

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

“Modelo de Gestión de Energía según las normas ISO 50000 para el Hotel del Sur y desarrollo de un prototipo para monitorear datos energéticos.”

Informe de práctica de especialidad para optar por el título de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, con el grado académico de Licenciatura

Jose Antonio Quesada Céspedes

Cartago, junio 2022



Carrera evaluada y acreditada por: Canadian Engineering Accreditation Board

Bureau Canadien d'Accréditation des Programmes d'Ingénierie

Profesor guía

Ing. Luis Felipe Córdoba Ramírez.

Asesor Industrial

Ing. Mauricio Mora Gamboa

Tribunal Examinador

Ing. Juan José Montero.

Ing. Manuel Centeno.

21 de octubre del 2021, San Isidro del General, Pérez Zeledón

Instituto Tecnológico de Costa Rica.
Escuela de Electromecánica
Ing. Ignacio del Valle Granados,

La presente es para saludarle y a su vez informarle que yo Mauricio Mora Gamboa cédula 1 1224 0016 como representante legal de la empresa Dos Eme Ingeniería Limitada cédula 3 102 739350 acepto el Trabajo Final de Graduación del estudiante Jose Antonio Quesada Céspedes, cédula 1 1724 0695, estudiante del Instituto Tecnológico de Costa Rica, carnet 2016117830. El trabajo tiene como nombre "Modelo de Gestión de Energía según las normas ISO 50000 para el Hotel del Sur y desarrollo de un prototipo para monitorear datos energéticos." Este proyecto es de relevancia para nuestra empresa porque se involucra monitoreo energético como una herramienta para un mayor confort y prioridades para el hotel mediante el cuidado y las condiciones de este, adicional se les entrega una mayor eficiencia a nuestros clientes al presentar los procesos de producción de manera más eficaz e impactar con mayor importancia la competitividad, productividad y la contaminación ambiental y así permitir la mejora continua. De ante mano les agradecemos por la oportunidad de ser valorados y ser parte de este tipo de proyectos que siempre nos trae un aprendizaje importante para nuestras labores.

Atentamente,

Mauricio
Mora
Gamboa
Firmado digitalmente por
Mauricio Mora
Gamboa
Fecha: 2021.10.21
09:08:58 -06'00'

Ing. Mauricio Mora Gamboa
Ced: 1 1224 0016
Tel: 2772-1012 / 8349-5698

Datos personales

Nombre completo: Jose Antonio Quesada Céspedes.

Número de cédula:117240695.

Número de carné: 2016117830.

Edad: 23.

Número de teléfono: 87602756.

Correo electrónico: joseantonioquce@gmail.com

Dirección exacta de domicilio. San José, Pérez Zeledón, San Isidro de El General, Barrio Hospital Viejo, contiguo a Alquileres Sofía

Datos de la Empresa

Nombre: 2M Ingeniería Limitada

Actividad principal: Servicio, consultoría y construcción de proyectos electromecánicos.

Dirección: San José, Pérez Zeledón, San Isidro de El General, Santa Cecilia.

Contacto: info@2mingeneria.com

Teléfono: 27721012

Dedicatoria

A toda mi familia, en especial a mis padres por todas las oportunidades brindadas y el apoyo a lo largo de los años.

Agradecimiento

Primeramente, agradezco a mi familia por el apoyo incondicional que me han brindado a lo largo de los años, en especial a mi mamá Sonia, que fue mi pilar y mi apoyo durante los momentos difíciles, ella me dio las herramientas para enfrentar las distintas situaciones y gracias a ella hoy soy lo que soy.

A los profesores del Instituto Tecnológico de Costa Rica, en especial al ingeniero Carlos Piedra y el ingeniero Luis Felipe Córdoba, por el apoyo brindado durante este proyecto.

Al ingeniero Mauricio Mora Gamboa que me brindó la oportunidad de aprender y realizar el TFG en la zona donde nací y crecí. Al equipo de 2M Ingeniería Limitada, por el apoyo brindado durante el proyecto y las lecciones aprendidas.

Agradezco también al Hotel del Sur, a sus colaboradores por el apoyo brindado y por acogerme durante el proyecto, en especial a Don Juan Bisso y al licenciado Jonathan Abarca.

A mis amigos por siempre estar ahí.

Tabla de contenido

Capítulo I: Introducción	15
Introducción	15
Reseña de la empresa	15
Ubicación geográfica	16
Organigrama	16
Misión, visión y política de calidad	17
Antecedentes	17
Antecedentes de la empresa	17
Turismo en Costa Rica	18
Medioambiente y turismo	18
Gestión energética en hoteles de Costa Rica	18
Hotel del Sur	18
Capítulo II. Descripción del proyecto	20
Planteamiento del problema	20
Objetivos	21
Objetivo general	21
Objetivos específicos	21
Alcance general	22
Justificación	22
Limitaciones	23
Capítulo III: Marco teórico	24
Modelo de Gestión Integral de la Energía (MGIE)	24
Definiciones y términos de importancia	24
Mejora continua	26
Auditoría energética	26
Índices de Eficiencia Energética (EnPIs)	27
Línea base energética	27
Cuadro de mando integral	28
Industria 4.0	28
Medidor de corriente	29
Modelo tarifario del ICE	30
Capítulo IV: Metodología	32
Auditoría energética	33

Balance de energía	38
Capítulo VI: Línea base e Índices de desempeño energético	44
Índices de desempeño energético	44
Establecimiento de líneas base	46
Línea base	46
Líneas base de los distintos índices	47
Capítulo VII: Monitoreo en tiempo real	51
Análisis de criticidad	51
Selección del equipo de monitoreo	53
Análisis financiero	53
Monitoreo en tiempo real del tablero TB	55
Monitoreo en tiempo real del tablero TA	58
Monitoreo en tiempo real del tablero TD	59
Medición en tiempo real del prototipo de medición de corriente	60
Capítulo VIII. Cuadro de mando integral	66
Perspectiva financiera	66
Perspectiva cliente	66
Perspectiva de procesos	67
Perspectiva formación o crecimiento	70
Capítulo IX. Impacto del proyecto en el Hotel del Sur	72
Impacto social	72
Impacto económico	73
Impacto ambiental	74
Capítulo X. Conclusiones y Recomendaciones	75
Conclusiones	75
Recomendaciones	76
Capítulo XI. Referencias Bibliográficas	77
Bibliografía	77
Capítulo XII. Apéndices	81
Apéndice A. Política energética del Hotel del Sur	81
Apéndice B. Listado de aires presente en el hotel	82
Apéndice C. Medición del tablero TB	85
Apéndice D. Medición del prototipo	87
Apéndice E. Muestra de monitoreo tablero TA	88

Apéndice F. Muestra de monitoreo tablero TD	89
Apéndice G. Unifilar del hotel	90
Apéndice H. Distribución del tablero TB	91
Capítulo XIII. Anexos	95
Anexo A. Facturación eléctrica de los años 2019, 2020 y 2021	95
Anexo B. Consumo y compra de gas licuado petróleo	97
Anexo D. Diagrama del Hotel del Sur	99

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN DEL HOTEL.	16
FIGURA 2. ORGANIGRAMA DE LA ORGANIZACIÓN.	17
FIGURA 3. ETAPAS DE UN SGEN.	26
FIGURA 4. NODEMCU.	29
FIGURA 5. DISPOSITIVO SCT 013.	30
FIGURA 6. MONTOS DE FACTURAS ELÉCTRICAS Y DE GLP.	36
FIGURA 7. CONDICIONES CLIMÁTICAS PRESENTADAS DURANTE EL AÑO 2021.	36
FIGURA 8. FUENTES DE ENERGÍA UTILIZADAS EN EL HOTEL.	39
FIGURA 9. DIAGRAMA PASTEL BALANCE ENERGÉTICO. FUENTE ELABORACIÓN PROPIA.	43
FIGURA 10. LÍNEA BASE ÍNDICE TEMPERATURA POR MONTOS EN FACTURAS ELÉCTRICAS.	47
FIGURA 11. LÍNEA BASE CONSUMO POR HABITACIÓN RENTADA.	48
FIGURA 12. LÍNEA BASE MONTO EN FACTURA ELÉCTRICA POR HABITACIÓN RENTADA.	49
FIGURA 13. LÍNEA BASE CONSUMO DE GLP EN COCINA POR HABITACIÓN RENTADA.	50
FIGURA 14. DISPOSITIVO EMPORIA VUE ENERGY CONECTADO.	55
FIGURA 15. PROTOTIPO DE MEDICIÓN DE CORRIENTE.	60
FIGURA 16. ARMADO DEL SCT013 Y EL LM358.	61
FIGURA 17. ENTRADAS Y SALIDAS DEL NODEMCU.	62
FIGURA 18. PÁGINA PRINCIPAL DE LA PÁGINA DE THINGER.IO.	63
FIGURA 19. DATOS EN VIVO OBTENIDOS POR EL PROTOTIPO DEL MEDIDOR DE CORRIENTE.	63
FIGURA 20. GRÁFICO DEL COMPORTAMIENTO DEL PROTOTIPO DE MEDICIÓN DE CORRIENTE Y EL EMPORIA VUE ENERGY.	64
FIGURA 21. DETALLE DE GRÁFICO DE MEDICIÓN REALIZADA POR EL PROTOTIPO DE MEDICIÓN DE CORRIENTE.	65
FIGURA 22. DIAGRAMA UNIFILAR DEL HOTEL DEL SUR.	90
FIGURA 23. TABLERO TB.	¡Error! Marcador no definido.
FIGURA 24. DIAGRAMA DEL HOTEL DEL SUR.	99
FIGURA 25. DIAGRAMA SEGUNDO PISO.	100
FIGURA 26. DIAGRAMA DE PISCINA Y BAR PALENQUE.	101

Índice de Tablas

TABLA 1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	20
TABLA 2. METODOLOGÍA QUE REALIZAR.	32
TABLA 3. DETALLES FACTURACIÓN MARZO 2021-FEBRERO 2022.	35
TABLA 4. COMPARATIVAS HABITACIONES RENTADAS, MONTO DE FACTURA POR ELECTRICIDAD Y TEMPERATURA.	37
TABLA 5. CONSUMO EN KW SEGÚN SU FUENTE.	38
TABLA 6. EQUIPOS CON CONSUMOS CONSIDERABLES.	40
TABLA 7. HORARIOS DE MÁXIMAS DEMANDAS EN EL HOTEL DEL SUR.	41
TABLA 8. CONSUMO DE LAS LUMINARIAS UBICADAS EN LA ZONA ESTUDIADA DEL HOTEL.	42
TABLA 9. CONSUMO NOMINAL DE LA ACOMETIDA ESTUDIADA.	42
TABLA 10. CONSUMO, HABITACIONES RENTADAS E ÍNDICE DE CONSUMO POR CLIENTE.	45
TABLA 11. MONTOS DE FACTURAS ELÉCTRICAS, HABITACIONES RENTADAS E ÍNDICE DE MONTO DE FACTURA ELÉCTRICA POR HABITACIÓN.	46
TABLA 12. CRITERIOS DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD.	52
TABLA 13. PUNTUACIONES DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD.	53
TABLA 14. COSTO DE LOS MEDIDORES DE CORRIENTE A UTILIZAR.	54
TABLA 15. CONSUMO TOTAL MEDIDO EN LOS AIRES ACONDICIONADOS POR HABITACIÓN.	56
TABLA 16. DEMANDA TOTAL MEDIDA EN LOS AIRES ACONDICIONADOS POR HABITACIÓN.	56
TABLA 17. MONTO CONSUMIDO EN LOS AIRES ACONDICIONADOS POR HABITACIÓN.	56
TABLA 18. MÁXIMA DEMANDA ELÉCTRICA Y MONTOS PAGADOS.	57
TABLA 19. AIRES ACONDICIONADOS MONITOREADOS.	58
TABLA 20. CONSUMO MEDIDO EN EL TABLERO TA.	59
TABLA 21. DEMANDA MONITOREADA, TARIFAS ELÉCTRICAS Y MONTO A PAGAR POR DEMANDA.	59
TABLA 22. CONSUMO MEDIDO DEL TABLERO TD.	59
TABLA 23. DEMANDA MONITOREADA, TARIFAS ELÉCTRICAS Y MONTO A PAGAR POR DEMANDA.	60
TABLA 24. CUADRO DE MANDO INTEGRAL PROPUESTO PARA EL HOTEL DEL SUR.	71
TABLA 25. MONTOS POR CONSUMO Y DEMANDA DE LAS FACTURAS DE FEBRERO CON LA TARIFA TMT.	73
TABLA 26. MONTOS POR CONSUMO Y DEMANDA DE LAS FACTURAS DE FEBRERO CON LA TARIFA TMTB.	74
TABLA 27. LISTA DE AIRES ACONDICIONADOS PRESENTES EN EL HOTEL.	82
TABLA 28. CONSUMO MEDIDO EN EL TABLERO TB.	85
TABLA 29. MEDICIÓN REALIZADA POR EL PROTOTIPO A LAS RESISTENCIAS DE AGUA CALIENTE.	87
TABLA 30. MUESTRA CONSUMO MONITOREADO TABLERO TA.	88
TABLA 31. MUESTRA DE MONITOREO EN EL TABLERO TD RESUMIDO POR HORA.	89
TABLA 32. DISTRIBUCIÓN Y CAPACIDAD DE LOS DISYUNTORES DEL TABLERO TB.	91
TABLA 33. CONSUMO, COMPRA Y MONTOS A PAGAR DE GLP.	97
TABLA 34. MUESTRA DE LOS DATOS DE CONSUMO DEL GAS DEL HOTEL.	97

Lista de Acrónimos y Abreviaturas

Acrónimo	Significado
SGen	Sistema de Gestión de Energía
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt-hora
IDEn	Indicador de Desempeño Energético
LBE _m	Línea Base Energética
USE	Uso Significativo de la Energía
TMT	Tarifa Media Tensión
TMT _b	Tarifa Media Tensión b
GLP	Gas Licuado Petróleo
ARESEP	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos
CMI	Cuadro de Mando Integral
INTECO	Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica
ISO	International Organization for Standardization
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
IoT	Internet de las Cosas

Resumen:

El presente trabajo se desarrolló en el Hotel del Sur, ubicado en Pérez Zeledón, que recientemente ha actuado para mejorar su gestión y mantenimiento. Este proyecto brinda apoyo al Departamento de Instalaciones del hotel con la creación de un Modelo de Gestión Energética que permita, mediante índices, identificar oportunidades de mejora, darle seguimiento a las mejoras implementadas y compararse con años anteriores y con hoteles a nivel mundial. Esto último mediante el dato de kWh/m^2 anual, valor que desconocía el hotel y que para hoteles de zona caliente va de $134 kWh/m^2$ a $210 kWh/m^2$.

Para realizar esta labor se empezó por la realización de una auditoría energética, donde tomando como referencia la norma ISO50002 se analizaron las instalaciones, las facturas por servicios energéticos, condiciones del clima y cantidad de habitaciones rentadas. Como resultados se obtuvieron los consumos de gas licuado de petróleo y el consumo eléctrico de un año, este último permitió conocer el consumo del hotel que es de $152,72 kWh/m^2$, lo cual está dentro del rango de sus iguales a nivel mundial. Luego se buscaron los equipos que tienen un uso y consumo considerable, y se realizó un balance con los equipos por zonas. Posterior a eso, se analizaron los resultados de la auditoría energética y se estableció una política energética según los datos, las opiniones de los administradores, la misión y visión de la empresa.

Con la política energética se fijaron los índices energéticos a utilizar en el modelo de gestión de la energía; estos índices se obtuvieron con base en la norma ISO50006, y muestran relaciones de importancia que permiten darle seguimiento a la situación de consumo, uso y eficiencia energéticos. Para continuar el desarrollo del modelo de gestión de energía se estableció un prototipo de medición de corriente, de modo que en un futuro el hotel pueda tener mediciones e índices en tiempo real.

Para determinar el equipo al que se conecta este prototipo se realizó un análisis de criticidad que demostró que los equipos de mayor uso y consumo son los aires acondicionados de las habitaciones. Ya que se tienen muchos equipos electromecánicos y el analizar solo uno no refleja la situación de estos, se decidió adquirir un equipo de medición adicional al prototipo, pues era menor el costo que armar más prototipos de medición de corriente. Este equipo monitoreó un tablero durante un mes, y mostró que la mayoría de aires tienen un consumo similar entre ellos, a excepción de los equipos de aire acondicionado de ventana que consumen considerablemente más que los minisplit. Después, se realizó un cuadro de mando integral con los índices energéticos establecidos y demás índices que son de utilidad para el hotel para seguir en su proceso de mejorar la gestión del hotel y en especial la gestión energética.

