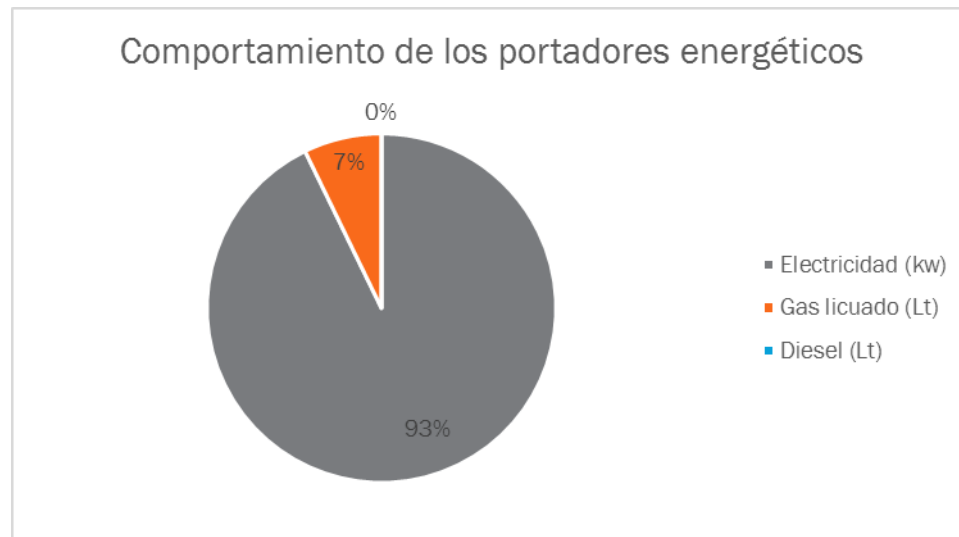
## CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se muestran y analizan los resultados de la aplicación de las herramientas utilizadas en la evaluación de los IDEn aplicados al hotel.

### 3.1 Revisión energética.

Para realizar la caracterización de esta entidad hotelera se utilizan herramientas estadísticas que permiten analizar el desempeño energético mediante indicadores cuantitativos, los datos son tomados del Informe de consumo de Portadores energéticos del hotel.

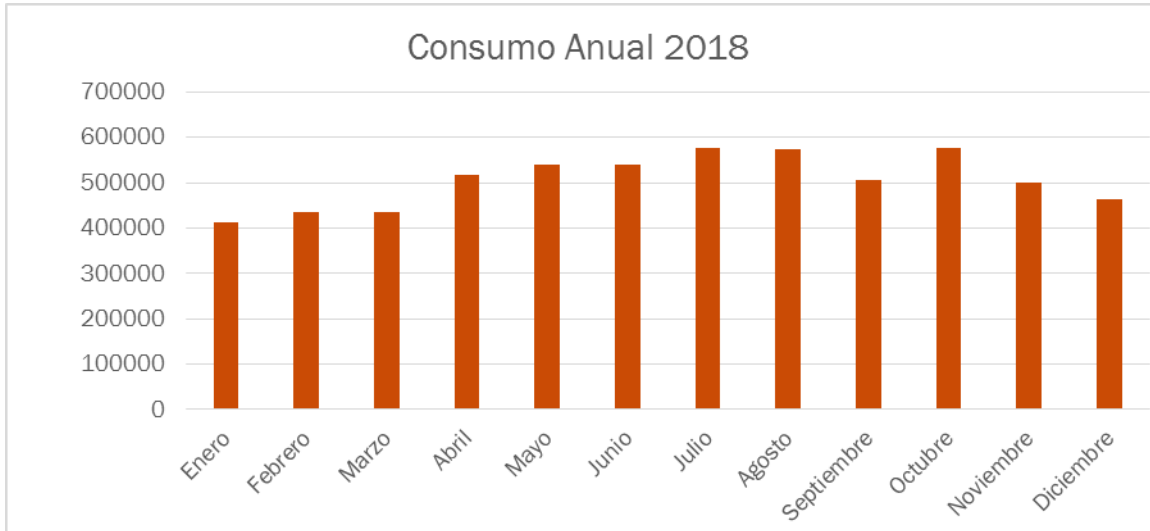
Los portadores energéticos que se emplean en el hotel son la electricidad, el gas licuado del petróleo y el diésel. Como se puede ver en las figuras 1 la electricidad es ampliamente el portador más utilizado y en ambos años los registros se comportan de forma similar.



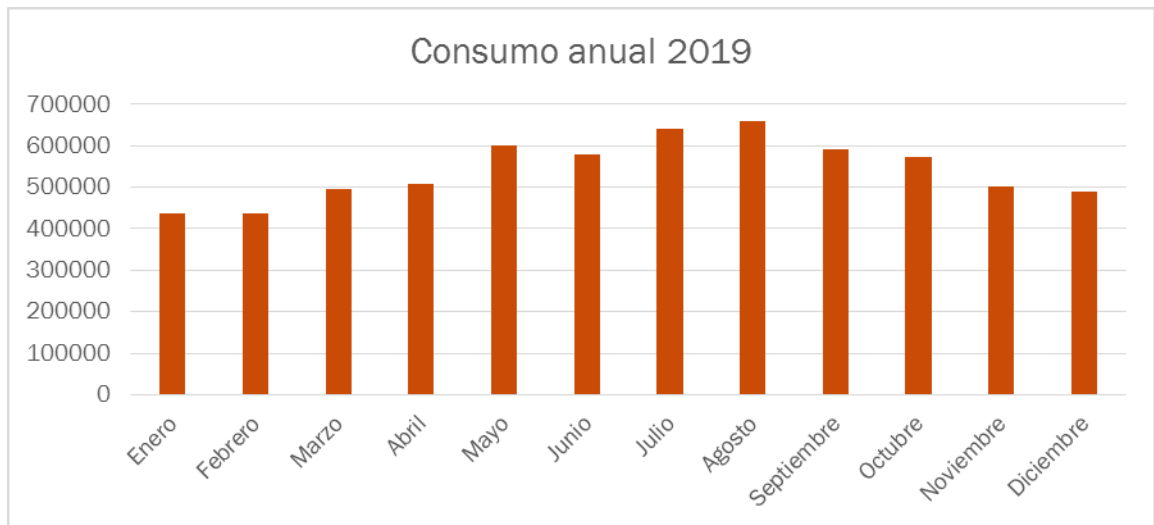
*Fig.1 Distribución de los portadores energéticos en el año 2018 y 2019.*

En los gráficos siguientes se observa cómo varían los consumos energéticos en los años 2018 y 2019. La energía eléctrica es el portador energético de mayor consumo, siendo los meses de mayo a agosto los más consumidores, coincidiendo con los meses de verano, en esta época del año el consumo aumenta debido al incremento de la temperatura en la isla y la necesidad de una mayor explotación de los equipos de climatización y refrigeración;

equipos altamente consumidores; además los meses de julio y agosto es la etapa vacacional que incrementa también la afluencia de veraneantes nativos a las instalaciones turísticas.



*Fig.2 Consumo eléctrico en el Hotel Royalton Hicacos en el año 2018. Fuente: Elaboración propia.*



*Fig.3 Consumo eléctrico en el Hotel Royalton Hicacos en el año 2019. Fuente: Elaboración propia.*

Para lograr un mejor entendimiento de las características y la distribución de las cargas en el hotel se elaboró un Diagrama de Pareto a partir del consumo eléctrico en las diferentes áreas.