Palabras claves: Índice Energético, Balance Energético, Línea Base Energética, Monitoreo en tiempo real, Modelo de Gestión Integral de la Energía, Cuadro de Mando Integral.

Abstract:

This project was executed in Hotel del Sur, Pérez Zeledón, the hotel has taken actions to improve their energy and maintenance management, this project was made to support the Facilities Department through an Energy Management Model with indicators that denote improvement opportunities, keep track of implemented improvements and contrast with past years and hotels around the world. Its consumption compared to hotels around the world is a value that the hotel didn't have before, where hotels around the world consume between 134 kWh/m^2 and 210 kWh/m^2 per year. The project began with an Energy Audit based on the ISO50002 standard. Facilities, energy bills, weather conditions and rooms rented were analyzed, the result was the annual consumption of liquefied petroleum gas and electricity; the annual consumption of energy of the hotel is $152,72 \text{ kWh/m}^2$ which is an average value. After that, a list of appliances with significant use and consumption was made, to design an energy balance by zones of the hotel. The results of the Energy Audit were used alongside the opinion of the management staff and the strategy of the hotel to make an Energy Policy that allowed to establish the Energy Indicators of the Energy Management Model developed. These indicators were made using the ISO50006 standard and they keep track of the energetical use, consumption and efficiency in contrast with years before. Then a prototype of a current sensor was created, so the hotel could have real-time indicators in the future; to select the appliance to be monitored a criticality analysis was carried out, and it showed that the appliances that have the highest use and consumption are the rooms' air conditioners. Since there are many appliances that can be monitored, one air conditioner doesn't reflect the exact situation of all of them, so a commercial current sensor was bought because it was cheaper than building more prototypes. The current sensor was in a load center for a month monitoring air conditioners, most of them worked as expected based on their datasheets, but window air conditioners had power and current values higher than expected. After the monitoring a Balanced Scoreboard was designed using the energy indicators and some other indicators that enforce the process of improving the facilities management and specialty energy management.

Keywords: Energy Indicator, Energy Balance, Energy Baseline, real-time monitoring, Energy Management, Balanced Scoreboard

Capítulo I: Introducción

Introducción

El turismo es de importancia para Costa Rica, que se califica a sí mismo como país sostenible., Términos como turismo ecológico son comunes en la última década en el turismo nacional y no es casualidad, la estrategia de colocar al país como un mercado amigable con el ambiente ha generado excelentes resultados para el sector turístico [1] [2].

El país es atractivo por iniciativas ecológicas como el Plan de Descarbonización, iniciativas que son de gran relevancia y tienen una recepción positiva entre los turistas nacionales e internacionales [3]. Las empresas que muestran un buen uso de sus recursos son bien vistas por el público general, ya sea mediante el programa Bandera Azul, el Plan de Descarbonización, la norma ISO 14001 o la Certificación de Sostenibilidad del Instituto Costarricense de Turismo (ICT) [3] [4].

La industria hotelera tiene como principal objetivo el confort, además de este, cada hotel tendrá su temática o política que defina cuáles otras prioridades tiene. El confort en los hoteles se consigue mediante el cuidado de sus condiciones, como por ejemplo: la temperatura ambiente, la temperatura de los sistemas de ducha, el buen funcionamiento de las luminarias, la limpieza del recinto, entre otros. Las condiciones antes mencionadas requieren del uso de energía y agua, sea este uso eficiente o no, no determina el confort que tenga el huésped, pero sí tiene un impacto social, ambiental y económico [1].

Los sistemas de gestión de energía son un excelente primer paso para mejorar la manera en la que se consume la energía, estos permiten definir los objetivos que una empresa tiene y brindan una parametrización que muestra qué tanto avance hay en estos [1]. El impacto que tengan depende mucho de la política y la inversión que se piense realizar, pero mediante el sistema de gestión energética se pueden discriminar de manera más sencilla las alternativas de mayor impacto ambiental, social y económico.

Reseña de la empresa

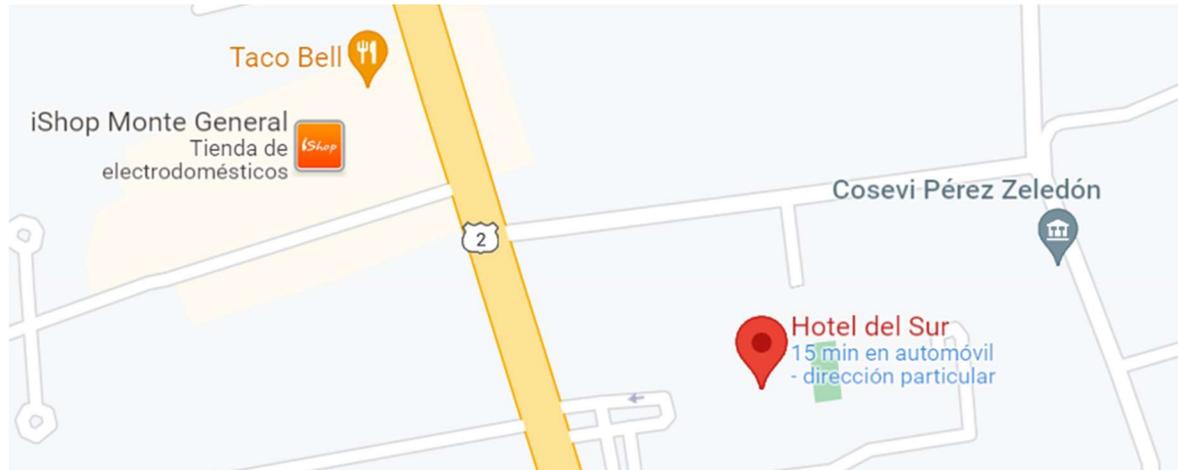
El Hotel del Sur fue fundado en la década de 1970, este es un hotel de cuatro estrellas, cuenta con múltiples servicios, entre los que se encuentran: spa, gimnasio, restaurantes, piscina y canchas de tenis [5].

Se encuentra en el cantón de Pérez Zeledón, provincia de San José, por años ha recibido a numerosos clientes, tanto huéspedes de sus habitaciones como socios que disfrutaban las demás instalaciones del hotel [5].

Ubicación geográfica

El hotel se encuentra ubicado en San José, Pérez Zeledón, en el distrito de Daniel Flores.

Figura 1. Ubicación del Hotel.

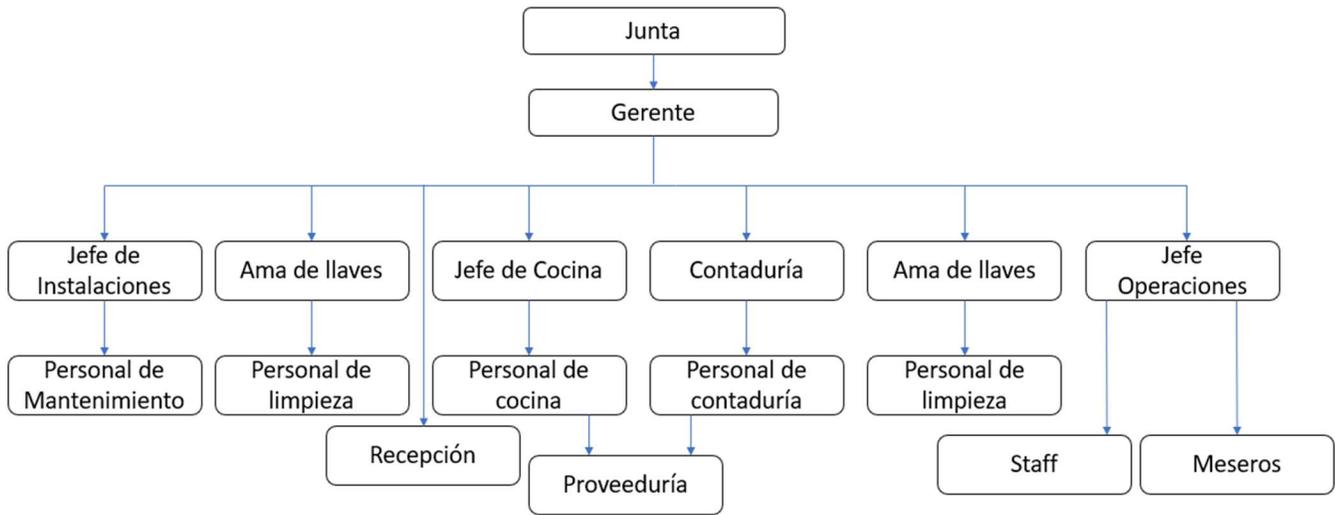


Fuente: Google Maps.

Organigrama

La organización cuenta con 7 áreas que responden a gerencia y un Departamento de Gerencia que responde a la junta, esta última siendo la que maneja la toma de decisiones sobre la gerencia. Las 7 áreas son: Cocina, Mucamas, Meseros, Operaciones, Instalaciones, Recepción y Contabilidad, las distintas áreas tienen subdivisiones, pero estas pueden responder a varias áreas pues funcionan como puentes de comunicación, por ejemplo, Proveeduría es un puente de comunicación entre Contabilidad y Cocina.

Figura 2. Organigrama de la organización.



Fuente: Elaboración propia.

Misión, visión y política de calidad

Misión: Somos una empresa que brinda productos y servicios integrales de hotelería y turismo de alta calidad, generando sostenibilidad y mejoramiento continuo con actitud proactiva.

Visión: Ser una empresa consolidada que satisface las preferencias y necesidades más allá de las expectativas de nuestros clientes.

Política de calidad: El Consorcio Cooperativo Hotelero R.L.(su razón social) se compromete a satisfacer en plena las expectativas y más de nuestros clientes, mediante un compromiso individual y de equipo, en fiel cumplimiento de los requerimientos de calidad y las mejoras continuas que lo garanticen.

Antecedentes

Antecedentes de empresa

Actualmente el Hotel del Sur se encuentra en su proceso de renovación del permiso del Ministerio de Salud, el hotel ha solicitado la prórroga de un año para poner al día sus instalaciones eléctricas de acuerdo con el código NEC. Por lo tanto, el hotel va a realizar un cambio de instalación eléctrica que está a cargo de la consultora Ingeniería 2M. El cambio se planea aprovechar para la realización del proyecto, de esta manera el hotel puede tener una noción más cercana a la realidad del impacto que tiene el consumo, uso y eficiencia energética en su funcionamiento.

Turismo en Costa Rica

En Costa Rica, el turismo representa un ingreso económico considerable. En el 2016 representó un 6,3% del PIB del país [2] y desde esa fecha su generación de divisas viene al alza, a excepción del año 2020, que por motivo de la pandemia del COVID redujo sus ganancias [6].

Medioambiente y turismo

Además del Plan de Descarbonización Nacional, el ICT otorga un certificado de sostenibilidad a aquellas actividades turísticas que cumplan con ciertos criterios que demuestren el buen manejo de sus recursos energéticos e hídricos [4]. Es importante seguir las directrices del Instituto Costarricense de Turismo, pues se muestra que estas tienen efectos positivos en el sector turístico.

Gestión energética en hoteles de Costa Rica

Los modelos y sistemas de gestión de energía suelen ser más comunes en empresas manufactureras, en el caso de hoteles se tienen registros a nivel internacional [7] [8] [9] [10] [11] pero a nivel nacional se cuenta con poca información documentada de la aplicación de estos, aunque sí se han realizado trabajos importantes en la gestión de la energía [9] [12]. El caso de mayor éxito fue el de Condovac la Costa [9], que gracias a la auditoría energética realizada se pudo conocer una problemática con una bomba que proporcionaba agua al recinto, ya que esta trabajaba aun cuando el tanque estaba rebalsado.

Hotel del Sur

Actualmente el Hotel del Sur va a realizar un cambio de instalación eléctrica a cargo de la consultora Ingeniería 2M. El cambio se planea aprovechar para la realización del proyecto, de esta manera el hotel puede tener una noción más cercana a la realidad del impacto que tiene el consumo energético en su funcionamiento.

El hotel desconoce cómo gestionar la energía, y realiza las labores de mantenimiento en su mayoría subcontratando, pero en muchas ocasiones se nota que el hotel busca la solución más barata, por lo que cuenta con equipo de segunda, soluciones a medias y conexiones erróneas, por ejemplo: los aires acondicionados no cuentan con dispositivo de desconexión, en un mismo disyuntor se colocan varios aires acondicionado, se tienen habitaciones donde si no está encendida una luz no funciona el toma corriente que alimenta el disyuntor y se tienen equipos que se apagan y se menciona que es porque la tensión es menor a la requerida.

Gestión energética hoteles a nivel mundial

La información internacional muestra índices variados pues las necesidades y objetivos de cada hotel van a definir las variables a medir. Al establecer una comparativa con hoteles de otras partes del mundo hay que tener en consideración la zona climática en la que estos se ubican pues la literatura muestra que la climatización del recinto suele ser uno de los consumos más elevados de los hoteles [1] [7] [1] [13] [11].

En China, se realizó una investigación a 310 hoteles de 5 estrellas y por las razones antes mencionadas se establecieron los valores promedio de consumo de cada hotel por metro cuadrado dependiendo del clima de la zona en que se encuentra el hotel. Se establece que para hoteles de zonas calientes con inviernos calientes se tiene un consumo eléctrico de 134 kWh/m² a 210 kWh/m² anual [11].

El estudio chino es de utilidad pues muestra datos variados y recientes, ya que el estudio toma datos del 2016 y años anteriores [11] y los corrobora otro estudio chino que menciona que los consumos en hoteles de 4 estrellas promedian de 100 kWh/m² a 200 kWh/m² [8]. Hay una mejoría significativa en comparación con datos de años anteriores, como muestran los datos obtenidos en el 2005 de hoteles 5 estrellas ubicados en el Mar Mediterráneo, donde se mostraron datos de consumos anuales de 215 kWh/m² en Italia, 287 kWh/m² en España, 280 kWh/m² en Grecia y 420 kWh/m² en Francia [7].

Capítulo II. Descripción del Proyecto

Planteamiento del problema

El Hotel del sur actualmente no cuenta con información que demuestre el impacto que tienen el consumo, uso y eficiencia energética en el hotel. No se tienen políticas energéticas que definan el norte que tiene el hotel en esta materia.

Se sabe que a nivel internacional se tiene un consumo anual en hoteles de 5 estrellas menor a los 210 kWh año/m², pero al carecer de información se desconoce si el consumo del hotel es mayoro menor a este valor.

El hotel está realizando un cambio en su instalación eléctrica y ha realizado inversión en energías limpias, pero se desconoce el impacto que tuvieron estas, ya que a nivel de factura eléctrica no se denota la mejora esperada.

Se nota que el hotel tiene intenciones de mejorar su situación energética pero como no se tienen datos, las decisiones se toman sin tener una idea real del problema a solucionar.

Tabla 1. Definición del problema.

		Dato	Referencia
Debiera	Se debe tener datos que demuestren el consumo, uso y eficiencia del hotel, y se debe tener un consumo eléctrico anual menor a los 210 kWh/m ² .	Los hoteles de 5 estrellas de zonas calientes suelen tener consumos anuales de 134 kWh/m ² a 210 kWh/m ²	[11] [9] [10]
Desviación	El Hotel del Sur no tiene conocimiento de su rendimiento energético, por lo que se desconoce si su consumo energético es menor a los 210 kWh/m ² , que es el valor promedio de los hoteles de 5 estrellas de zonas calientes.		
Realidad	No se tiene una idea clara de los objetivos que se plantea la organización en materia energética, los proyectos energéticos se ejecutan, pero no hay datos que revelen el impacto que estos tienen en el consumo del hotel.		

Fuente: Elaboración propia.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un modelo de gestión de la energía en Hotel del Sur basado en la norma ISO 50001 para establecer el consumo, uso y eficiencia de la energía, con el fin de demostrar su impacto social, económico y ambiental.

Objetivos específico

➤ Determinar el uso de la energía del hotel mediante la creación de un balance energético, por zonas y equipos, para la identificación de los usos significativos de la energía a través de los criterios establecidos por la ARESEP y la norma ISO 50002.

Indicador de logro: Informe del balance de energía, Gráficas de energía de las zonas más significativas y lista de equipos con consumos significativos.

➤ Definir la línea base de consumo energético según el tipo de energía, además de índices de desempeño energético que sirvan para comparar el rendimiento energético del hotel con años anteriores.

Indicador de logro: Informe de índices a utilizar, este contiene los valores a línea base.

➤ Desarrollar un prototipo para el monitoreo en tiempo real del rendimiento energético del sistema electromecánico más crítico según un análisis de criticidad.

Indicador de logro: Prototipo del medidor de rendimiento energético instalado con sus datos accesibles desde una computadora en el hotel.

➤ Desarrollar un cuadro de mando integral a través de la medición del rendimiento energético que muestre el impacto de este en la rentabilidad del negocio y compare el consumo energético con el de hoteles a nivel mundial.

Indicador de logro: Cuadro de mando integral con índices energéticos que refleje el impacto del rendimiento energético en la rentabilidad del negocio, comparar el consumo del hotel con hoteles nivel mundial y se puedan verificar cuando la administración así lo desee.

Alcance general

La intención es brindar una herramienta que ayude al crecimiento del Hotel del Sur, que permita el uso de los datos en materia energética y que sirva como un precedente para los hoteles de la zona sur que demuestre que es posible gestionar la energía en un hotel.

El proyecto es exploratorio, ya que es poca la documentación a nivel nacional que se tiene sobre gestión energética en hoteles.

Se tiene la intención que el presente proyecto sirva para concientizar sobre el impacto que tiene la gestión de la energía en el ámbito social, ambiental y económico.

Justificación

Los hoteles a nivel mundial tienen distintas necesidades energéticas dependiendo de la zona y el tipo de hotel que sea. El Hotel del Sur es un hotel de cuatro estrellas, por lo que cuenta con múltiples servicios que requieren de energía como el spa y los restaurantes [5]. La tendencia actual es que los hoteles de 5 estrellas buscan tener consciencia de la energía que consumen, porque conocer el impacto que esta tiene a nivel económico y ambiental ha demostrado tener efectos en la rentabilidad del negocio [11]. Como prueba de esto la estrategia comercial del turismo de Costa Rica se basa en turismo eco-amigable [2] [3] [14].

Precisar los consumos significativos es importante porque no es igual en todos los hoteles, existen hoteles donde uno de los consumos energéticos más significativos es el área de restaurantes, zona que generalmente es alimentada por gas natural o gas licuado petróleo y electricidad [10]. Mientras que otros hoteles tienen su mayor consumo en las habitaciones donde el consumo mayoritariamente es eléctrico [11] y en otras zonas del mundo gas natural por temas de calefacción [7].

Pero la tendencia es que generalmente los servicios que más consumen son los servicios de climatización del recinto, ya sea para calefacción o enfriamiento de este [1] [7] [10] [11]. Este consumo no siempre tiene una relación directa con la cantidad de habitaciones o huéspedes en el recinto, pues también influyen variables como el clima y la arquitectura del hotel [11].

Estudios muestran que el consumo total anual de hoteles 5 estrellas en zonas de invierno caliente suele ser menor a los 210 kWh/m², pero se encuentran casos con consumos de 245 kWh/m², esto en datos del 2019 [11]. Por eso se toma el valor de 210 kWh/m² como esperable para el hotel, pero este puede ser menor, pues se presentan consumos de 134 kWh/m² en las mismas condiciones [11].

La utilización de fuentes energéticas que emiten dióxido de carbono como el búnker, gas natural y gas licuado petróleo es normal en la industria hotelera mundial [1] [7] [12] [11], pero estos no contribuyen a la imagen de Costa Rica como destino amigable con el ambiente por lo que el ICT insiste en la selección de fuentes de energía ecológicas de modo que esa imagen de país verde siga generando resultados como los vistos en la última década [4].

El conocer los usos, eficiencia y consumos de energía ayuda a establecer objetivos y facilita la toma de decisiones en materia energética, permite establecer prioridades y comparar con datos de distintos hoteles a nivel mundial [15] [1] [9].

Los sistemas de gestión energética dan ese valor agregado de la constante mejora, pues al tener un objetivo definido la organización sabe cuál es el rumbo que está siguiendo [15] [1] [9] y la aplicación de monitoreo en tiempo real ayuda a que estos índices sean más exactos y que estén al alcance de quienes toman las decisiones en cualquier momento, así si se necesita verificar el comportamiento de un índice este puede ser consultado inmediatamente con datos recientes [1] [10].

Limitaciones

La principal limitante es la pandemia por la enfermedad COVID-19 que va a tener repercusión en las mediciones que se realicen pues, aunque el Hotel del Sur ha hecho una labor enorme para mantenerse en funcionamiento, la realidad es que los datos en tiempo real que se obtengan y los datos previos a la pandemia son la consecuencia de contextos vastamente distintos

Se tiene la limitante de confidencialidad en datos de hotel, como: consumo, facturas y cantidad de clientes.

Se tiene la limitante financiera pues cualquier presupuesto adicional al prototipo se deberá solicitar con la gerencia del hotel, quienes lo presentarán a la Junta oportunamente.

También se tiene la limitante de que el hotel no permite que se realicen bloqueos de habitaciones, pues el hotel suele tener por lo menos media capacidad todos los días. Así que todas las mediciones o conexión de sistemas se deben hacer con los sistemas energizados.

Y se tiene la limitante de conocimiento, pues la administración o en general el *staff* del hotel es administrativo y no se cuenta con ningún empleado con conocimiento ingenieril ni técnico en energía. Por este mismo motivo no se tienen ciertos datos o estos están tomados de manera incorrecta.

Capítulo III: Marco teórico

Modelo de Gestión Integral de la Energía (MGIE)

Un sistema de gestión energética es una estructura en la que se define una política, los objetivos y las responsabilidades que asume la institución [16]. Esta estructura está formada por distintos elementos que interactúan para definir una política y objetivos energéticos, evalúan e implementan acciones para el cumplimiento de estos objetivos [15].

La definición de modelo es “Arquetipo o punto de referencia para imitarlo o reproducirlo.” [17]. Por lo que en el caso de un modelo de gestión energética, es un acercamiento al sistema mostrado en la norma ISO50001, se toma la norma como referencia para imitarla, pero según las capacidades de la organización. Esto se realiza en organizaciones donde todavía no se tiene capacidad para efectuar el SGEN como tal.

Definiciones y términos de importancia

Para que esta estructura conocida como SGEN se establezca y se lleve a cabo existen una serie de datos, índices, objetivos y metas que sirven como documentación que evidencia y comunicación entre las partes, esto comprende términos como los que se muestran a continuación:

Objetivo energético: resultado o logro específico para cumplir con la política energética de la organización [15].

Desempeño energético: resultado de la relación entre el uso, consumo y eficiencia de la energía [15].

Indicador de desempeño energético (IDEn): valor cuantitativo que determina la organización en sus objetivos [15].

Equipo de gestión de la energía: personas responsables de implementación de las actividades de SGEN y de la realización de mejoras en el diseño energético [15].

Política energética: declaración donde la organización establece sus intenciones y direcciones en relación con su desempeño energético [15]. Esta tiene que ser adecuada a la organización, la organización debe comprometerse con ella ya sea con información o recursos que se deben implementar para el seguimiento de esta.

Revisión energética: demostrar mediante datos el desempeño energético en búsqueda de oportunidades de mejora [15].

Meta energética: valor cuantificable del desempeño energético, este indica cuando se cumple un objetivo energético [15].

Uso de la energía: aplicación en la que se consume la energía [15].

Eficiencia energética: proporción cuantitativa entre el desempeño del equipo analizado [15].

Parte interesada: persona o grupo de personas que se ven afectados por el desempeño energético [15].

Las labores de gestión de la energía pueden ser realizadas tanto por un empleado de la organización como por una persona externa que realice esta labor, esto último sucede porque generalmente no todos los recintos tienen una persona lo suficientemente capacitada para realizarla. Depende de cada organización si se contrata a una persona para que sea el administrador de este sistema de gestión, si se necesita que esta tenga alguna capacitación adicional los conocimientos en materia energética o si se necesita un equipo para la gestión del sistema [18].

También, tiene que existir una junta que se encargue de gestionar la energía mediante este sistema. La determinación de esta junta es de vital importancia pues son los encargados de mantener el MGIE, y sus funciones son: preparar las políticas energéticas, verificar el rendimiento del MGIE, identificar fortalezas y debilidades en el MGIE, aprobar procedimientos a realizar alusivos el MGIE, aprobar los EnPIs, revisar la información, monitorear la implementación del MGIE, preparar y aprobar los planes y metas energéticas, revisar las políticas, metas e índices del MGIE de modo que se mantenga una continua mejora de este [19]. La junta energética es deseable que esté formada por un miembro de cada área que se ve afectada por el consumo energético, los departamentos deseables en la junta de energía son: operación y mantenimiento, estructuras, proveeduría o compras, ingeniería, finanzas o contaduría, ambiente y seguridad laboral y gestión de proyectos.

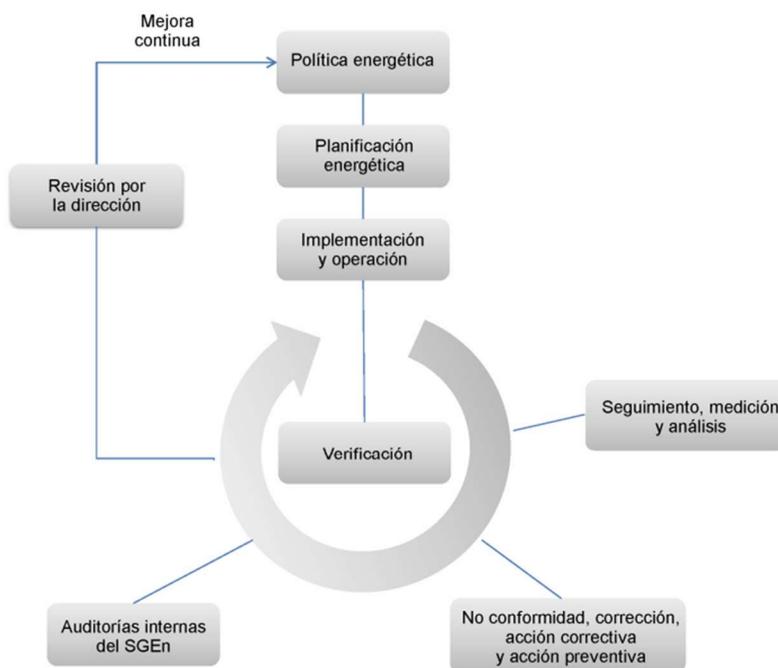
En un SGEN todos son responsables del correcto funcionamiento de este, por lo que la norma recalca las responsabilidades de cada parte involucrada en el SGEN. Primero está la organización, esta debe mantener la documentación que establece, mejora, implementa las tareas de la norma, después está la alta gerencia, que es de gran importancia pues tiene que comprometerse con el SGEN, permitir el equipo de gestión de la energía, mejorar el sistema y mejorar continuamente el SGEN [15].

La norma además propone un representante de la alta gerencia que sea el encargado de mantenerla informada del estado del SGEN y de buscar que este se mantenga en continua mejora y cumplimiento de los objetivos energéticos planteados.

Mejora Continua

El SGEN no puede ser estático, su principio es la constante mejora, por lo que cuando ya se tenga en funcionamiento se debe tener una política energética que se tome como base de la planificación de acciones para mejorar el consumo, uso y eficiencia energética, se implementen estas acciones y se verifique el estado del SGEN. La verificación se realiza mediante mediciones, análisis, auditorías energéticas y correcciones [15].

Figura 3. *Etapas de un SGEN.*



Fuente: [15]

Auditoría energética

La auditoría energética es un proceso de revisión de todo el inmueble, haciendo énfasis en las cargas que se alimentan de los distintos sistemas proveedores de fuentes de energía. Esta inspección es realizada por el auditor energético, que es una persona con conocimientos en ahorro energético, preferiblemente se busca un ingeniero [19].

Los niveles de la auditoría energética son tres, la literatura consultada nombra estos niveles de distinta manera, pero a grandes rasgos estos niveles son los mismos.

El primer nivel, la literatura se refiere a este como el “Walk-through audits” [19], lo que en español sería un análisis caminando por el recinto, esto porque a grandes rasgos así es, el análisis en su mayoría consiste en caminar por el recinto y ver posibilidades de ahorro, estas serán más o menos dependiendo del conocimiento del auditor y del estado del recinto. Pero no solo consiste en eso, este análisis hace una revisión de las facturas derivadas de consumos energéticos y conversa con el personal en busca de testimonios que enriquezcan el estudio [18].

El segundo nivel incluye el análisis hecho en el primer nivel, pero se le suma la toma de datos obtenidos de mediciones hechas a las distintas fuentes de energía. En este análisis ya se empiezan a valorar mejoras y se debe mostrar la rentabilidad de estas, mediante ahorros potenciales en esta mejora y retorno esperado de la inversión. Las tareas de una auditoría de nivel 2 pueden incluir: comparar la ocupación del hotel con los datos de facturas o mediciones hechas, comparar con empresas similares a nivel mundial y análisis de los distintos usos de energía [18] [19].

El tercer nivel incluye los datos obtenidos en los niveles de auditoría 1 y 2, este es un análisis de mayor detalle, contiene aspectos de facturas, monitoreos, comparaciones con variables de consideración como el clima y demás detalles. En este tipo de auditoría la información es analizada a detalle, se establecen patrones y también se suele recurrir a la simulación, todo esto para obtener datos que permitan analizar la situación del inmueble con la intención de mejorar el uso, consumo y eficiencia de la energía [18] [19].

Índices de Eficiencia Energética (EnPIs)

Estos se utilizan para medir el desempeño de la organización, están adecuados a esta y se basan en literatura que permita comparaciones de estos con otros sistemas similares [15].

Línea base energética

Para conocer el uso general de la energía existen varios métodos, en los modelos de gestión energética se suelen utilizar las líneas base energéticas, que básicamente muestran el uso y consumo energético que se presentó en el recinto durante al menos un año; es deseable que para determinar la base energética se utilice por lo menos un año [18].

Para armar la línea base energética es necesario establecer la variable más relevante, esta se obtiene estableciendo comparaciones entre los datos y buscando correlación entre ellos [18] [19], para determinar

la relación se debe revisar el coeficiente muestral de determinación (r^2), entre más cercano sea este a 1 más exactitud tienen estos con la línea de tendencia y mediante la regresión lineal se pueden establecer valores [20].

Cuadro de mando integral

El cuadro de mando integral según Kaplan y Norton traduce la estrategia y visión de una empresa a un conjunto de indicadores. Este traduce una idea a una serie de datos que permiten conocer si se cumple con lo que se anota en la misión y visión de la empresa.

Este tiene 4 perspectivas propuestas por la literatura [21], estas son:

Perspectiva financiera: busca resumir las consecuencias económicas que tienen las acciones que se tomen, se establece un mínimo aceptable y si este se cumple el objetivo se cumple.

Perspectiva cliente: esta perspectiva generalmente busca conocer la satisfacción del cliente y por consiguiente si se mantienen los clientes, si la cantidad de estos tienen una tendencia a la baja o si esta mejora.

Perspectiva del proceso interno: busca principalmente dos cosas, primero, que mediante los procesos internos se retengan o aumenten los clientes, y segundo, que los accionistas o en este caso la junta vea que mediante los procesos internos se está consiguiendo un ahorro o una mejora.

Perspectiva formación o crecimiento: busca indicar el conocimiento adquirido, esto tiene repercusiones a largo plazo.

Industria 4.0

El término industria 4.0 se empieza a utilizar en Hannover, Alemania en el año 2011, en ese momento se mostró la relevancia de prestar atención a distintos tipos de tecnología que estaban empezando a formar parte de la industria como el “Internet de la Cosas”, “Internet de las Personas”, “Sistemas Ciber-Físicos” y el “Internet de la Energía” [22].

A grandes rasgos la industria 4.0, o la cuarta revolución industrial, hace referencia a la tendencia actual del mercado global de intercomunicar los sistemas, recolectar y analizar datos y descentralizar las redes para mejorar la rentabilidad de un negocio [23] [24].