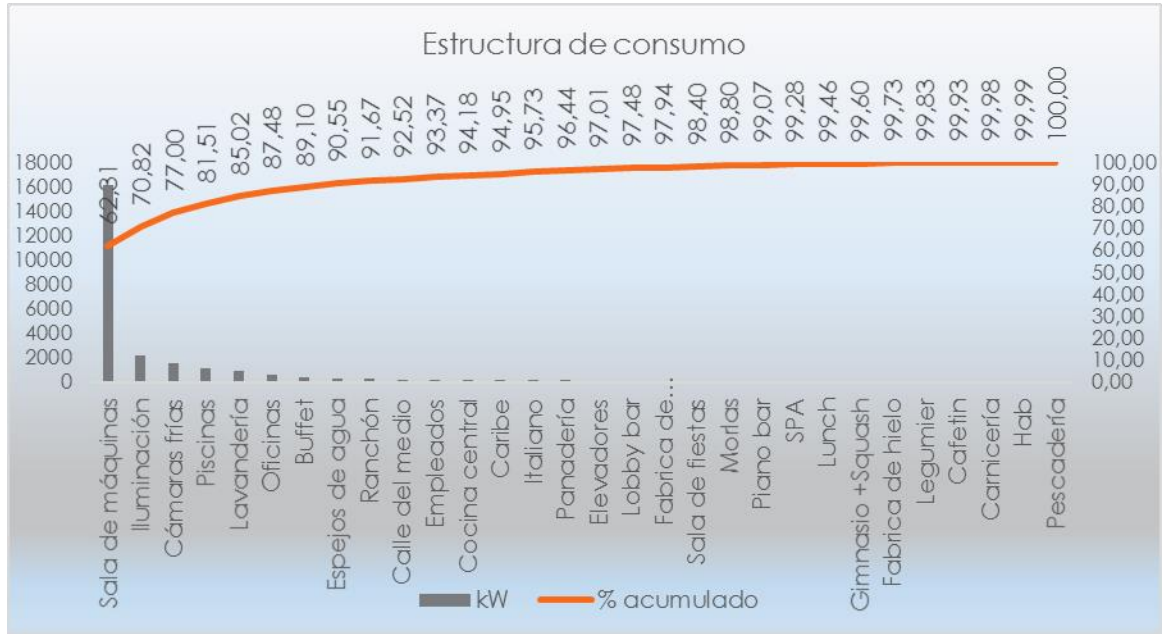


Fig.3 Diagrama de Pareto general del hotel Royalton Hicacos. Fuente: elaboración propia.

Como muestra la figura 1 las áreas que demandan el mayor consumo son la sala de máquina, la iluminación y la cámara fría con un 77 % del consumo total. Por tal motivo se procede a realizar un Diagrama de Pareto específico de la sala de máquina para determinar los equipos que más consumen.

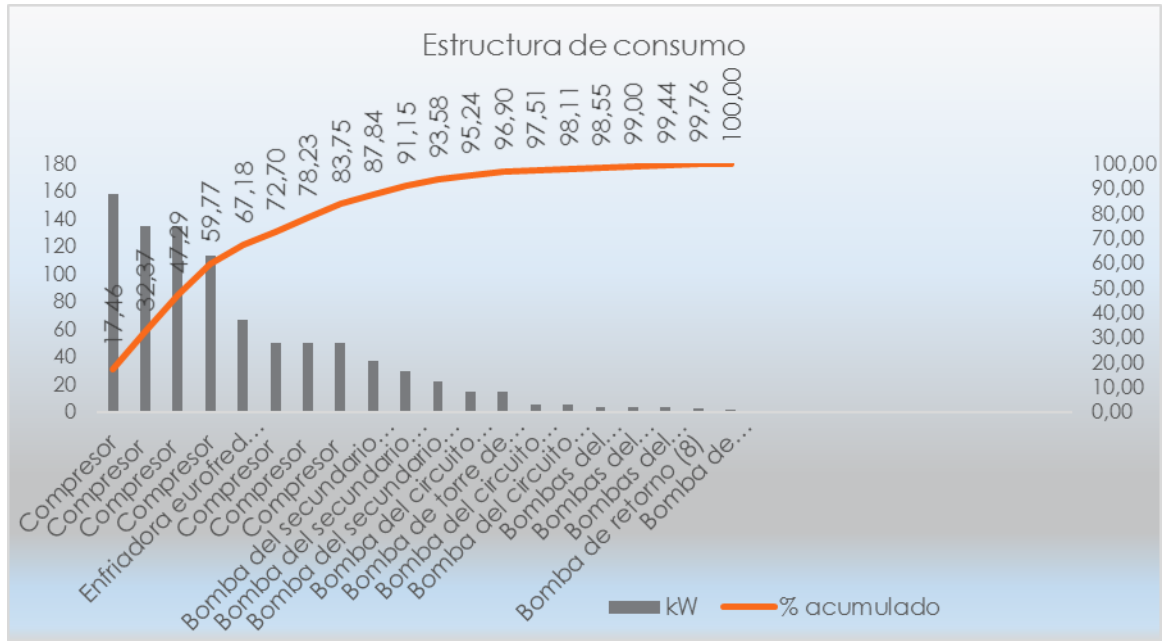


Fig. 4 Diagrama de Pareto de la Sala de Máquinas.

Como se observa en la figura 4 los equipos de climatización son los de mayor consumo dentro de la sala de máquinas.

### 3.2 Determinación de la temperatura base.

En la determinación de la temperatura base se partió de método PLM (Performance Line Method), utilizado en tesis anteriores que han trabajado temas similares, este desarrolla un polinomio de segundo grado a partir de ubicar los datos del consumo eléctrico y los DGE correspondientes al rango de temperatura base por mes. Después se toma el valor de temperatura base que mostró el coeficiente del término cuadrático más cercano a cero para cada año como plantea (Krese et al., 2012).

Las Tablas 2 y 3 muestran los DGE para los años 2018 y 2019 respectivamente.

Tabla.2. Tabla de valores de DGE para las temperaturas base (2018). Fuente: elaboración propia.

Determinación de la Temperatura Base con la TBS Media (2018)													
Meses	Días	Consumo Eléctrico (kWh)	TBS Media (°C)	DGE Tb=15	DGE Tb=16	DGE Tb=17	DGE Tb=18	DGE Tb=19	DGE Tb=20	DGE Tb=21	DGE Tb=22	DGE Tb=23	DGE Tb=24
Enero	31	411798	22,05	280,30	249,30	218,30	187,30	156,30	125,30	96,10	68,60	44,10	25,30
Febrero	28	434925	24,80	332,60	304,60	276,60	248,60	220,60	192,60	164,60	136,60	108,60	81,10
Marzo	31	436113	23,77	364,70	333,70	302,70	271,70	240,70	209,70	178,70	140,60	111,40	75,10
Abril	30	518503	26,27	434,50	404,50	374,50	344,50	314,50	284,50	254,50	224,50	194,50	163,30
Mayo	31	539740	25,92	405,20	374,20	343,20	312,20	281,20	250,20	219,20	188,20	157,20	126,20
Junio	30	540856	28,35	480,10	450,10	420,10	390,10	360,10	330,10	300,10	270,10	240,10	210,10
Julio	31	575338	29,34	532,30	501,30	470,30	439,30	408,30	377,30	346,30	315,30	284,30	253,30
Agosto	31	574050	29,07	511,80	480,80	449,80	418,80	387,80	356,80	325,80	294,80	263,80	232,80
Septiembre	30	504783	28,69	475,00	445,00	415,00	385,00	355,00	325,00	295,00	265,00	235,00	205,00
Octubre	31	576750	27,90	457,80	426,80	395,80	364,80	333,80	302,80	271,80	240,80	209,80	178,80
Noviembre	30	499518	26,70	426,10	396,10	366,10	336,10	306,10	276,10	246,10	215,20	186,20	156,10
Diciembre	31	464140	24,42	365,60	334,60	303,60	272,60	241,60	210,60	179,60	145,40	113,80	73,10

*Tabla.3. Tabla de valores de DGE para las temperaturas base (2019). Fuente: elaboración propia.*

Determinación de la Temperatura Base con la TBS Media (2019)												
Meses	Días	Consumo Eléctrico (kWh)	DGE Tb=15	DGE Tb=16	DGE Tb=17	DGE Tb=18	DGE Tb=19	DGE Tb=20	DGE Tb=21	DGE Tb=22	DGE Tb=23	DGE Tb=24
Enero	31	435251	338,70	307,70	276,70	245,70	214,70	183,70	152,70	119,90	94,10	66,70
Febrero	28	437977	355,90	327,90	299,90	271,90	243,90	215,90	187,90	159,90	131,90	103,90
Marzo	31	496523	387,36	356,36	325,36	294,36	263,36	232,36	201,36	139,10	105,50	56,40
Abril	30	507872	418,80	388,80	358,80	328,80	298,80	268,80	238,80	208,80	178,80	145,00
Mayo	31	599422	475,00	444,00	413,00	382,00	351,00	320,00	289,00	258,00	227,00	178,40
Junio	30	580180	510,20	480,20	450,20	420,20	390,20	360,20	330,20	300,20	270,20	240,20
Julio	31	640787	542,80	511,80	480,80	449,80	418,80	387,80	356,80	325,80	294,80	263,80
Agosto	31	660293	540,53	509,53	478,53	447,53	416,53	385,53	354,53	323,53	292,53	261,53
Septiembre	30	589959	497,90	467,90	437,90	407,90	377,90	347,90	317,90	287,90	257,90	227,90
Octubre	31	571330	483,70	452,70	421,70	390,70	359,70	328,70	297,70	266,70	235,70	204,70
Noviembre	30	500816	408,00	378,00	348,00	318,00	288,00	258,00	228,00	191,40	162,40	128,90
Diciembre	31	489458	384,80	353,80	322,80	291,80	260,80	229,80	198,80	154,30	119,20	64,70

Después de determinar los DGE para todos los meses del año 2018 se realiza un gráfico de consumo de electricidad contra DGE y se concluye que la temperatura base para este año es 20 °C ya que, como muestra la figura 5, es la que presenta el valor del término cuadrático más cercano a cero y una correlación por encima de 0.75 como recomienda la literatura consultada. En el caso del año 2019 también se tomó como la temperatura base 20°C, que a pesar de no ser la que muestra el menor coeficiente del término cuadrático, este sigue estando muy cerca del cero.