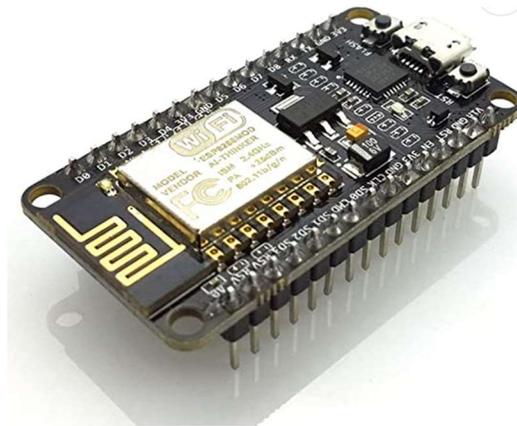
Prácticas como monitoreos en tiempo real, análisis de datos y ciberseguridad cada vez son más comunes. El monitoreo de condiciones y el análisis para favorecer la rentabilidad de un negocio es cada vez más

deseado y común [24]. Las normas se están acoplado a estas tecnologías, la norma ISO 50001 valora el monitoreo cómo una opción más que adecuada para tener claridad del consumo energético [15] [25].

Medidor de corriente

NodeMCU: el dispositivo NodeMCU está basado en el ESP8266, este es de código abierto y es ideal para el prototipado de dispositivos que utilicen el internet de las cosas. Este se programa desde el IDE de Arduino, por lo que el costo del dispositivo es únicamente el costo del material pues para su ejecución se usan productos de código abierto, por lo tanto, no comerciales [26].

Figura 4. NodeMCU.



Fuente: [26]

SCT-013: este mide la corriente alterna y entrega una tensión dependiendo de la corriente que pase por el conductor que se mide, esto depende de la capacidad que tenga el medidor de corriente adquirido [27].

Figura 5. Dispositivo SCT 013.



Fuente: [27]

Amplificador operacional LM358: este es un amplificador de onda, en este caso se utiliza para aumentar la tensión que entrega el sensor SCT 013 [28].

Thingr: plataforma que proporciona una API que permite la recolección de datos, ideal para proyectos que involucren el internet de las cosas [29].

Modelo tarifario del ICE

Tarifa TMT: la tarifa de media tensión es un régimen de pago en el que la electricidad tiene un costo según el horario de uso. Tiene 3 costos distintos según la franja horaria, estos serían punta, valle y noche. Estas franjas horarias son las siguientes:

Punta 1: entre las 10:01 y las 13:00 horas

Punta 2: entre las 18:01 y las 21:00 horas

Valle 1: entre las 05:31 y las 10:00 horas

Valle 2: entre las 13:01 y las 18:00 horas

Valle 3: entre las 21:01 y las 23:00 horas

Nocturno: entre las 23:01 y las 05:30 horas

La electricidad consumida en cada periodo se multiplica por el costo del kWh en ese periodo y se suma al consumo en los otros periodos para obtener el monto por consumo, luego se obtiene la demanda máxima

en cada periodo y se cobra por el costo de cada kW en máxima demanda. La máxima demanda de cada periodo también se suma para obtener la demanda total.

Tarifa TMTb: esta es una tarifa en la que la demanda se cobra menos pero el consumo en hora pico es mayor, se les otorga a clientes con consumos mayores a 1 000 000 kWh/mes y que tengan al menos una demanda de 1 000 kW [30], actualmente también se puede obtener esta tarifa mediante la certificación 500001 [31].

Capítulo IV: Metodología

Tabla 2. Metodología que realizar.

Objetivo específico planteado	Actividad por realizar	Fuente de información	Análisis de datos con criterios estadísticos	Resultados esperados (entregables)
Determinar el uso de la energía del hotel mediante la creación de un balance energético, por zonas y equipos, para la identificación de los usos significativos de la energía a través de los criterios establecidos por la ARESEP y la norma ISO 50002.	Identificar las fuentes de energía del hotel. Realizar un inventario de equipo. Realizar un balance energético que muestre el rendimiento energético en la zona de recepción, habitaciones y Restaurante La Troja.	Tarifas ARESEP Recibos de luz, gas LP y demás fuentes de energía. Catálogos de equipos. Lista de equipos.	Criterios establecidos en la norma ISO 50002. Criterios financieros y de rentabilidad.	Informe del balance de energía, lista de equipos con consumos significativos y lista de consumos por área.
Definir la línea base de consumo energético según el tipo de energía, además de índices de desempeño energético que sirvan para comparar el rendimiento energético del hotel con los años anteriores.	Definir indicadores según la norma ISO50006, los datos obtenidos en el balance de energía y la visión, misión y objetivos de la empresa.	ISO 50006. Balance de Energía. Tarifas ARESEP. Misión, visión y objetivos de la empresa.	Se utilizan los criterios de la norma ISO50006, además de criterios estadísticos y técnicos, también criterios utilizados en las fuentes citadas para facilitar la comparación.	Informe de índices a utilizar, este contiene los valores a línea base y los índices energéticos.
Desarrollar un prototipo para el monitoreo en tiempo real del rendimiento energético del sistema electromecánico más crítico según un análisis de criticidad.	Realizar un análisis de criticidad para seleccionar el equipo a monitorear. Construir un medidor que aporte datos para determinar el consumo energético del equipo seleccionado.	Manual SCT-013 Catálogo IEE. Base de datos biblioteca. Ejemplos de medidores referenciados [10] [32].	Índices obtenidos. Ejemplos de monitoreo referenciado.	Prototipo del medidor de rendimiento energético instalado con sus datos accesibles desde una computadora en el hotel.
Desarrollar un cuadro de mando integral, a través de la medición del rendimiento energético que muestre el impacto de este en la rentabilidad del negocio y compare el consumo energético con el de hoteles a nivel mundial.	Consultar los objetivos, misión y visión. Establecer los índices a seguir en cuadro de mando integral basándose en los índices obtenidos en el objetivo 2.	Misión y visión de la empresa. Índices de desempeño energético obtenidos.	Índices obtenidos en la norma ISO 50006. Objetivos de la empresa.	Cuadro de mando integral con índices energéticos que refleje el impacto del rendimiento energético en la rentabilidad del negocio y se puedan verificar cuando la administración así lo desee.

Capítulo V: Auditoría energética y balance energético

En el presente capítulo se desarrolla el primer objetivo específico que consiste en realizar la auditoría energética. Al tratarse de un modelo de gestión integral de la energía este utiliza como referencia para su auditoría la norma ISO50002 [25], pero también se apoya en literatura de sistemas de gestión no alineados con la norma ISO50001 [18] [19]. Esto porque el hotel no cuenta con toda la información o se cuenta con ésta pero el recabar esta información implica que un empleado salga de sus funciones por un lapso considerable para conseguirla y durante la reunión preliminar se permitió la auditoría siempre y cuando no implique sacar de sus funciones a un empleado. De igual manera el personal fue de ayuda para obtener la información acá presentada.

Auditoría energética

Se realizó en primera instancia la reunión con el jefe de instalaciones, esta según lo establece la norma ISO50002 [25]. Se coordinó con quién se debía recabar la información, el acceso a las instalaciones, se preguntaron las normas de seguridad y se coordinó el procedimiento para declarar cualquier situación inusual que se encontrara. Las reglas de la auditoría fueron las siguientes: el estudiante tiene que solicitar cualquier acceso por medio del radio de intercomunicación de los empleados, el jefe de instalaciones se encarga de recibir cualquier reporte de alguna irregularidad y se puede solicitar información a cualquier empleado del hotel, este está en la obligación de brindar información no confidencial siempre y cuando esto no intervenga con sus labores.

Luego se procedió con las preguntas previas a la auditoría, con el personal que opera el hotel. Se preguntó a las personas que laboran en el hotel las prácticas realizadas en este. Se observó que las personas encargadas del mantenimiento no tienen conocimiento de la red eléctrica, se mostró un desconocimiento de la cantidad de tableros que presenta el recinto. Los empleados del recinto mencionaron que las fallas eléctricas no son algo de todos los días, pero sí son bastante comunes, entre las fallas que mencionaron la principal es que ciertos equipos se apagan cuando el hotel está más lleno o tienen varios eventos en el hotel, el encargado de mantenimiento mencionó que esta falla se debe a que se cae la tensión.

Posteriormente se realizó la auditoría nivel 1 o auditoría caminando por el recinto. Entre lo observado durante este proceso de auditoría se notaron prácticas que entorpecen la eficiencia eléctrica tanto en cocina como en habitaciones. En esta etapa se buscan las condiciones que entorpezcan el uso, consumo y eficiencia del recinto. Las condiciones encontradas son las siguientes:

- Se observó como durante el proceso de cocina los refrigeradores en varias ocasiones se encontraban abiertos, por lo apresurado que es el proceso de cocina en las mañanas, que es cuando prácticamente todo el hotel consume el desayuno.
- Se observó que los ventiladores del inflable ubicado contiguo a la piscina para niños trabajan prácticamente todo el día y los periodos que este es utilizado son pocos, se desconoce si este se mantiene inflado por un tema estético, pero de no ser así se podría generar un ahorro al reducir los horarios de uso del inflable o colocar una directriz de que si se desea usar este se debe solicitar ya sea en el bar el Palenque o en el gimnasio que se encuentran al frente del inflable.
- Se observó que las bombas se encienden a las 6 y hacen su mayor consumo porque hacen una labor de limpieza, al filtrar la totalidad de agua de la piscina, hora a la que empieza el horario de valle, por lo que se recomienda empezar a las 5:30AM, ya que se realizaría la misma acción con una tarifa más baja.

Se consultó la información de facturación eléctrica, se obtuvo desde abril del 2021, por lo que se redactó una solicitud a las oficinas del ICE solicitando el histórico de consumo eléctrico, mismo que se muestra en el Anexo A multiplicado por un factor de confidencialidad. Este fue de gran ayuda para recuperar información del comportamiento eléctrico previo a abril del 2021 y de paso se utilizó para tener noción de cuánto fue el gasto eléctrico del hotel durante el cierre casi total de los primeros meses de la pandemia por COVID, es decir, los meses de marzo y abril del 2020. Pero estos datos no se desglosan en la factura, solo se muestra el consumo, la demanda máxima y los distintos montos a pagar, no muestran datos como el consumo que realiza el hotel en las distintas franjas horarias.

También se consultó información de la facturación del gas licuado petróleo, pero los informes anteriores a abril del 2021 muestran datos que no concuerdan, esto porque todos los días se toma el dato del porcentaje del cilindro de gas que se encuentra lleno, pero en múltiples ocasiones este no se toma, se colocan los datos de compra y consumo del GLP, pero no concuerdan estos datos, se cree que se realizaron compras que no se registraron, es decir, que se rellenó el tanque, pero no se registró. Se consultó esto en Proveeduría, pero se indicó que el encargado de esta labor ya no está con el hotel y la forma en la que tomaba la medición era errónea en múltiples ocasiones, o así le hicieron notar los demás departamentos a Proveeduría. A pesar de la falta de datos así se concluye el nivel 1 de la auditoría según lo que establece la literatura consultada [18] [19].

A pesar de los inconvenientes en la recolección de datos la auditoría se procedió a realizar de nivel 2, analizando la información que el hotel disponía. Se tomaron los datos de consumo y demanda más detallados, como no se tenían facturas de meses anteriores a agosto, no se tiene el detalle de los consumos hasta enero del 2021, por lo que se colocan los meses de enero y febrero del 2022 para ver el comportamiento de la demanda el consumo a lo largo de un año.

Tabla 3. Detalles facturación marzo 2021-febrero 2022.

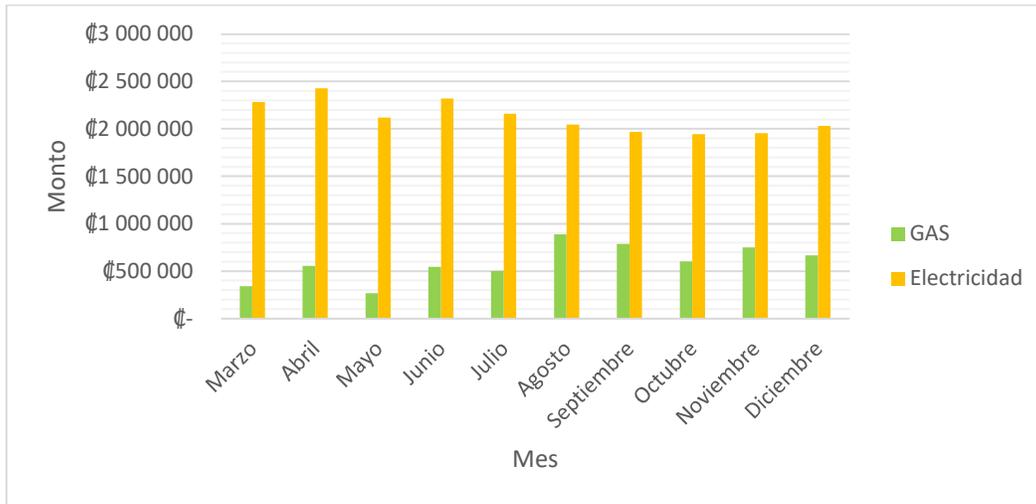
	Consumo (kWh)			Demanda (kW)		
	Punta	Valle	Noche	Punta	Valle	Noche
Marzo	5 631	9 180	8 446	70,14	71,85	64,5
Abril	6 120	11 138	9 425	67,93	70,25	64,02
Mayo	5 141	9 792	8 568	64,26	63,89	54,22
Junio	5 875	10 894	9 670	60,83	82,25	55,57
Julio	5 508	9 792	9 302	71,97	64,38	66,63
Agosto	5 385	9 914	9 058	59,24	71,48	61,44
Septiembre	5 386	9 914	8 446	55,69	59,98	56,76
Octubre	5 508	9 914	8 813	64,26	62,18	56,06
Noviembre	5 385	10 159	9 302	65,36	61,08	57,28
Diciembre	6 120	11 383	10 037	59,61	66,1	60,59
Enero	7 221	12 485	11 870	72,34	73,68	64,87
Febrero	7 100	12 852	11 873	72,34	73,68	64,87

Fuente: Facturas del hotel.

En las facturas mostradas en el Anexo A se puede ver que el hotel suele pagar más de la mitad de la factura por demanda y el resto de los montos resultan ser menos de la mitad de la factura, esto se comprueba en la tabla anterior, pues el consumo en valle y punta es más elevado en todos los meses y consumo es mayoritariamente en valle.

Además, se tomaron los datos de consumo eléctrico de esta acometida en el año 2021 y se compararon con los datos de consumo de gas y consumo de agua. Estos se ubican en el Excel de consumos y se grafican en la figura a continuación. Los datos obtenidos se observan en los Anexos A y B.

Figura 6. Montos de facturas eléctricas y de GLP.

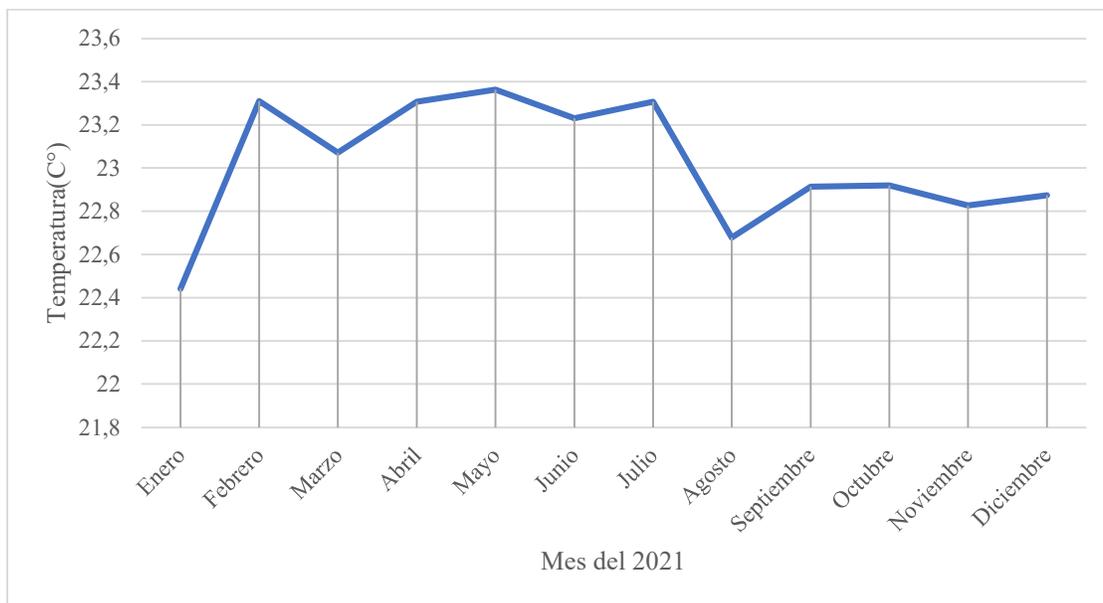


Fuente: Anexos A y B.