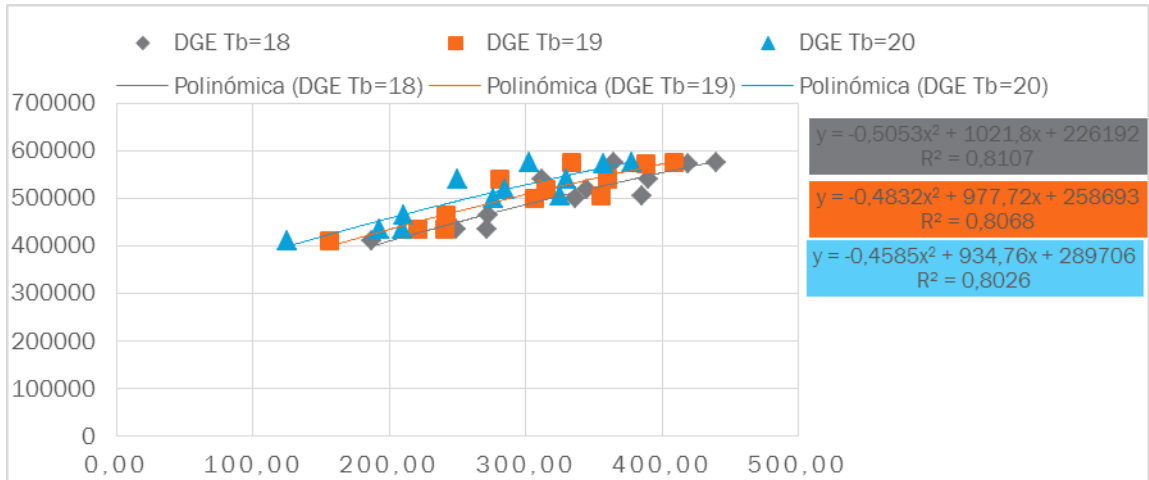


Fig. 5 Determinación de la temperatura base en el Royalton Hicacos en el año 2018.

Fuente: Elaboración propia.

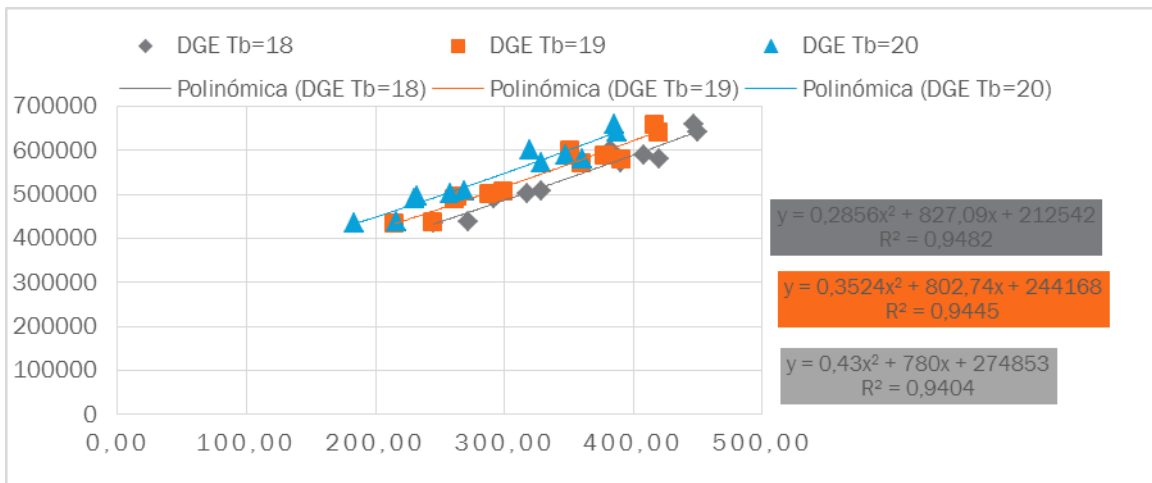


Fig. 6 Determinación de la temperatura base en el Royalton Hicacos en el año 2019.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3 Obtención del IDEn HDO-DGE.

Al realizar un gráfico de consumo contra producción, siendo la producción los Cuartos noche ocupados (HDO), en el hotel se observa una baja correlación entre las variables, lo que indica que la producción en este caso no tiene una gran influencia en el consumo.

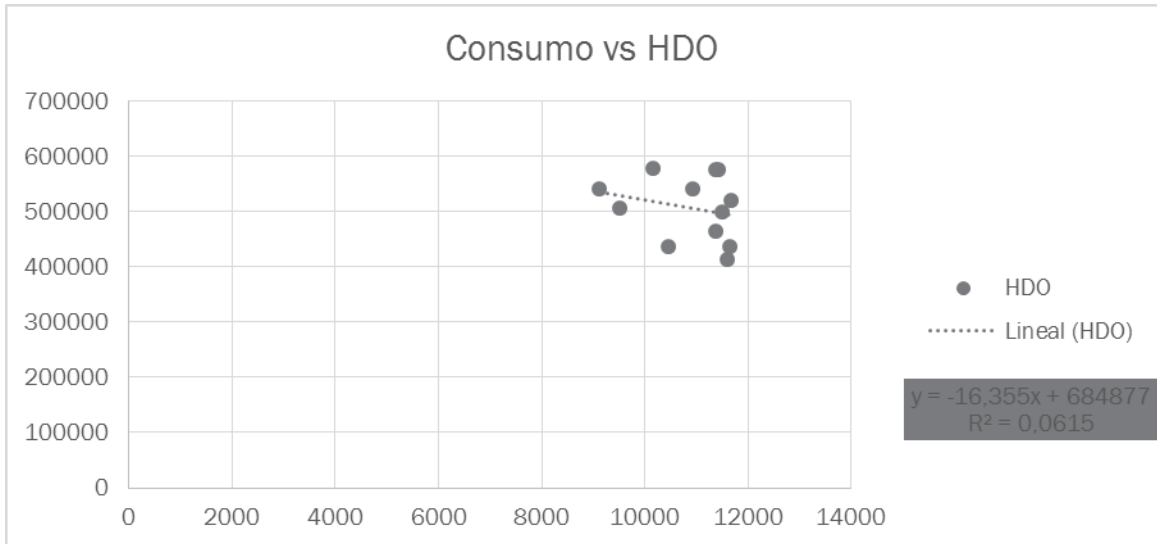


Fig. 7. Correlación consumo vs HDO. Fuente: elaboración propia.

Cuando se realiza un gráfico de consumo vs DGE aumenta notablemente la correlación por lo que se demuestra la gran influencia de la temperatura, implícita en los DGE, en el consumo eléctrico tal como lo muestra el siguiente gráfico.