A nivel de consumo se puede ver que el mayor consumo del hotel se presentó en abril. El consumo de gas según el personal de restaurante responde más a la cantidad de eventos que se hacen y la cantidad de huéspedes. Pero esto último no se puede comprobar porque no se pudo acceder a los datos de eventos.

Como se observó que a nivel internacional la temperatura es un factor determinante en el consumo de los hoteles [11] se decidió registrar el valor de temperatura, para esto se accedió a la base de datos Visual Crossing [35] y sus datos fueron comprobados con los del Instituto Metrológico Nacional [33].

Figura 7. Condiciones climáticas presentadas durante el año 2021.



Fuente: [33]

La información del clima es relevante pues en la recepción del hotel se afirma que el hotel tiene una afluencia bastante regular a lo largo de todo el año. Pero con la particularidad de que en días festivos o vacaciones se tiene una mayor afluencia de familias y durante periodos laborales se tiene una mayor afluencia de personas que por motivos laborales se encuentran en Pérez Zeledón. Por lo que se recopilieron los datos de temperatura promedio a lo largo del día y se compararon con el consumo eléctrico. Esto porque el consumo eléctrico es el único que puede tener una relación con la temperatura, ya que el agua se utiliza solo para necesidades básicas, riego de zonas verdes y llenado de piscinas; y el gas se utiliza únicamente en la zona de cocina y lavandería, por lo que lo único que puede variar este consumo es el número de huéspedes y clientes del restaurante.

Tabla 4.Comparativas habitaciones rentadas, monto de factura por electricidad y temperatura.

Mes	Monto Consumo Electricidad	Temperatura(°C)	Habitaciones rentadas
Enero	₡ 1 983 470	22,39	792
Febrero	₡ 2 360 500	23,26	886
Marzo	₡ 2 284 185	23,11	1007
Abril	₡ 2 427 630	23,49	1038
Mayo	₡ 2 118 525	23,26	761
Junio	₡ 2 319 675	23,22	919
Julio	₡ 2 160 310	23,20	1164
Agosto	₡ 2 044 690	22,70	930
Septiembre	₡ 1 966 070	22,8	957
Octubre	₡ 1 945 205	22,82	851
Noviembre	₡ 1 952 655	22,76	895
Diciembre	₡ 2 032 265	22,82	1028

Fuente: Suministrados por el hotel y [33].

Balance de energía

Luego, para el balance de energía se realizó un levantamiento de los equipos, esto mediante una lista con los equipos con consumos considerables, tomando como referencia equipos cuya potencia nominal supera un 1HP, es decir, cuyo consumo supere los 746 W, en algunos casos se realizaron excepciones, por ejemplo en cocina sí se valoraron equipos de menor potencia a un caballo de fuerza, esto porque cuando hay eventos se utilizan varios de estos productos en simultáneo y juntos sí representan un consumo importante de energía para el hotel. Mismo caso sucede con las luminarias, se colocan como un conjunto pues estas representan un consumo importante.

En los equipos que consumen gas dentro de la zona donde se hace el estudio están los equipos de cocina, por lo que constituyen plantillas, cuyo consumo nominal es desconocido y no se tienen medios para realizar esta medición, se consultaron los informes de consumo y compra de gas del Anexo B, se compararon con el consumo eléctrico mostrado en el Anexo A, mediante la relación propuesta en la literatura [18] que menciona que 1 litro de gas LP equivale a 7,25 kWh.

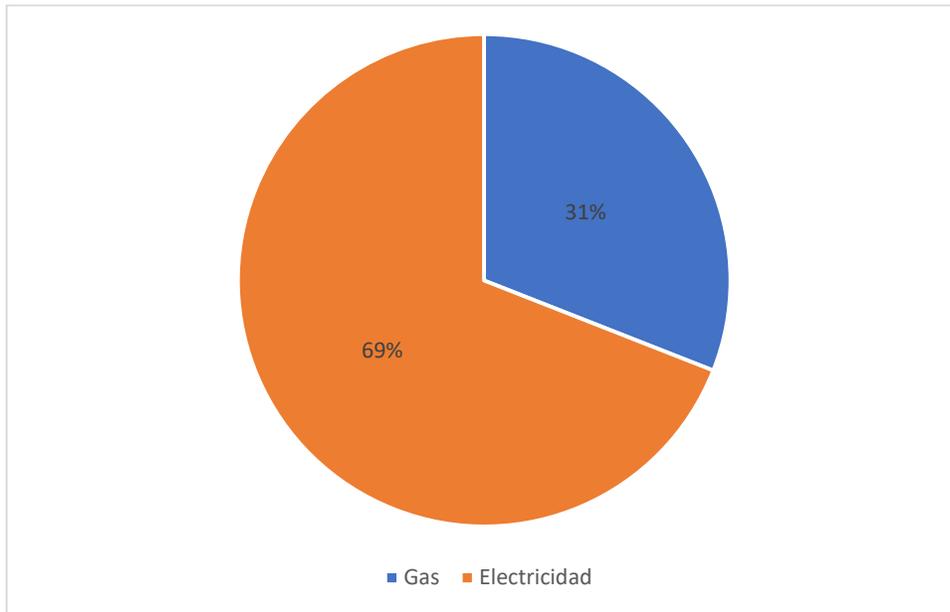
Se obtuvieron como resultados la siguiente tabla y el siguiente cuadro. Es el equivalente al consumo desde el inicio de marzo del 2021 hasta el final de febrero del 2022, esto porque previo a marzo la información del gas es incompleta y se desea ajustar el año para compararse con hoteles a nivel mundial, como posteriormente se mostrará en el cuadro de mando integral.

Tabla 5.Consumo en kW según su fuente.

	Electricidad(kWh)
Gas(kWh)	
140 200,5	312 607

Fuente: Anexo A y B.

Figura 8. Fuentes de energía utilizadas en el hotel.



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico anterior se observa que en su gran mayoría el consumo que realiza la zona estudiada del hotel es eléctrico por lo que el MGIE se va a aplicar a la acometida eléctrica, con la intención de que eventualmente el hotel implemente el SGEEn valorando todo el hotel y ambas fuentes de energía.

Para la parte eléctrica primeramente se debe ubicar la totalidad de artefactos conectados a esta, así como los ramales que conforman esta red, para eso se realizó el Apéndice D y se revisaron los planos eléctricos del hotel, donde se observa el diagrama unifilar preliminar de la instalación, mismo que será cambiado en el proceso de cambio de instalación eléctrica, se tienen 19 centros de carga ubicados en la red, entre tableros y subtableros. De estos, el tablero principal es uno y de este salen 5 alimentadores de 3 fases que alimentan los tableros designados como TA, TB, TC, TD y **TE**, luego se tienen dos disyuntores colocados de manera incorrecta, pues salen de una doble conexión del disyuntor principal del tablero principal, de esta doble conexión se obtienen los tableros **TE**, TF, TG, TH y TI, esto porque se realizan múltiples conexiones en los bornes de entrada de los tableros. El resto de los centros de carga son subtableros, su distribución se muestra en el Apéndice D. Esto puede explicar las caídas de tensión en el hotel, pero no las confirman del todo. Esta labor se hizo porque sin identificación era difícil ubicar los equipos de mayor consumo y uso.

Los equipos que se tienen se muestran en la siguiente tabla, en Apéndice B se encuentran los detalles vistos en tablas y mediciones realizadas en campo.

Tabla 6. Equipos con consumos considerables.

Equipo	Marca	Modelo	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	Zona	Tablero
Bomba agua caliente	Leo	APm37	120	0,5	60	Piscina	TD
Bomba piscina	Foras	P5-250/5	220	11,7	2 574	Piscina	TI
Bomba piscina	Foras	P5-250/5	220	11,7	2 574	Piscina	TI
Resistencia 1	Genérico		120	10,6	1 272	Habitaciones	TD
Resistencia 2	Genérico		120	10,6	1 272	Habitaciones	TD
Batidora	SPAR	Sp-500	120	2,5	300	Cocina	TG
Batidora industrial	Hobart	A-200-1	120	8,2	984	Cocina	TG
Horno	Venix	T032M.110	120	12,5	1 500	Cocina	TH
Refrigeradora pollo		No visible	120	4	480	Cocina	TG
Refrigerador Mastertech	Mastertech	MTS309s1AW	120	4	480	Cocina	TG
Enfriador Dos Pinos		No visible	120	6	720	Cocina	TH
Refrigerador grande puerta de vidrio			120	6	720	Cocina	TG
Horno	Venix		240	0,776666667	186,4	Cocina	TH
Microondas	Mabe	JES70SE	120	10	1 200	Cocina	TG
Máquina Espresso		No visible	120	16,66666667	2 000	La Troja	TJ
Refrigerador Bavaria		No visible	120	11,2	1 344	La Troja	TJ
Refrigerador presidente		No visible	120	11,2	1 344	La Troja	TJ
Congelador vertical	Sankey	RFC 756	120	4,2	504	La Troja	TG
Congelador vertical#2	Frigidaire	FFCC07C3HQW	120	4	480	La Troja	TH
Refrigerador 3 puertas		No visible	120	15	1 800	La Troja	TG
Refrigerador imperial		No visible	120	11,2	1 344	Palenque	TJ
Congelador vertical	Sankey	RFC 756	120	4,2	504	Palenque	TH
Ventilador Inflable	No visible		120	13	1 506	Piscina	TA

Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la tabla anterior se tienen equipos que son genéricos o no es visible la marca o la ficha técnica, en estos casos se hicieron mediciones en el lugar y se buscó un modelo que tuviera un consumo similar y para manejar la tabla en valores nominales.

Se ingresaron ciertos valores menores a 1 HP, esto porque se consideran relevantes, ya sea porque están en constante uso o porque consumen generalmente en conjunto con otros equipos, tal es el caso de las batidoras y hornos cuando un evento necesita repostería.

El hotel puede llegar a utilizar la totalidad de sus instalaciones desde las 6:00 AM hasta las 10:00 PM, por lo que no se dispone de un horario ya que el hotel trabaja en su mayoría como centro de conferencias para empresas y sus huéspedes suelen ser empresas que por motivos laborales deben hospedarse en el hotel. Además, el hotel recibe turistas y se está disponible para fiestas de cumpleaños, bodas y demás celebraciones, por lo que el uso de las instalaciones depende más de los eventos que se presenten y los huéspedes, que de un horario o una temporada alta.

Ya que el hotel no tiene un horario definido de cuando se consume más energía regularmente, se debe establecer este momento para hacer el balance energético, esto porque si el momento de mayor demanda es en la noche no se incluyen varios equipos de oficina cuyo horario de uso es de 8:00 AM a 5:00 PM, se sabe que en las tardes el hotel puede utilizar todos los equipos de alto consumo, por lo que el momento de mayor consumo que tiene el hotel se analizó por medio del comportamiento en facturas. El hotel solo brindó acceso a las facturas de agosto del 2021, septiembre del 2021 y los meses entre noviembre del 2021 a febrero 2022, y en el histórico que brindó el ICE no vienen los horarios de mayor demanda, solo se muestra en facturas.

Tabla 7. Horarios de máximas demandas en el Hotel del Sur.

	Punta		Valle		Noche	
	kW	Hora	kW	Hora	kW	Hora
Agosto	59, 2	19:0 9	71, 5	14:3 4	61, 4	20:1 9
Septiembre	55, 7	17:5 9	60	09:4 4	56, 8	23:3 4
Octubre*	64, 3		62, 2		56, 1	
Noviembre	65, 4	17:4 4	61, 1	16:5 5	57, 3	21:2 2
Diciembre	59, 6	18:2 4	66, 1	17:2 5	60, 6	20:1 4

Enero	72, 3	18:0 5	73, 7	17:2 2	64, 9	21:0 7
Febrero	67, 9	19:4 9	87, 8	14:3 9	65, 9	20:2 4

Fuente: Facturas del hotel.

*No se brindó la factura de octubre, se conoce su demanda por el histórico que traen facturas de los meses posteriores.

De los meses vistos en la tabla 5, solo los meses de diciembre y octubre tienen su demanda máxima en pico, los demás tienen demandas máximas en valle, en su mayoría a las 5:00 PM y los valores punta también en horas cercanas a las 5:00 PM en su mayoría, esto tiene sentido pues es una hora en la que las oficinas están cerrando, los huéspedes van llegando y encendiendo sus aires acondicionados, los eventos van terminando y las luminarias se van encendiendo. Por este motivo se toma la decisión de incluir todos los equipos en este balance, pues la máxima carga eléctrica del hotel es algo posible, aunque difícil, pues, sería poco común que toda la zona estudiada esté trabajando a la vez, pero hasta no tener un monitoreo de cada zona no se tiene otra forma de conocer este comportamiento.

Tabla 8. Consumo de las luminarias ubicadas en la zona estudiada del hotel.

Área	Cantidad	Consumo (W)	Consumo Total (W)
La Troja	55	12	660
Cocina	10	30	300
Pasillos	28	18	504
Habitaciones	350	12	4200
Recepción y Salones	100	30	3000
Parqueo	40	105	4200
Canchas de Tenis	10	105	1050

Fuente: Elaboración propia.

Según los consumos vistos en la tabla 4, tabla 6 y el Apéndice B; se tiene el consumo por zona del hotel, mismo que se detalla en la siguiente tabla:

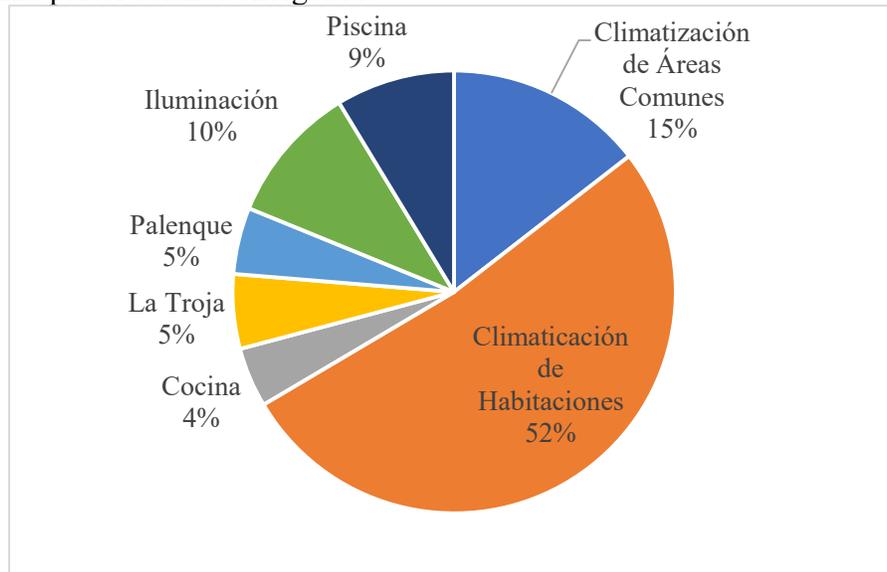
Tabla 9. Consumo nominal de la acometida estudiada.

	Potencia Nominal (W)
Climatización Áreas Comunes	19 850
Climatización de Habitaciones	70 020
Cocina	5 990,4

La Troja	7 472
Palenque	6 648
Iluminación	13 914
Piscina	11 910

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Diagrama pastel balance energético.



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6 se puede observar el consumo energético en los periodos de los que se conoce el dato. Se observó que el consumo de la cocina equivale al 31% del consumo energético del Hotel del Sur, de manera que en la zona estudiada se da un mayor consumo de electricidad que de GLP, por lo que se levantan los consumos y usos significativos en la malla eléctrica. En la figura anterior se observa a detalle el consumo eléctrico del hotel por zona y se tiene el listado de los equipos o conjunto de equipos con un uso y consumo significativo.

Capítulo VI: Línea base e índices de desempeño energético

En el presente capítulo se cumple con el objetivo específico 2, ya que, en este capítulo se disponen los distintos índices de desempeño energético y se establecen las líneas base a utilizar. Inicialmente, se colocó el dispositivo Emporia Vue Energy en el tablero TB, luego este se movió de tableros para tener más datos que sean de relevancia.