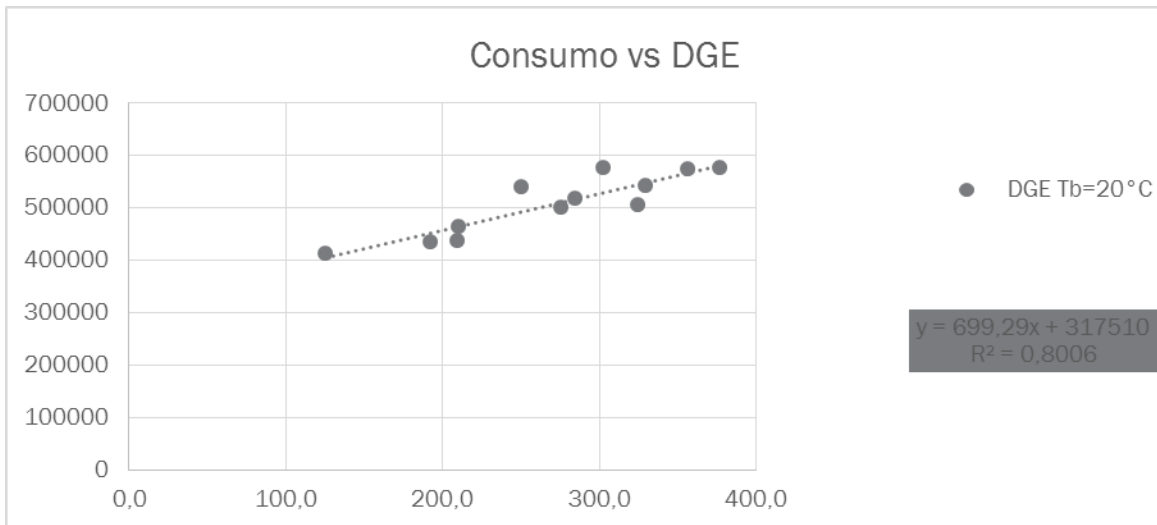


Fig. 8. Correlación consumo vs DGE. Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, el indicador HDO-DGE al tener implícito la variable temperatura en su componente DGE, como se dijo anteriormente, presenta una alta correlación con el consumo eléctrico, con valor de  $R^2 = 0,864$  (figura 9) y muestra como aumenta el



consumo eléctrico en el hotel cuando aumentan tanto la ocupación habitacional como los DGE, lo cual sugiere la idoneidad de este indicador para estimar el desempeño energético en el hotel Royalton Hicacos.

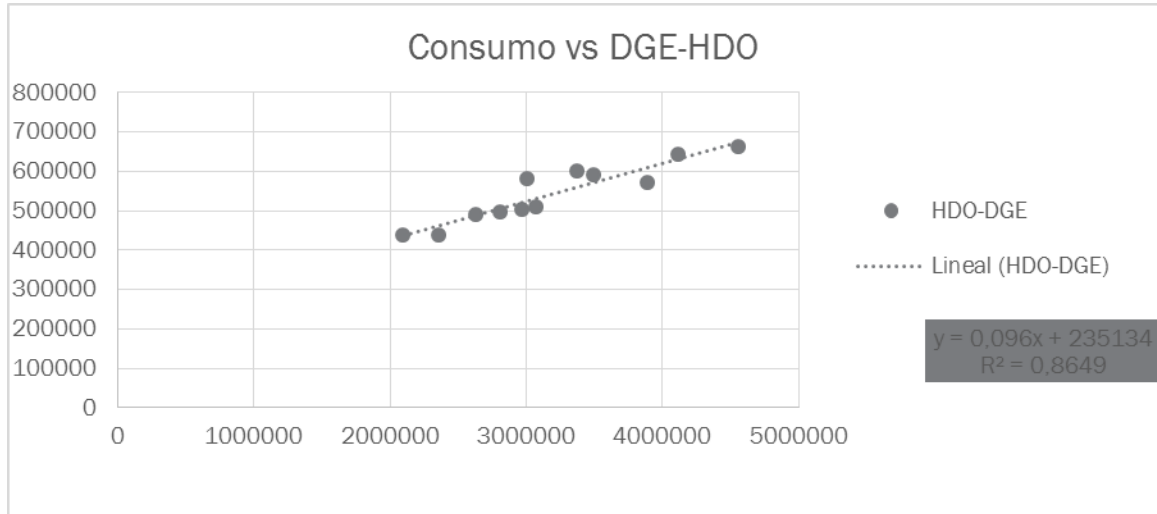


Fig.9. Correlación consumo vs DGE-HDO. Fuente: elaboración propia.

En las Tablas 4 y 5 se relacionan los valores promedio mensuales del indicador (HDO-DGE) seleccionado en el hotel para una temperatura base de 20°C en los años 2018 y 2019 respectivamente.

Tabla 4 Indicador HDO-DGE durante los años 2018 para una temperatura base de 20°C. Fuente: Elaboración propia.

2018	E (kWh)	HDO	DGE T <sub>b</sub> =20°C	HDO-DGE	TDT	TDT*DG
Enero	411798	11617	125,3	1455610	22058	2763867
Febrero	434925	10476	192,6	2017678	20022	3856237
Marzo	436113	11656	209,7	2444263	22263	4668551
Abril	518503	11698	284,5	3328081	22514	6405233
Mayo	539740	10955	250,2	2740941	21084	5275217
Junio	540856	9119	330,1	3010182	17303	5711720
Julio	575338	11449	377,3	4319708	21897	8261738
Agosto	574050	11402	356,8	4068234	21825	7787160
Septiembre	504783	9523	325,0	3094975	17885	5812625

Octubre	576750	10184	302,8	3083715	19214	5817999
Noviembre	499518	11512	276,1	3178463	22072	6094079
Diciembre	464140	11379	210,6	2396417	21156	4455454

*Tabla.5 Indicador HDO-DGE durante los años 2019 para una temperatura base de 20°C. Fuente: Elaboración propia.*

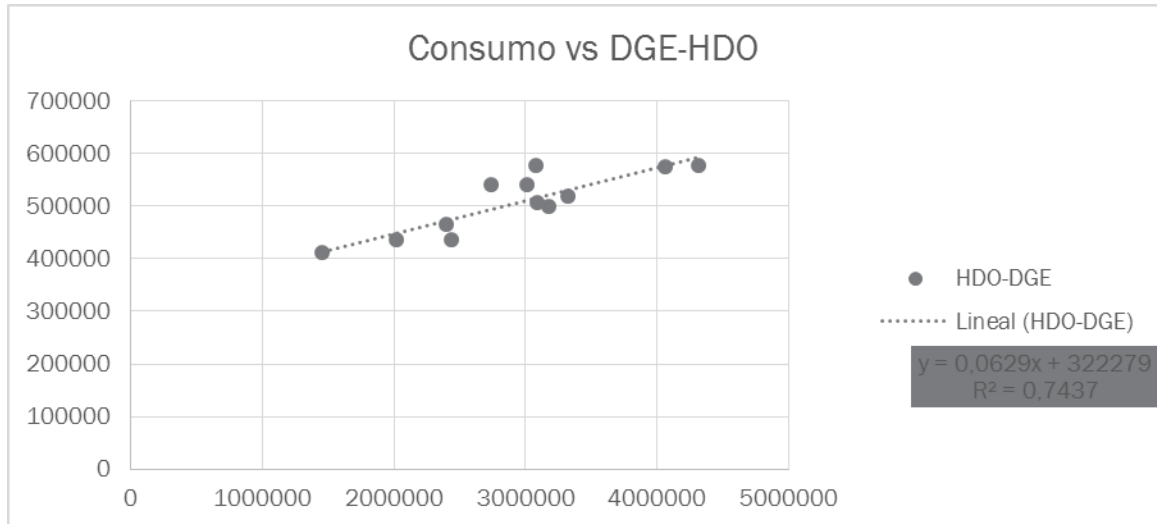
2019	E (kWh)	HDO	DGE Tb=20°C	HDO-DGE	TDT	TDT*DG
Enero	435251	11424	183,70	2098589	21609	3969573
Febrero	437977	10917	215,90	2356980	20856	4502810
Marzo	496523	12119	232,36	2815971	23454	5449771
Abril	507872	11455	268,80	3079104	21845	5871936
Mayo	599422	10562	320,00	3379840	20210	6467200
Junio	580180	8363	360,20	3012353	10710	3857742
Julio	640787	10612	387,80	4115334	19908	7720322
Agosto	660293	11825	385,53	4558857	22111	8524387
Septiembre	589959	10061	347,90	3500222	18568	6459807
Octubre	571330	11855	328,70	3896739	21997	7230414
Noviembre	500816	11535	258,00	2976030	21844	5635752
Diciembre	489458	11475	229,80	2636955	21560	4954488

### **3.4 Determinación de la línea base energética.**

Como parte de la aplicación de la NC-ISO 50001, durante la fase de verificación, se hace necesario contar con herramientas que posibiliten la acción de control de consumo y eficiencia energética. Para ello la norma ISO 50001 propone como primer elemento la definición de la Línea de Base Energética. Para la realización de la misma se toma un período base anual.

La obtención de la Línea Base Energética para la instalación hotelera puede quedar definida relacionando el consumo energético con la principal variable de trabajo del hotel, que es la ocupación habitacional.

En este caso se toma como año base el 2018 y a partir de los datos obtenidos de este se realiza un análisis de indicadores para el año 2019 tomando 20°C como temperatura base. En la figura 10 se observa el comportamiento del consumo eléctrico vs producción (HDO-DGE) para 2018, de este gráfico se obtiene una ecuación lineal de la forma  $y = mx + E$  de donde se toman los valores de  $m$  y  $E$  que son empleados en la obtención de indicadores más adelante.



*Fig. 10. Correlación Consumo vs DGE-HDO en el año 2018. Fuente: elaboración propia.*

### 3.5 Herramientas que permiten el monitoreo del consumo eléctrico.

#### 3.5.1 Gráfico de Consumo y Producción en el Tiempo (E-P vs T).

En el siguiente gráfico se presenta el comportamiento del consumo eléctrico y la producción. En este caso se analiza la ocupación habitacional (HDO-DGE) y la cantidad de turistas por día TDT-DGE).

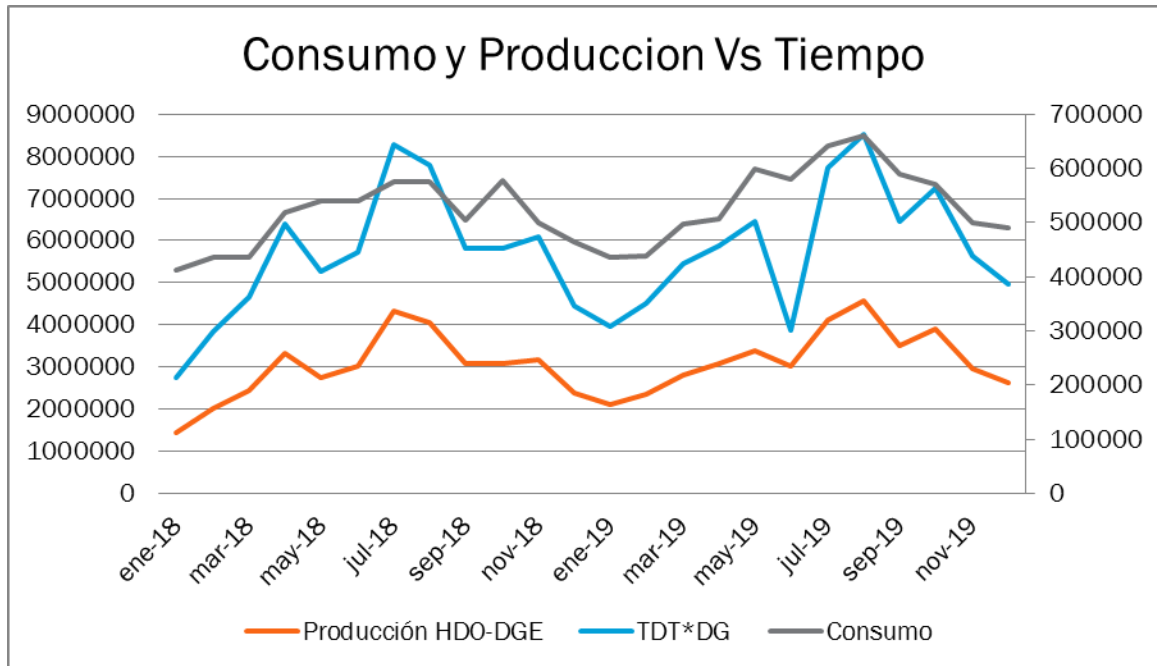


Figura 11. Consumo y Producción en el tiempo 2018-2019. Fuente: elaboración propia.

Se aprecia en este gráfico que los dos indicadores de producción se comportan de manera similar, aunque entre mayo a julio de 2019 hay un descenso brusco en los turistas mientras que el número de habitaciones ocupadas no decae significativamente. Con respecto al consumo se identifican varios períodos donde la producción disminuye y el consumo se mantiene constante e incluso existe una tendencia al aumento como en el caso de septiembre a noviembre de 2018 y el ya mencionado intervalo de mayo a julio de 2019 donde, a pesar de la disminución de los turistas, se muestra un sobreconsumo de energía.

Esta disparidad en el comportamiento de las variables puede atribuirse a una mala gestión energética en el hotel, la existencia de equipamiento antiguo con baja eficiencia, el funcionamiento innecesario de locales, y por demás, de equipos de clima, iluminación, entre otros, que al producirse una disminución de la cantidad de turista deberían mantenerse sin funcionar.

### 3.5.2 Gráfico de Consumo contra Producción.

A continuación, se representan los gráficos de consumo eléctrico vs producción (HDO-DGE) para ambos años, se pueden identificar la línea base y la línea meta, para elaborar esta última se tomaron los 6 meses de menor consumo.

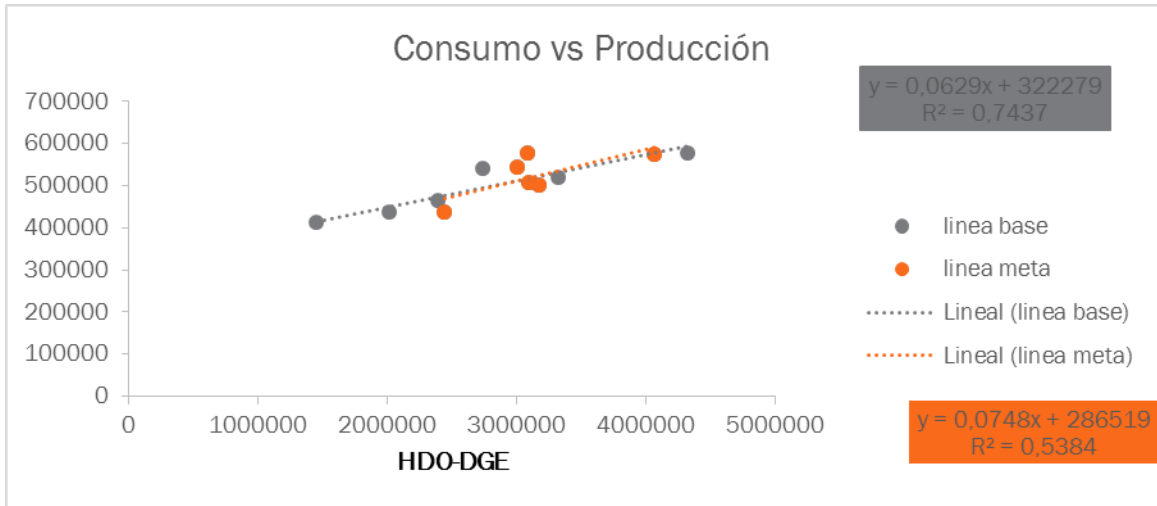


Figura12. Consumo vs Producción (HDO-DGE) 2018. Fuente: elaboración propia.

En el gráfico se puede determinar el potencial de ahorro mensual restando los valores de  $E_0$  de la línea base y la línea meta. Se obtiene un potencial de ahorro de 35760 kWh que representa un 7 % del promedio mensual.

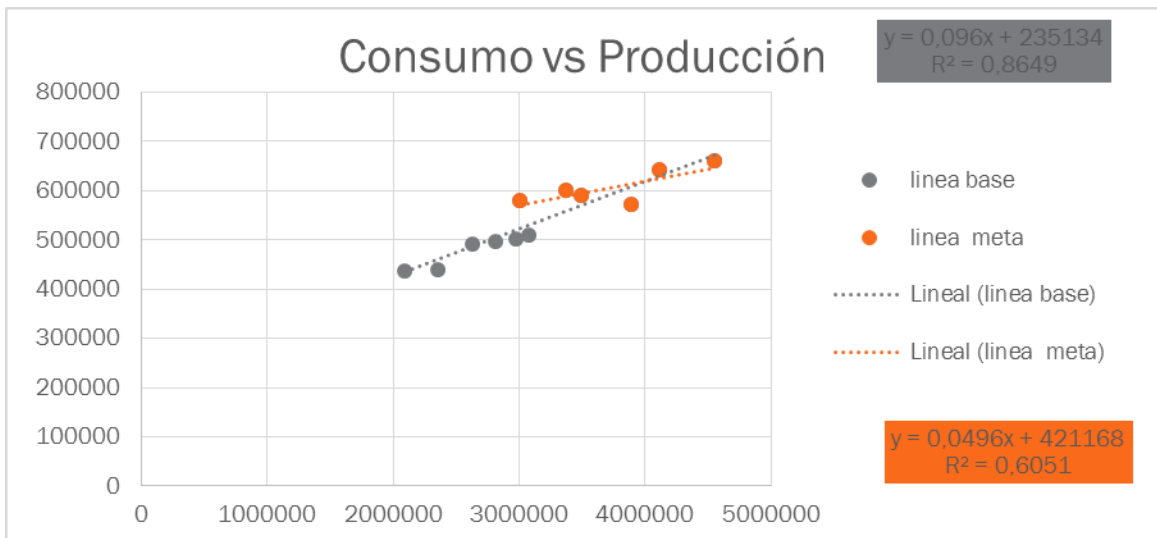


Figura13. Consumo vs Producción (HDO-DGE) 2019. Fuente: elaboración propia.