Índices de desempeño energético

La literatura consultada propone gran variedad de índices, en su mayoría para fábricas u organizaciones que vendan o produzcan un producto [18] [19] [34], también se ofrecen ejemplos de índices para empresas que brinden servicios, como lo son: energía por horas trabajadas, energía por cantidad de metro cuadrado y energía por cliente atendido [34] [18]. Los índices elegidos se muestran a continuación:

Monto en la factura según la temperatura: esta es la variable relevante porque es la que mayor coeficiente de determinación tiene, esto indica que la temperatura tiene una incidencia directa en el consumo que tiene el hotel. En la política energética el hotel se reconoce que tiene como prioridad la climatización y este junto con otros índices se establecen para demostrar la incidencia de la inversión que el hotel va a realizar. La fórmula que se va a utilizar se muestra a continuación:

$$\text{Monto de factura eléctrica según la temperatura} = \frac{\text{Monto Factura eléctrica}(\$)}{\text{Temperatura promedio mensual}(\text{°C})}$$

Para obtener los datos de clima del año anterior se utilizó la página de datos Visual Crossing [35] y se corroboró la información con la estación móvil del Instituto Meteorológico de Costa Rica más cercana al hotel, la cual es la estación de Montecarlo de Pérez Zeledón [33].

Consumo por habitación rentada: este índice es de gran relevancia para el hotel porque es el primer paso a una cultura interna en dónde se toman decisiones basadas en datos más técnicos que económicos, actualmente el hotel sí confirma cuando hay un aumento en la factura eléctrica, pero no existe una cultura de análisis de la factura, donde se pueda determinar si esta se debe en su mayoría al consumo o la demanda.

El consumo eléctrico en kWh total del hotel se divide entre cada habitación que se rentó, esto se realiza mediante la factura en la que se muestra el consumo total, este índice se plantea como un primer acercamiento a la gestión energética, la idea es que en el proceso de mejora continua el hotel registre si les es más rentable medir el consumo según los horarios de la tarifa TMT. De momento el coeficiente de correlación de las facturas del 2021 demuestra que hay una mayor correlación con el consumo general.

La fórmula de este índice es:

$$\text{Índice de consumo por habitación rentada} = \frac{\text{Consumo total mensual (kWh)}}{\text{Habitaciones Rentadas en el mes}}$$

Actualmente este índice se calcula con los datos del 2021, mismos que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 10. Consumo, habitaciones rentadas e índice de consumo por cliente.

Mes	Consumo (kWh)	Habitaciones rentadas	Índice (kWh)
Enero	23 011	792	29,05
Febrero	26 561	886	29,98
Marzo	23 257	1 007	23,09
Abril	26 683	1 038	25,71
Mayo	23 501	761	30,88
Junio	26 439	919	28,77
Julio	24 602	1 164	21,13
Agosto	24 357	930	26,19
Septiembre	23 746	957	24,81
Octubre	24 235	851	28,48
Noviembre	24 846	895	27,76
Diciembre	27 540	1 028	26,79

Fuente: Anexo A y datos del Hotel del Sur.

Monto factura eléctrica por habitación rentada: Este se utiliza ya que, junto al índice anterior, es un primer paso para analizar las facturas eléctricas y comprobar los datos obtenidos. Para obtener este índice se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Monto factura eléctrica por habitación rentada} = \frac{\text{Monto factura eléctrica (€)}}{\text{Habitaciones rentadas en el mes}}$$

El hotel actualmente tiene un indicador de cuánto es el costo de cada habitación, este es de €19415, por lo que este índice es óptimo para reconocer el costo de cada habitación. Los datos obtenidos durante el 2021 se muestran a continuación:

Tabla 11. Montos de facturas eléctricas, habitaciones rentadas e índice de monto de factura eléctrica por habitación.

Mes	Monto	Habitaciones Rentadas	Índice
Enero	₡ 1 983 470	792	₡ 2 504
Febrero	₡ 2 360 500	886	₡ 2 664
Marzo	₡ 2 284 185	1 007	₡ 2 268
Abril	₡ 2 427 630	1 038	₡ 2 339
Mayo	₡ 2 118 525	761	₡ 2 784
Junio	₡ 2 319 675	919	₡ 2 524
Julio	₡ 2 160 310	1 164	₡ 1 856
Agosto	₡ 2 044 690	930	₡ 2 199
Septiembre	₡ 1 966 070	957	₡ 2 054
Octubre	₡ 1 945 205	851	₡ 2 286
Noviembre	₡ 1 952 655	895	₡ 2 182
Diciembre	₡ 2 032 265	1 028	₡ 1 977

Fuente: Anexo A y datos del Hotel del Sur.

Índice de monto de factura de gas por habitación rentada: Este índice es el primer acercamiento para tener noción de las variables que afectan el consumo de GLP en la cocina, la cantidad de habitaciones rentadas es la única variable que se sabe que puede tener incidencia en el consumo de GLP, por lo que se empieza con este índice. La administración piensa mejorar este transformándolo en alguna otra variable, como cantidad de usuarios del restaurante. El índice es mensual y el encargado de llevarlo es el Área de Contabilidad, se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Monto de factura de gas por habitación rentada} = \frac{\text{Consumo de GLP(L)}}{\text{Habitaciones rentadas en el mes}}$$

Establecimiento de líneas base

Línea Base

Según la norma ISO50006 [34] la línea base es una referencia que permite visualizar el comportamiento de un determinado índice y predecir su funcionamiento. Para predecir el funcionamiento se debe verificar

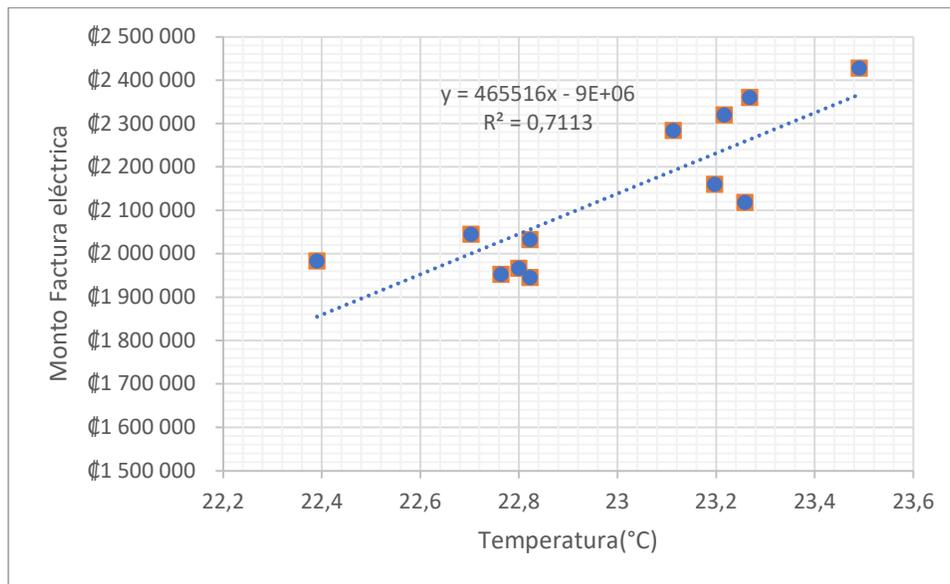
la correlación entre los datos, esto se puede hacer por medio del coeficiente de determinación, la prueba f o el valor de P, o así lo estipula la norma.

La línea base debe tener como referencia un periodo, que para el presente trabajo es de un año, pues es el periodo que la norma establece como ideal porque es el periodo más común en las corporaciones, las empresas buscan ser más rentables que el año anterior.

Líneas base de los distintos índices

Índice monto factura eléctrica por temperatura: esta es la variable más significativa, a pesar de que es significativa media, como se mencionó anteriormente, los datos en el hotel son escasos y de todos los datos obtenidos estos son los de mayor correlación.

Figura 10. Línea base índice temperatura por montos en facturas eléctricas.



Fuente: Elaboración propia.

Para saber si existe una correlación entre los datos comparados la literatura [20] recomienda utilizar el coeficiente muestral de determinación (r^2) que determina el porcentaje de valores de Y que se ven explicados por una relación lineal con los valores de X. En este caso el $r^2 = 71,13\%$, lo que indica que en un 71% de las veces responde a una relación lineal, relación que se muestra en la gráfica 2.

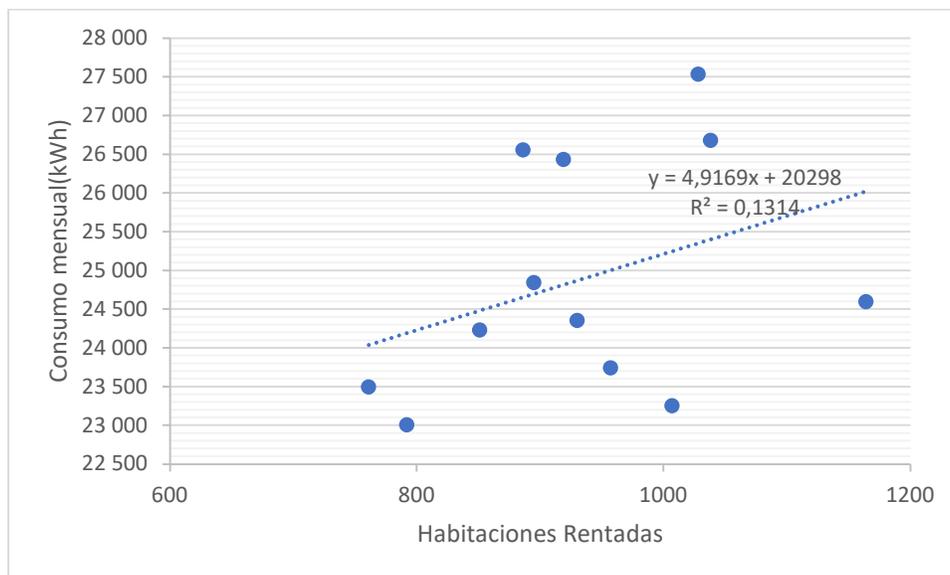
En este caso, cercano al 70% según la norma ISO50006 [34] se considera una variante menos significativa, su valor alejado de uno se puede deber a múltiples factores. Primeramente, porque el hotel no cuenta con información de la cantidad de socios que ingresan al hotel, pues estos solo pagan su mensualidad y

muestran su identificación de socio, no se sabe cuántas veces visitan el recinto., Además, no se tuvo acceso a la cantidad de eventos realizados en el hotel, pero estos sí tuvieron frecuencias muy grandes y claramente influyen en los datos, porque la tendencia se ve perjudicada en apariencia con la cantidad de habitaciones rentadas como es el caso de mayo del 2021 donde se rentaron menos habitaciones y el monto de factura eléctrica no responde a la temperatura por este motivo.

Consumo eléctrico por habitación rentada: se buscó si existe una relación entre el monto pagado en la factura de electricidad y las habitaciones rentadas, pero no fue posible obtener un coeficiente muestral de determinación mayor al 20% por lo que no se considera una variable significativa. Pero, aunque este no tenga una relación directa con el gasto energético sí se pueden demostrar ciertos comportamientos, como por ejemplo, en el mes de mayo donde disminuye drásticamente la ocupación del hotel y no se comporta de acuerdo con la temperatura promedio externa, por lo que ambos factores podrían estar relacionados, pero al no existir una correlación comprobable no se puede afirmar esto con seguridad.

A pesar de esto la norma ISO50006 dice que no todos los índices deben poderse proyectar, así que, aunque existen datos que deberían incidir en el consumo no hay una correlación clara.

Figura 11. Línea base consumo por habitación rentada.

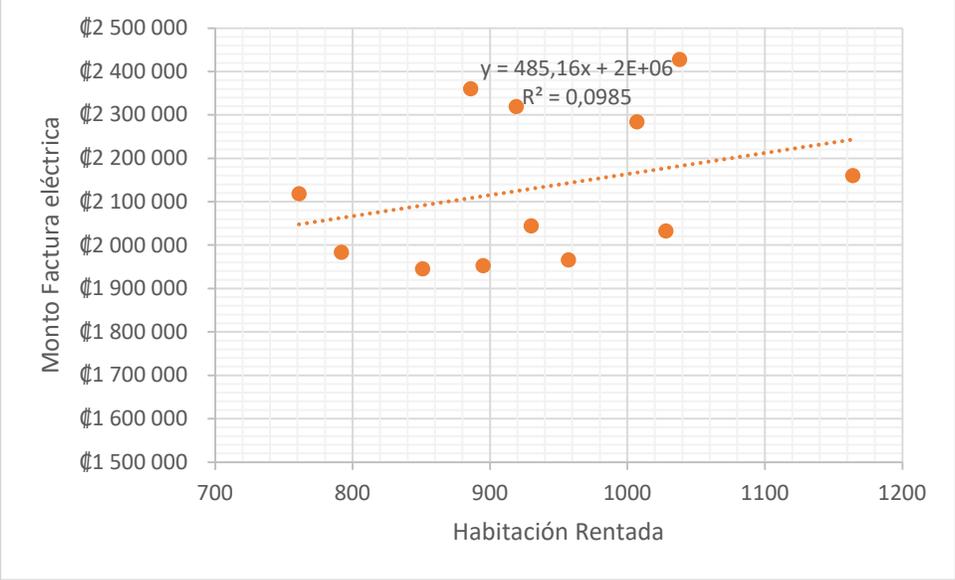


Fuente: Elaboración propia.

Monto en factura eléctrica por habitación rentada: este índice permite compararse con los datos de consumo y analizar si la tendencia es que la factura sube debido al consumo o si ésta sube debido a la

demanda del hotel, de encontrarse este índice con una tendencia más al alza que el índice de consumo se tienen que revisar las facturas.

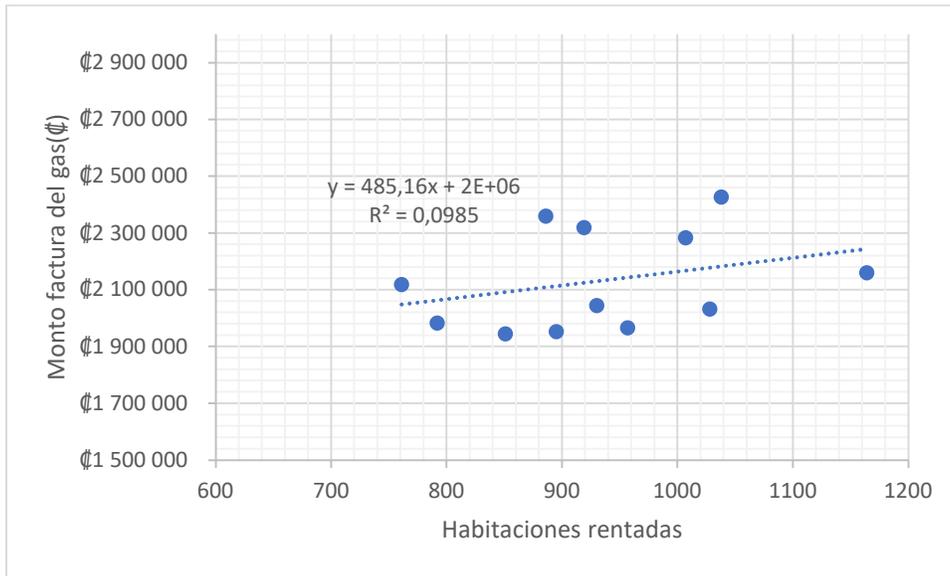
Figura 12. Línea Base monto en factura eléctrica por habitación rentada.



Fuente: Elaboración propia.

Índice de monto de factura de gas por habitación rentada: este índice se sabe que no va a tener un coeficiente de determinación que demuestre una correlación entre los datos, pues se ve afectado por variantes de las que no se tienen datos, no se tiene registro de las ventas del restaurante ni de los eventos que necesitan el servicio de comida. Esta información sí existe pero el hotel no estaba en capacidad de crear un nuevo tipo de informe solo por el presente trabajo, por lo que este índice sí se agrega al MGIE desarrollado, pero se necesita enriquecerlo, ya sea cambiando su variable habitaciones por usuarios del restaurante o algún otro valor que demuestre mejor el comportamiento en restaurante.

Figura 13. Línea base monto factura de GLP en cocina por habitación rentada.



Fuente: Elaboración propia.

Se establecieron los índices energéticos y se muestran sus líneas base, se descubrió que la variable más determinante es el clima, mediante los datos proporcionados por el hotel y la base de datos de la temperatura [35] que se comprobó con los datos del Instituto Metrológico Nacional. Teniendo los índices y las líneas base se puede dar por cumplido el segundo objetivo específico del presente trabajo.