En el caso de este año la línea base y la línea meta se cortan dando como resultado un potencial de ahorro negativo, lo que sería una incongruencia por lo que es necesario calcular el ahorro por otro método.

### 3.5.3 Diagrama Índice de Consumo - Producción (Ic vs P).

Para la confección de este indicador se calcula el índice de consumo lineal (ICL) a través de la ecuación  $Ic = m + \frac{E_o}{P}$  donde m es la pendiente y E<sub>o</sub> la energía no asociada al servicio, estos valores se obtienen en la ecuación arrojada por el gráfico de consumo vs producción. En el caso de P representa la producción lineal y se obtiene fijando el menor de los valores de la producción, luego este se resta al mayor, lo que se obtiene se divide entre 11 y el resultado se adiciona de forma sucesiva para obtener una serie de valores que crece de forma constante. Una vez se tiene el ICL se grafica y se compara con el índice de consumo real (Icr) obtenido al dividir el consumo real entre la producción. La gráfica permite saber cómo se comportan los niveles de ocupación con respecto al consumo específico de energía (para mayores niveles de ocupación lo correcto es que disminuya el Consumo específico de energía).

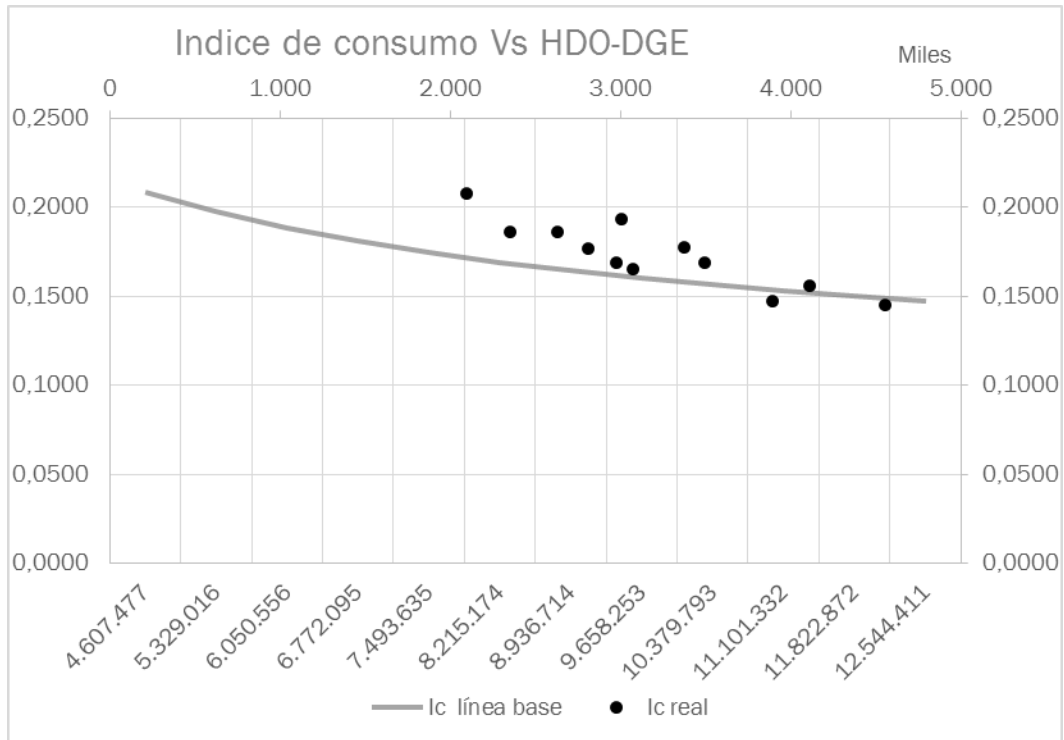


Figura 14. Diagrama IC vs P 2018 vs 2019. Fuente: elaboración propia.

Aquí se puede ver como el ICL disminuye con respecto a la producción lo que demuestra que el modelo definido como base es correcto. En cuanto a los valores de Icr se tiene que la mayoría de los meses está por encima de lo previsto indicando una baja eficiencia, puesto que se eleva el peso relativo de la energía no asociada a la producción respecto a la energía productiva.

### 3.5.4 Gráfico de Tendencia o Suma acumulada (CUSUM).

El gráfico de “Suma Acumulativa de Varianza Energética (CUSUM)” muestra como base un área de 0 a 100 que delimita los valores donde los consumos de energía presentan un ahorro, con respecto a los patrones de consumo del año base y por encima de esa área los valores obtenidos representan un sobreconsumo del año analizado con respecto a la línea base. Para ubicar los puntos en el gráfico se calcula la suma acumulada de la resta entre la producción real y la producción teórica. Este gráfico permite analizar a simple vista el comportamiento por meses de los consumos y detectar los meses que corresponden a valores máximos y mínimos a la hora de la toma de decisiones.

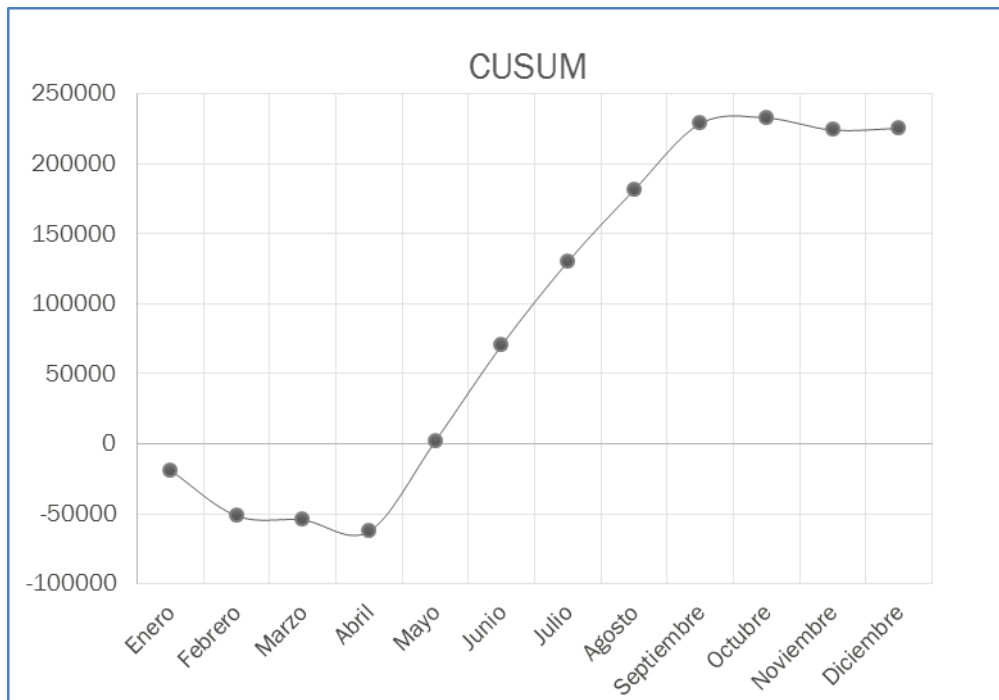


Figura 15. Gráfico de Suma Acumulativa 2019. Fuente: elaboración propia.

En los primeros cuatro meses del año existió una disminución en la tendencia del consumo, algo que puede estar provocado porque en estos meses las temperaturas no llegan a sus valores máximos. A medida que se acercan los meses de verano nótese una tendencia al aumento que va hasta el mes de octubre cuando el consumo tiende a disminuir un poco. En este año se registra un sobreconsumo total de 225463 kWh.