Capítulo VII: Monitoreo en tiempo real

Análisis de Criticidad

Para la selección de las zonas a ser consideradas se realizó el levantamiento de cargas presentes en la red que es alimentada por la acometida ubicada al frente del hotel, es decir, la que alimenta las siguientes zonas: parqueo frontal, habitaciones, oficinas, Restaurante LTroja, Bar Palenque, piscina y canchas de tenis. Por lo que, en el presente análisis no se incluyen gimnasio, lavandería, escuela, canchas de futbol, bombas de agua y cabinas.

Según la literatura consultada [36] un análisis de criticidad es el proceso en el que se determinan los equipos críticos, importantes y no esenciales. Los equipos críticos son aquellos que su detención afecta significativamente los resultados de la empresa, los equipos importantes tienen consecuencias al detenerse, pero estas son asumibles y los equipos prescindibles o no esenciales son aquellos que su incidencia en los resultados de la empresa es escasa.

Los criterios utilizados para determinar la afectación en los resultados son: producción, calidad, mantenimiento y seguridad e impacto ambiental.

Producción: incidencia del equipo en la producción.

Calidad: incidencia del equipo en la calidad del servicio.

Mantenimiento: equipo muy caro, con averías caras y frecuentes.

Seguridad: un fallo puede ser perjudicial para las personas y el ambiente.

La norma ISO 17359 [37] menciona que a la hora de hacer un monitoreo se debe hacer una lista de los equipos presentes en el recinto para determinar cuáles deben entrar en el plan de monitoreo o no. De estos criterios se rescatan: pérdidas por detención del equipo, tiempo medio en reparar, redundancia, daños secundarios o colaterales, costo de cambio de la máquina, costo de mantenimiento, costos del monitoreo y seguridad e impacto ambiental. La norma menciona más criterios, pero estos son para elegir la variable a monitorear, cosa que en este caso no se va a valorar por la naturaleza del trabajo, ya que se debe medir potencia eléctrica.

Tabla 12. Criterios del análisis de criticidad.

Tipo de equipo	Criterios generales			
	Producción	Calidad	Mantenimiento	Energético
A (3 Puntos)	El hotel tiene que cesar un servicio por esta falla	Su detención incide en la calidad de servicio dado en el hotel	Se realizan paros por fallas con frecuencia	Los horarios de uso de este equipo se dan principalmente durante las horas de tarifa pico
	No existe un equipo que reemplace el equipo que se detuvo	Cuando este falla se reciben quejas en la recepción, se solicitan reembolsos o cambios en el servicio	El costo de reemplazar el equipo es elevado y requiere de aprobación directa de la gerencia para su reemplazo	La capacidad instalada de estos equipos equivale al 20% o más en comparación con la capacidad instalada de la acometida estudiada.
B (2 Puntos)	El hotel tiene que realizar correcciones o asumir costos por la falla de este equipo	Afecta la calidad del servicio, pero la administración no lo considera indispensable	La frecuencia de fallos por averías es media o baja	Los consumos de este equipo se dan principalmente durante tarifas valle, aunque también su consumo en pico es considerable
	El hotel cuenta con un equipo redundante que realiza las mismas funciones	Cuando esta falla se frecuentan comentarios al respecto	El costo de sustituir el equipo es elevado y se requiere de la aprobación de un encargado para asumirlo	La capacidad instalada de estos equipos es del 10% en comparación con la capacidad instalada de la acometida estudiada.
C (1 Punto)	El hotel tiene que realizar ajustes mínimos o asumir costos mínimos para brindar el servicio	Cuando esta falla pocos clientes o solo el personal del hotel nota la afectación del servicio	El equipo es poco común que falle	Los consumos de este equipo se dan principalmente durante tarifas valle o noche
	Existe equipo disponible para su sustitución	Nadie menciona la falla presentada	El costo del equipo es muy bajo y este solo debe reportarse más no se tiene que aprobar	La capacidad instalada de estos equipos es menor al 10% en comparación con la capacidad instalada en la acometida estudiada.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Puntuaciones del análisis de criticidad.

	Producción	Calidad	Mantenimiento	Energético	Total
Horno de Gas	2	2	1	1	6
Hornos eléctricos, batidoras, máquinas de café y demás equipo de cocina.	1	1	1	2	5
Refrigeradoras cocina y La Troja.	2	1	2	3	8
Cuarto frío	3	3	1	1	8
Bombas piscinas	2	2	2	2	8
Bombas y resistencias agua caliente	3	3	1	1	8
Refrigeradores Palenque	3	3	1	1	8
Aires acondicionados habitaciones y oficinas	2	2	2	3	9
Luminarias	2	3	1	2	8
Aires acondicionados salones de eventos	3	2	2	1	8
Inflable	1	2	1	2	6

Fuente: Elaboración propia.

Selección del equipo de monitoreo

Inicialmente el proyecto solo contemplaba la realización de un prototipo de un medidor de corriente eléctrica que se instalaría en el equipo electromecánico de mayor uso y consumo, pero posterior al análisis de criticidad se encontró que los aires acondicionados eran los equipos de mayor consumo. Esto representó un nuevo reto, porque el monitoreo de un solo equipo de aire no era una muestra que fuera representativa de la situación de climatización. Además, existía el riesgo de que no se usara el equipo estudiado, por lo que se procedió a valorar qué opción era más rentable y se realizó un análisis financiero.

Análisis financiero

En la primera reunión con el jefe de Instalaciones se le comentó que se iba a realizar un prototipo, que iba a estar hecho por el estudiante y financiado por la empresa 2M Ingeniería, él mencionó que ellos prefieren soluciones que involucren productos que ellos puedan adquirir ya armados, pues ellos no tienen el conocimiento técnico para realizar un medidor de este tipo y la idea de ellos es continuar con el MGIE hasta poder establecer su SGEN bajo la norma ISO 50001. Por lo que para ese momento el proyecto se había pensado con el prototipo y una comparación con un similar de tipo comercial que sirviera para que eventualmente el hotel lo utilizara.

Posteriormente, cuando se sabe que no existe un equipo electromecánico con un consumo superior al resto se buscan alternativas comerciales. Este equipo de medición a cotizar debía tener múltiples sensores no invasivos, preferiblemente conexión mediante Wifi y sus datos debían ser descargables, a formatos como Excel o CSV, esto para facilitar a la administración su análisis.

Para la cotización, en el mercado nacional se enviaron correos que no tuvieron respuesta, se valoraron opciones como el Sense 12001 y el Eyedro, ambas cumplen con los requerimientos deseados, pero tienen costos de 300 dólares, mientras el Emporia cuesta 110 dólares [38]. Así que se procedió a adquirir el dispositivo de la marca Emporia y se decidió seguir con el prototipo, aunque este no tuviera una relevancia para el diseño del MGIE y fuera más una comparativa de las alternativas que tiene el hotel para medir su energía.

El costo de adquirir el Emporia Vue Energy y adquirir los elementos necesarios para el ensamblado del prototipo del medidor de corriente se muestran en la tabla a continuación. Los precios consultados provienen de [27] y [38]. Todos son en dólares, el tipo de cambio utilizado es el del 26 de abril del 2022, reportado por el Banco Central de Costa Rica, es decir 661,6 colones por cada dólar [39].

Tabla 14. Costo de los medidores de corriente a utilizar.

	Monto (\$)	Monto (₡)
Emporia	110	72 776
Transporte	44	29 110,4
Total	154	101 886,4

NodeMCU	9,2	6 086,72
SCT-013	17,95	11 875,72
LM355	0,7	463,12
Cables	1	661,6
Breadboard	4,95	3 274,92
Transporte	7	4 631,2
Total	40,8	26 993,28

Fuente: [27] [38].

El dispositivo Emporia mide 8 ramales y tiene dos cables alimentadores [40], por lo que se estimó cuantos prototipos de medición se podrían hacer con ese dinero. Tres serían los dispositivos que se podrían hacer con el presupuesto que implica adquirir un equipo Emporia Vue Energy.

Monitoreo en tiempo real del tablero TB

Para el mes de febrero no se tenía disponibilidad para comprar el medidor de corriente no invasivo, SCT013, por lo que se tuvo que esperar a que este estuviera a la venta ya fuera en Amazon o en el mercado nacional. Por esto el primer tablero se procedió a medirlo mediante el dispositivo Emporia Vue Energy. Se colocó el medidor de 8 sensores de 50A de la marca Emporia Energy, este monitoreó durante el periodo de un mes el comportamiento del consumo eléctrico. En este caso se determinó que se debían monitorear solamente equipos de aire acondicionado, se realizó una medición según lo visto en el análisis de criticidad, pues este tablero es único en que tiene más de 8 disyuntores protegiendo los aires acondicionados, ya que el resto de aires acondicionados se encuentran en los distintos tableros ubicados en los pasillos de la zona de habitaciones y ningún otro tablero cuenta con 8 o más aires acondicionados.

Figura 14. Dispositivo Emporia Vue Energy conectado.



Fuente: Elaboración propia.

Cabe destacar que en el tablero TB se vieron varias peculiaridades, por ejemplo, no se tiene una correcta identificación de los disyuntores, por lo que se desconoce si los equipos acá vistos son los que se identifican. Se realizaron pruebas apagando el disyuntor y revisando que este equipo efectivamente se encontrara desenergizado, pero en el caso del disyuntor que se supone es el que energiza el aire acondicionado de la habitación 114 no corresponde a este.

Se procedió a conectar este equipo con la mayor prontitud posible, la medición se realizó del 26 de febrero al 26 de marzo, este arrojó los consumos mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 15. Consumo total medido en los aires acondicionados por habitación.

118-119-122-123* (kWh)	AC 115 (kWh)	AC 214 (kWh)	AC 117 (kWh)	AC 213 (kWh)	AC 116 (kWh)	AC 215 (kWh)	AC 211 (kWh)
1701,57	31,98	4,30	9,91	21,67	74,09	109,51	76,76

Fuente: Elaboración propia.

*Las 4 habitaciones se alimentan pasando por el mismo disyuntor, por lo que no se pueden separar.

Luego se calculó la demanda máxima de cada aire y la demanda máxima en el momento que estos sumados hicieron un consumo mayor.

Tabla 16. Demanda total medida en los aires acondicionados por habitación.

118-119-122-123* (kW)	AC 115 (kW)	AC 214 (kW)	AC 117 (kW)	AC 213 (kW)	AC 116 (kW)	AC 215 (kW)	AC 211 (kW)	Total((kW))
8,55	0,33	0,09	0,09	0,13	1,85	1,53	0,58	9,45

Fuente: Elaboración propia.

Luego se calcularon los montos consumidos en cada disyuntor, para esto se calculó el consumo en las distintas horas, ya que, el hotel tiene una tarifa eléctrica TMT. Durante el primer cuatrimestre del 2022, el consumo máximo en punta fue de ¢58,37, en valle ¢21,69 y en noche ¢13,34. En la demanda el cobro máximo por kW es ¢9470,42 en punta, ¢6612,37 en valle y ¢4235,37 en noche [30].

Tabla 17. Monto consumido en los aires acondicionados por habitación.

AC 118- 119-122- 123*	AC 115	AC 214	AC 117	AC 213	AC 116	AC 215	AC 211
¢46 505,21	¢826,78	¢101,07	¢229,82	¢619,59	¢1 847,27	¢3 212,00	¢2 134,59

Fuente: Elaboración propia.

El consumo total de las unidades medidas es de ¢55 476,32, para el cálculo de demanda se muestra un consumo inusualmente bajo en los aires de las habitaciones 214 y 117, este se revisó con multímetro pero la corriente mostrada era correcta, se revisaron las unidades de aire y estas estaban en modo ventilador. Se cree que esto puede ser una causa, además estos se usaron poco a pesar de que las habitaciones estaban en uso.

Para el cálculo de demanda se utilizaron los montos antes mencionados y se buscó la mayor demanda energética en los 8 medidores en tarifa pico, valle y nocturna, esto para sumarlo y obtener la demanda. Se sabe que no necesariamente la máxima demanda sucedió a esa hora, pero es de bastante utilidad para demostrar el impacto que puede tener la demanda en la factura eléctrica.

Tabla 18. Máxima demanda eléctrica y montos pagados.

Tarifa	Tarifa Consumo (¢/kWh)	Tarifa Demanda (¢/kW)	Demanda (kW)	Monto
Punta	58,37	9 470,42	9	¢ 85 219,57
Valle	21,69	6 612,37	8,27	¢ 54 703,48
Noche	13,34	4 235,37	9,45	¢ 40 028,06

Fuente: Elaboración propia y [30].

El monto por demanda es de ¢179 951,11, esto sigue la misma tendencia que se muestra en las facturas, donde el costo por demanda suele ser 3 veces superior al monto por consumo.

El consumo de las habitaciones 118, 119, 122 y 123 es considerablemente alto, inicialmente se pensaba que solo era la habitación 118 porque así está rotulado en el tablero, cuando se revisaron los ramales se comprobó que tenía más equipos conectados, este disyuntor protege a 4 equipos, los equipos presentes en cada habitación se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 19. Aires acondicionados monitoreados.

Equipo	Marca	Modelo	Tipo	Tensión(V)	Corriente Nominal (A)	Potencia Nominal (W)	BTU
Habitación 118	Lennox	LM012CI-100P432	Split	220	6	1 320	12 000
Habitación 115	Gair	GAW18CRN1-11D5	Split	220	8,7	1 914	18 000
Habitación 214	Sankey	ES-12086PR	Split	220	8	1 760	12 000
Habitación 213	Sankey	ES-12086PR	Split	220	8	1 760	12 000
Habitación 211	Innovair	WOE13C2DB1	Split	220	5	1 100	12 000
Habitación 117	Lennox	LM012CI-100P432	Split	220	6	1 320	12 000
Habitación 116	Telstar	TAI012113MD	Split	220	5,8	1 276	12 000
Habitación 215	Gair	GAW18CRN1-11D5	Split	220	8,7	1 914	18 000
Habitación 119	Distintions	GMR012IU	Split	220	5,5	1 210	12 000
Habitación 122	LG	Gold Window	Ventana	220	5,4	1 188	15 800
Habitación 123	LG	Gold Window	Ventana	220	5,4	1 188	15 800

Fuente: Elaboración propia.

Monitoreo en tiempo real del tablero TA

Posteriormente, se realizó una medición del tablero TA, esto porque no existe ningún otro tablero similar al tablero TB que contenga más de 5 equipos de aire acondicionado. Este tablero se encuentra en la recepción y contiene los aires acondicionados de gerencia, fuera de eso no tiene ningún consumo considerable de la energía. Este se toma porque al tratarse de oficina se puede tomar una semana de referencia, ya que todas las semanas tendrían el mismo comportamiento.

El tablero en su mayoría se encontraba sin identificar, por lo que se nombraron los sensores según su posición en el tablero cuando no se conocía su uso, se sabe que estos corresponden a habitaciones o la oficina de gerencia pero no se cuenta con el permiso para apagar estos disyuntores pues mientras las habitaciones están vacías gerencia trabaja y los fines de semana y noches las habitaciones están ocupadas. Se nombran según posición sabiendo que responden a receptáculos o luminarias pues no se encuentra

ningún equipo electromecánico de consumo considerable adicional a los ya identificados. Los consumos en cada sensor para la semana que se midió fueron los siguientes:

Tabla 20. Consumo medido en el tablero TA.

Aire acondicionado gerencia 1 (kWh)	Aire acondicionado gerencia 2 (kWh)	Espacio 29 (kWh)	Espacio 13 (kWh)	Espacio 5 (kWh)	Espacio 7 (kWh)	Alimentación Tablero A2 (kWh)	Espacio 15 (kWh)
578,04	30,20	0,00	7,45	63,70	239,78	62,16	21,75

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta el consumo, se separó en las tres tarifas distintas que utiliza la tarifa TMT y se obtuvo un monto por consumo de ¢8200,11. Para calcular el monto por demanda se busca la máxima demanda en cada tarifa obteniendo la siguiente tabla.

Tabla 21. Demanda monitoreada, tarifas eléctricas y monto a pagar por demanda.