### 3.5.5 Indicador de Eficiencia Base 100 (IDB 100).

La figura 16 muestra el comportamiento del índice base 100 (IDB100) para cada mes, este se determina dividiendo la producción real ( $E_r$ ) entre la producción teórica ( $E_t$ ) y el cociente se multiplica por 100. Una vez se obtienen los puntos se modela el comportamiento de los ahorros (valores positivos) o sobreconsumos (valores negativos). Este análisis se hace en base a los consumos reales del año actual con los patrones de consumo de año base.

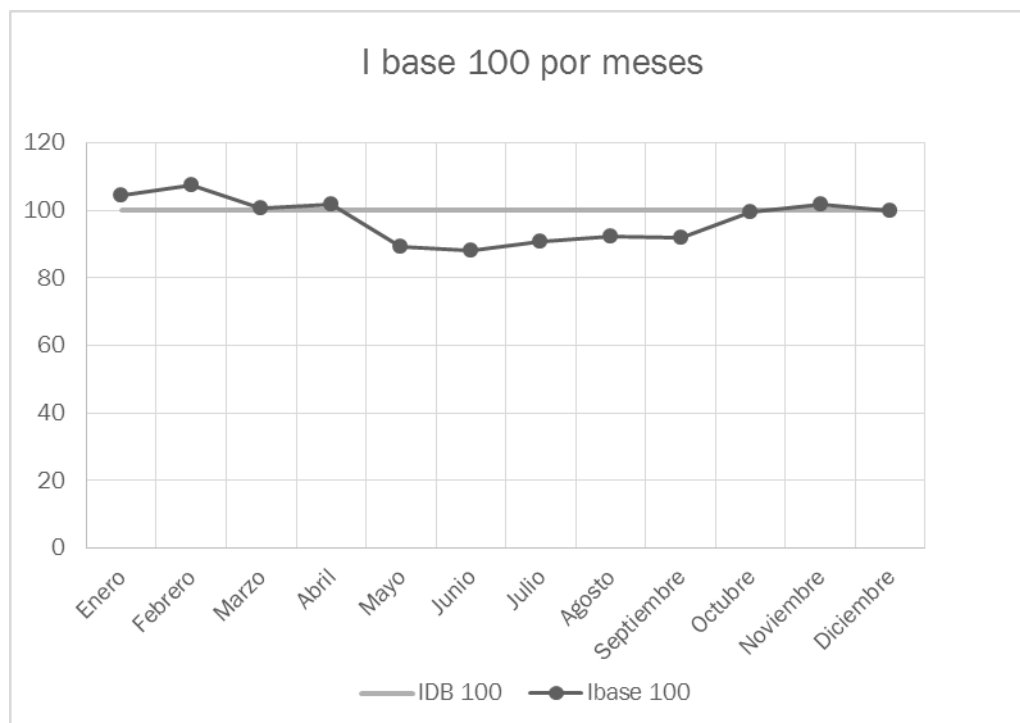


Figura 16. Gráfico IDB 100,2019. Fuente: elaboración propia.



Se observa que para el año de estudio los meses de enero y febrero presentan el mejor desempeño energético, mientras que de mayo a octubre el desempeño energético decae, este comportamiento es similar al obtenido con el gráfico de tendencia.

En el Anexo A aparecen los datos que se emplean para la confección de las figuras 14, 15 y 16.

### **3.6 Impacto económico y medioambiental del posible ahorro de energía eléctrica.**

A partir del indicador Suma Acumulada (Figura 15) se determina que el sobreconsumo de energía tiene un valor de 225463 kWh. Según la ecuación (2.9) se calcula el valor económico que representa esta cantidad de kWh tomando como referencia el consumo eléctrico y los gastos asociados a estos en el año 2019: (Los valores del consumo y el gasto aparecen en el Anexo B).

$$\text{Costo} = \frac{782113,48 \text{ CUC}}{4438612 \text{ kWh}} = 0,176 \text{ CUC/kWh}$$

$$\text{Ahorro económico} = 0,176 \text{ CUC/kWh} * 225463 \text{ kWh} = 39682,57 \text{ CUC}$$

Después de realizar este análisis económico se determina que en el año 2019 existe un sobreconsumo eléctrico con respecto al 2018 que equivale a 39682,57 CUC. Esto puede atribuirse a una mala gestión energética dentro de la instalación.

Como se planteó en el epígrafe 2.5 se calcula la cantidad de CO<sub>2</sub> que representan los 225463 kWh en los que excede el consumo del 2019 al del 2018.

$$1127 \frac{\text{gCO}_2}{\text{kWh}} * 225463 \text{ kWh} = 254097298 \text{ gCO}_2 = 254,09 \text{ tonCO}_2$$

### **3.7 Conclusiones parciales.**

- La temperatura base obtenida en el hotel para ambos años, con una fuerte correlación, fue de 20<sup>0</sup> C.

- Al evaluar los portadores energéticos se determina que la energía eléctrica representa el 93 % del consumo energético del hotel.
- La temperatura ambiente es la variable con mayor influencia en el consumo energético pues obliga a utilizar gran cantidad de equipos de climatización, altamente consumidores para mantener el confort dentro de las instalaciones.
- Las cinco herramientas permiten el monitoreo del consumo eléctrico y establecer una gestión energética con bases científicas.

## CONCLUSIONES

1. La revisión bibliográfica permite establecer el marco regulatorio para implementar las mejores prácticas para gestionar la energía.
2. Los principales problemas detectados durante la revisión energética corresponden al deterioro de los equipamientos y la falta de un correcto sistema de gestión del mantenimiento.
3. El mayor consumo eléctrico del hotel se concentra en el área de la sala de máquinas, y dentro de esta los equipos de mayor consumo son los encargados de la climatización.
4. Los gráficos obtenidos a partir de las variables consumo (kWh) y producción (HDO-DGE) mostraron una correlación superior a 0.75, no siendo igual cuando se tuvo en cuenta la ocupación solamente, lo que demuestra la gran influencia de la temperatura en el consumo energético y la importancia de calcular los Días-Grados.
5. En el año 2019 se registra un sobreconsumo de 225463 kWh con respecto al 2018 que representan un gasto económico de 39682.57 CUC y 254,09 toneladas de CO<sub>2</sub> expulsadas al medio ambiente.

## RECOMENDACIONES

1. Establecer una política energética en el hotel de acorde a los requisitos que exige la NC ISO 50001 que conduzca a la implementación del Sistema de Gestión Energética (SGEn).
2. Identificar al personal que incide directamente en la sección energética de la instalación para la implementación de un futuro SGEn.
3. Hermetizar correctamente las habitaciones climatizadas.
4. Tomar medidas en el período de baja turística que es el que presenta peor desempeño energético para lograr una disminución del consumo eléctrico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez Gerra Plasencia, M. A., Martínez Santos, K. E., & Alonso Morales, A. (2021). Metodología para el Benchmarking Energético en Instalaciones Hoteleras.
- Anchundia Pin, D. E., & Balda Cruz, R. V. (2019). *Diseño de metodología para indicadores de desempeño energético para evaluación costos de producción*. . UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL.,
- Artiagas, J. M. (2016). *Análisis de la influencia del cambio climático en las necesidades de climatización en Andalucía a escala de detalle territorial.*, Universidad de Sevilla.
- Assawamartbunlue, K. (2013). An Investigation of Cooling and Heating Degree-Hours in Thailand. *Journal of Clean Energy Technologies*, 1. doi:DOI: 10.7763
- Bhatnagara, M., Jyotirmay, M., & Gargb, V. (2018). Determining base temperature for heating and cooling degree-days for India. *Journal of Building Engineering*, 270–280.
- Borges, D., Barreiro, J., Fernández, A., Martínez, J., & Buzzis, N. (2010). Hacia un indicador de consumo de energía eléctrica más efectivo en hoteles del grupo Cubanacán de la provincia de Camagüey. *Ingeniería energética, XXXII(APLICACIONES INDUSTRIALES)*, 35 - 42.
- Cabello, J. J., Sousa, V., Sagastume, A., Álvarez, M., Haeseldonckx, D., & Vandecasteele, C. (2016). Tools to improve forecasting and control of the electricity consumption in hotels. *Journal of Cleaner Production*, 137, 803-812. doi:10.1016/j.jclepro.2016.07.192
- Cabrera, D. (2018). Fuentes de energía y su impacto en el medio ambiente.
- Campos, J. (2012). *Guía para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía basado en la ISO 50001*.
- Campos, J. C. (2013). Línea base, Indicadores de Desempeño Energético.
- Carretero, A., & García, J. M. (2012). *Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora*. España: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- Correa, J., Borroto, A., Curbelo, M., Alpha, M., Díaz, A., & González, R. (2013). Diseño y aplicación de un procedimiento para la planificación energética según la NC-ISO 50001:2011. *Ingeniería Energética, XXXV*, 38-47.
- De Rosa, M., Bianco, V., Scarpa, F., & Tagliafico, L. (2014). Historical trends and current state of heating and cooling degree days in Italy *Energy Conversion and Management*, 31-62. doi:10.1016
- Del Pilar, R., González, A., & Ciro, E. (2013). Mejoramiento de la eficiencia energética en la industria del cemento por proceso húmedo a través de la implementación del sistema de gestión integral de la energía. *Dyna*, 80, 115-123.
- Ellabban, O., Abu-Rub, H., & Blaabjerg, F. (2014). Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. doi:10.1016/j.rser.2014.07.113
- Fonte, A., & Rivero, J. (2005). Métodos de grados día. Determinación de la temperatura base para la provincia de Camagüey.
- García, M. (2017). *Análisis del Consumo de Energía Eléctrica en la Universidad de Matanzas*. Universidad de Matanzas,

- Kanneganti, H., Gopalakrishnan, B., & Crowe, E. (2017). Specification of energy assessment methodologies to satisfy ISO 50001 energy management standard.
- Krese, G., Lampret, Z., Butala, V., & Prek, M. (2017). Determination of a Building's balance point temperature as an energy characteristic. *Energy*, 1034-1049.
- Krese, G., Prek, M., & Butala, V. (2012). Analysis of Building Electric Energy Consumption Data Using an Improved Cooling Degree Day Method. *Journal of Mechanical Engineering* 58, 107-114. doi:10.5545
- Menga, Q., & Mourshed, M. (2017). Degree-day based non-domestic building energy analytics and modelling should use building and type specific base temperatures. *Energy and Buildings*, 260–226.
- Mohammed, M. A., Khaleed, O. L., & Ibraheem, N. T. (2017). Calculation of Daily Cooling Degree for Selected Stations in Iraq
- Monteagudo, J., & Geovany, O. (2005). Herramientas para la gestión energética empresarial *Scientia et Technica Año XI*, 29.
- Normalización., O. N. d. (2011). Sistemas de gestión de la energía- Requisitos con orientación para su uso. (NC-ISO 50001: 2011). In
- ONURE. (2015). Manual de inspeccion a los portadores energeticos electricidad y combustible.
- Riverón, Z. (2017). *Herramientas para el análisis del consumo eléctrico en el Hotel Royalton Hicacos teniendo en cuenta la norma NC ISO 50001: 2011.*, Universidad de Matanzas, Matanzas.
- Scafetta, N., Fortelli, A., & Mazzarella, A. (2017). Meteo-climatic characterization of Naples and its heating-cooling degree day areal distribution. *. IIETA*, 137-144.
- Standards, C. N. B. o. (2011). Sistemas de gestión de la energía — Requisitos con orientación para su uso (ISO 50001:2011, IDT). In.
- UNE. (2011). *Manual instructivo del uso y control de portadores energéticos.*
- Valor, E., Meneu, V., & Caselles, V. (2001). Daily Air Temperature and Electricity Load in Spain. *Journal of applied meteorology*, 40, 13-21.

## **ANEXOS**

Anexo A. Obtención de los indicadores Índice de Consumo vs Producción, Indicador Base 100 y CUSUM.

<b>Meses</b>	<b>HDO-DGE</b>	<b>ER</b>	<b>ET=mbx+Eob</b>	<b>P lineal</b>	<b>Ic lineal</b>	<b>I base 100</b>	<b>Ic real</b>	<b>ER-ET</b>	<b>CUSUM</b>	<b>%</b>
<b>Enero</b>	2098589	435251	454280,236	2098589	0,2080	104	0,2074	-19029	-19029	100
<b>Febrero</b>	2356980	437977	470533,061	2322250	0,1973	107	0,1858	-32556	-51585	100
<b>Marzo</b>	2815971	496523	499403,566	2545910	0,1884	101	0,1763	-2881	-54466	100
<b>Abril</b>	3079104	507872	515954,642	2769571	0,1809	102	0,1649	-8083	-62549	100
<b>Mayo</b>	3379840	599422	534870,936	2993232	0,1746	89	0,1774	64551	2003	100
<b>Junio</b>	3012353	580180	511755,979	3216892	0,1691	88	0,1926	68424	70427	100
<b>Julio</b>	4115334	640787	581133,483	3440553	0,1643	91	0,1557	59654	130080	100
<b>Agosto</b>	4558857	660293	609031,091	3664214	0,1602	92	0,1448	51262	181342	100
<b>Septiembre</b>	3500222	589959	542442,958	3887875	0,1565	92	0,1685	47516	228858	100
<b>Octubre</b>	3896739	571330	567383,852	4111535	0,1532	99	0,1466	3946	232804	100
<b>Noviembre</b>	2976030	500816	509471,287	4335196	0,1502	102	0,1683	-8655	224149	100
<b>Diciembre</b>	2636955	489458	488143,47	4558857	0,1476	100	0,1856	1315	225463	100



Anexo B. Relación de la Energía eléctrica consumida y su costo para los años 2018 y 2019.

Meses	kWh	CUC
<b>ene-18</b>	312898,00	51034,29
<b>feb-18</b>	342057,00	55820,21
<b>mar-18</b>	358596,00	60134,24
<b>abr-18</b>	400906,00	64023,52
<b>may-18</b>	288674,00	52768,68
<b>jun-18</b>	293621,00	54746,49
<b>jul-18</b>	429753,00	79178,21
<b>ago-18</b>	255049,00	65592,52
<b>sep-18</b>	253685,00	48705,50
<b>oct-18</b>	254474,00	48448,21
<b>nov-18</b>	246006,00	47174,92
<b>dic-18</b>	263476,00	48708,20
<b>total</b>	3699195,00	676334,99

Meses	kWh	CUC
<b>ene-19</b>	275431,00	48699,82
<b>feb-19</b>	305880,00	52343,53
<b>mar-19</b>	379179,00	66112,14
<b>abr-19</b>	413645,00	71658,82
<b>may-19</b>	389842,00	68133,97
<b>jun-19</b>	331868,00	57594,59
<b>jul-19</b>	479516,00	84606,79
<b>ago-19</b>	559466,00	99015,03
<b>sep-19</b>	425464,00	74287,60
<b>oct-19</b>	179132,00	34776,78
<b>nov-19</b>	341694,00	61381,36
<b>dic-19</b>	357495,00	63503,05
<b>total</b>	4438612,00	782113,48

meses	kWh	cuc
<b>ene-18</b>	312898,00	51034,29

<b>feb-18</b>	342057,00	55820,21
<b>mar-18</b>	358596,00	60134,24
<b>abr-18</b>	400906,00	64023,52
<b>may-18</b>	288674,00	52768,68
<b>jun-18</b>	293621,00	54746,49
<b>jul-18</b>	429753,00	79178,21
<b>ago-18</b>	255049,00	65592,52
<b>sep-18</b>	253685,00	48705,50
<b>oct-18</b>	254474,00	48448,21
<b>nov-18</b>	246006,00	47174,92

<b>dic-18</b>	263476,00	48708,20
<b>total</b>	3699195,00	676334,99

<b>Meses</b>	<b>kWh</b>	<b>CUC</b>
<b>ene-19</b>	275431,00	48699,82
<b>feb-19</b>	305880,00	52343,53
<b>mar-19</b>	379179,00	66112,14
<b>abr-19</b>	413645,00	71658,82
<b>may-19</b>	389842,00	68133,97
<b>jun-19</b>	331868,00	57594,59

<b>jul-19</b>	479516,00	84606,79
<b>ago-19</b>	559466,00	99015,03
<b>sep-19</b>	425464,00	74287,60
<b>oct-19</b>	179132,00	34776,78
<b>nov-19</b>	341694,00	61381,36
<b>dic-19</b>	357495,00	63503,05
<b>total</b>	4438612,00	782113,48