Tarifa	Tarifa Consumo (¢/kWh)	Tarifa Demanda(¢/kW)	Demanda(kW)	Monto
Punta	58,37	9 470,42	4,23	¢ 40 075,98
Valle	21,69	6 612,37	4,21	¢ 27 871,14
Noche	13,34	4 235,37	2,65	¢ 11 223,73

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior las demandas máximas se presentan en valle y punta, lo cual es esperable, pues la zona de recepción y restaurante solo tiene tomacorrientes y luminarias conectadas a este tablero. De igual manera, se estima la demanda máxima de esta zona para que sea evidente el impacto de la demanda en los sistemas y se coloca el valor monetario si estas fueran parte de las demandas máximas de la factura del mes para que la organización entienda mejor el impacto de esta.

Monitoreo en tiempo real del tablero TD

Luego se midió otra semana el tablero TD, esto porque el jefe de Instalaciones lo solicitó ya que quiere ver el comportamiento de las resistencias que calientan el agua para las duchas del hotel.

Tabla 22. Consumo medido del Tablero TD.

Agua caliente (kWh)	Aire acondicionado o sin identificar (kWh)	Oficina (kWh)	Disyuntor 60A (kWh)	Espacio 2 (kWh)	Espacio 15 (kWh)	Espacio 3 (kWh)	Espacio 24 (kWh)
49,41	11,47	9,06	0,11	0	0,16	0	38,96

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la demanda se calcula está en la próxima tabla:

Tabla 23. Demanda monitoreada, tarifas eléctricas y monto a pagar por demanda.

Tarifa	Tarifa Consumo (€/kWh)	Tarifa Demanda (€/kW)	Demanda (kW)	Monto
Punta	58,37	9 470,42	1,55	€ 14 679,15
Valle	21,69	6 612,37	1,66	€ 10 976,53
Noche	13,34	4 235,37	2,01	€ 8 513,09

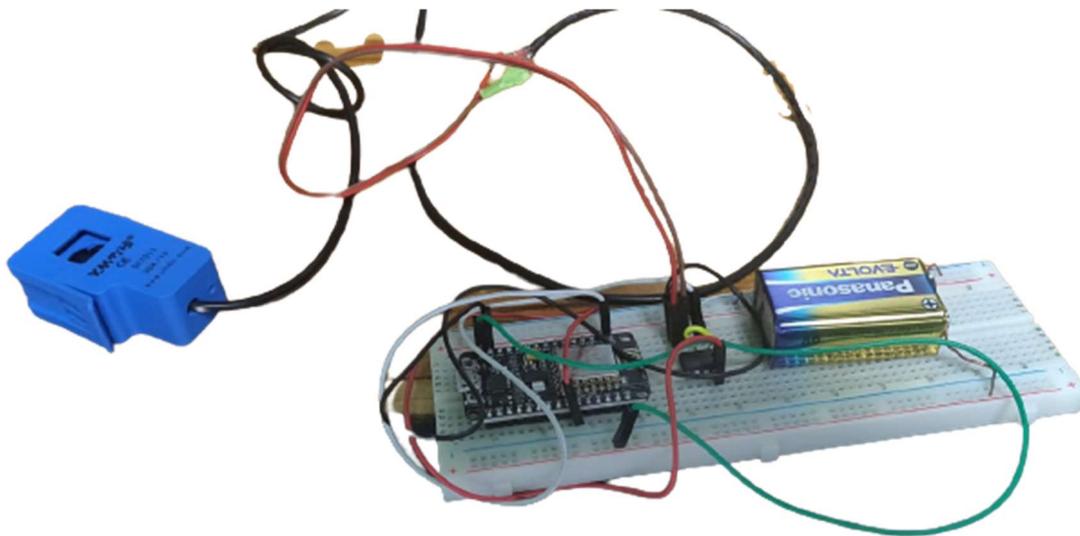
Fuente: Elaboración propia.

El consumo tomando en cuenta la tarifa TMT es €2 559 para una semana y la demanda suma un total de €34 168,78, esto da un monto de consumo y demanda para este tablero de €36 727,78. Como se mencionó, estos datos se muestran en valores monetarios para que la organización visualice mejor el impacto de la demanda.

Medición en tiempo real del prototipo de medición de corriente

También se probó el funcionamiento del prototipo planteado en el objetivo 3 del presente trabajo, este se realizó mediante la conexión del SCT-013, el amplificador operacional y el NodeMCU. Se utilizó como referencia la literatura consultada [41] [29] [32], pero en el caso del presente proyecto se utilizó un sensor operacional y la entrada analógica del NodeMCU.

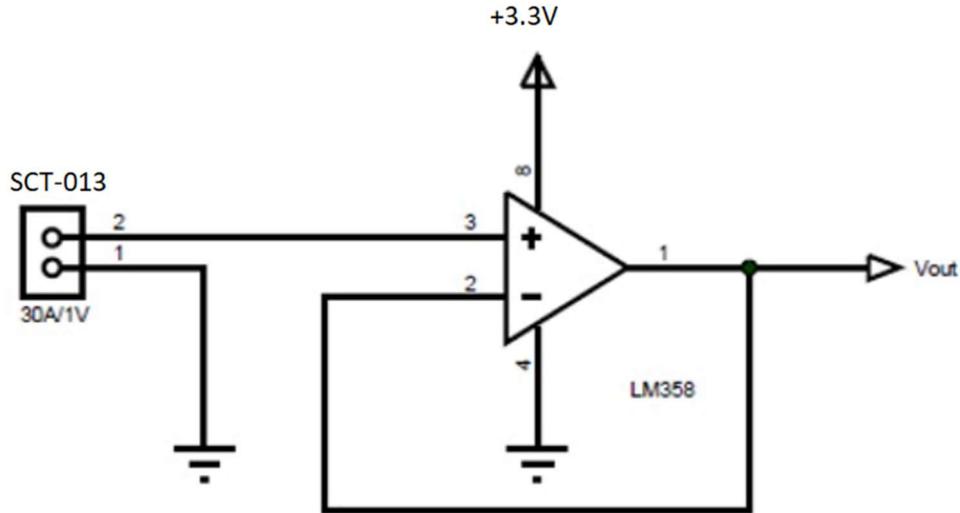
Figura 15. Prototipo de medición de corriente.



Fuente: Elaboración propia.

Primeramente, se armó colocando el medidor SCT-013 en el LM358, de modo que se recibe la señal y se amplifica la tensión con la que trabaja el NodeMCU. Esta primera parte se muestra en la siguiente figura.

Figura 16. Armado del SCT013 y el LM358.

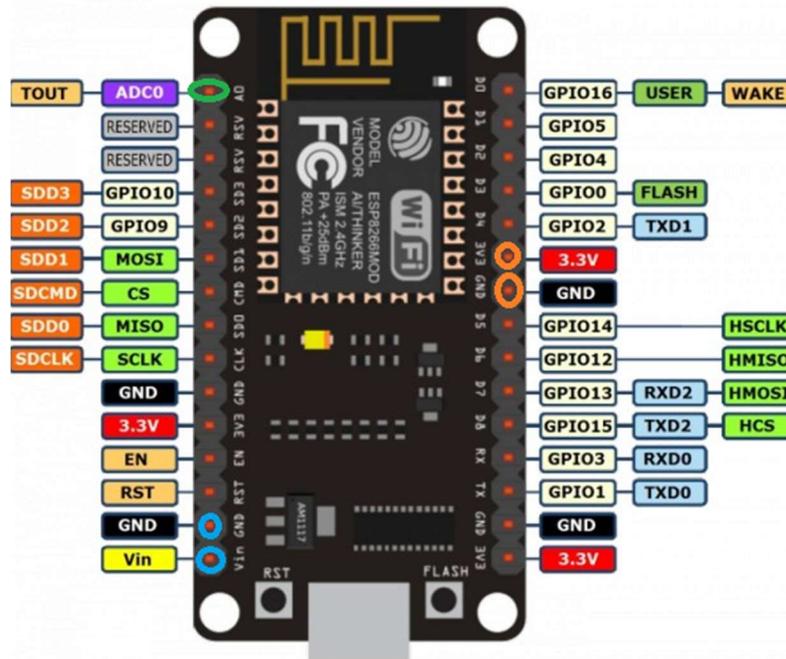


Fuente: [46].

En la figura anterior se muestra las salidas del SCT-013 y como estas se conectan al LM358 para amplificar su señal, la fuente que brinda la tensión necesaria es la fuente del NodeMCU y la tierra también la proporciona el NodeMCU en su patilla GRD.

El NodeMCU tiene su alimentación mediante una batería de 9V, en la siguiente figura se muestra como la fuente se conecta el NodeMCU, y como este proporciona energía al LM358.

Figura 17. Entradas y salidas del NodeMCU.



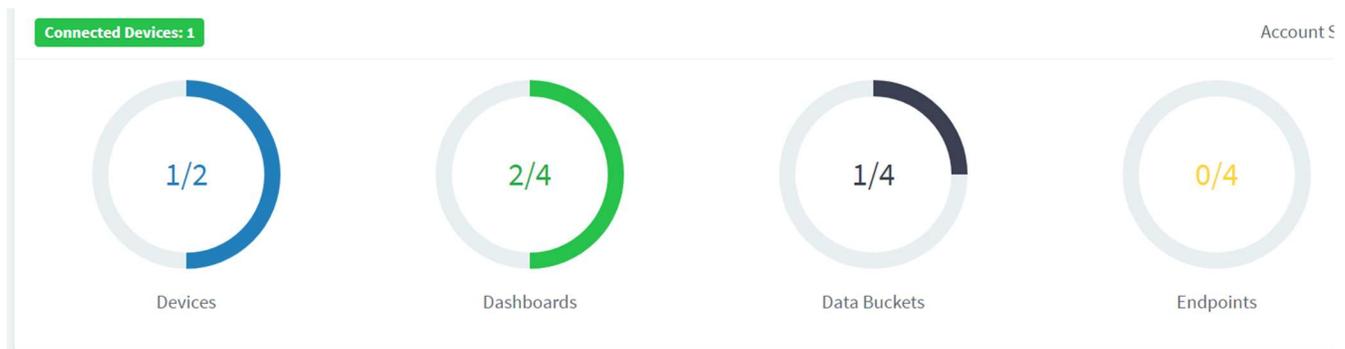
Fuente: [26].

Como se muestra en la figura anterior, los pines señalados con el color azul, es decir, Vin y el GRD son los que alimentan todo el circuito, o sea los que se conectan a la batería de 9 voltios. El pin ADC0 es el que recibe la señal de la medición amplificada por LM358 y los pines señalados con naranja, es decir los de 3.3V y el GRD son los que alimentan el LM358. De este modo, se entienden las conexiones vistas en la Figura 16.

Después se procedió a programarlo, la programación se muestra en el Apéndice I. Esta se realizó en el Software Arduino IDE, se programó para que la frecuencia sea de 2 datos por segundo, pero en el programa que permite subir a la nube los datos, es decir el software Thingier.io, se tiene permitido subir datos cada minuto, esto porque si se quiere una frecuencia menor hay que pagar según la cantidad de datos que se almacena, por lo que para reducir costos se procedió a recolectar datos minuto a minuto.

Después de ejecutar la programación se debe identificar el dispositivo, esto se hace automático, pero para crear la base de datos es necesario revisar que la conexión sea óptima. La pantalla de inicio muestra si hay un dispositivo conectado.

Figura 18. Página principal de la página de Thinger.io.



Fuente: [29].

Ya conectado con la plataforma de Thinger.io se debe crear una base de datos y la plataforma presentará los datos, estos se pueden descargar en formato CSV, formato que fácilmente se puede pasar a Excel para su análisis. También se pueden observar desde la plataforma de Thinger.io, de la forma que se muestra a continuación:

Figura 19. Datos en vivo obtenidos por el prototipo del medidor de corriente.

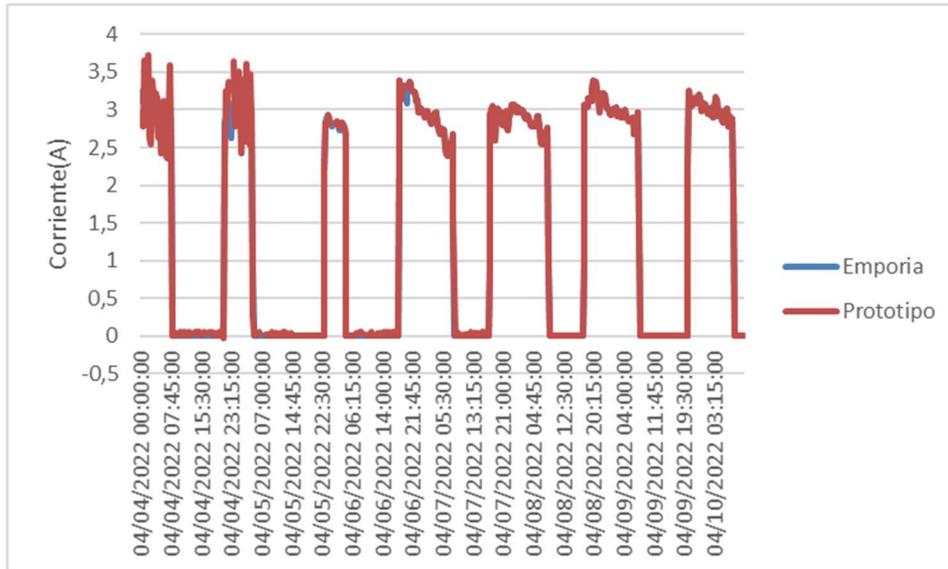
Buckets / Corriente / Data	
Bucket Data	
Date	Corriente
2022-04-24T23:41:43.574Z	0.04294861853122711
2022-04-24T23:40:43.577Z	0.03579051420092583
2022-04-24T23:39:43.949Z	0.03579051420092583
2022-04-24T23:38:43.593Z	0.03579051420092583
2022-04-24T23:37:43.574Z	0.03579051420092583
2022-04-24T23:36:43.732Z	0.04294861853122711
2022-04-24T23:35:43.577Z	0.03579051420092583
2022-04-24T23:34:43.574Z	0.03579051420092583
2022-04-24T23:33:43.574Z	0.03579051420092583
2022-04-24T23:32:43.575Z	0.03579051420092583
2022-04-24T23:31:43.575Z	0.03579051420092583
2022-04-24T23:30:43.577Z	0.04294861853122711
2022-04-24T23:29:43.574Z	0.03579051420092583

Fuente: [29].

El dispositivo se conectó en el tablero A, en el disyuntor que protege la bomba y las resistencias del agua caliente para duchas durante la semana del 4 de abril del 2022 al 11 de abril del 2022, esto porque este dispositivo no fue con el que se realizó la medición principal y se realizó para brindarle al hotel más

opciones para la medición de corriente. Se comprobó con la medición del Emporia Vue Energy y mediciones por medio de un multímetro, lo cual sí dio datos similares a ambos dispositivos, esto se muestra en la siguiente gráfica.

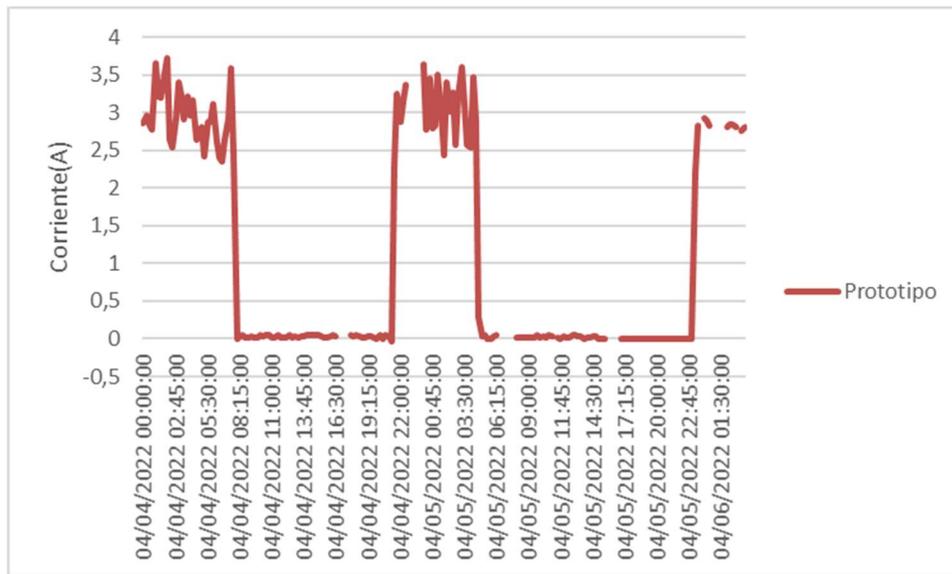
Figura 20. Gráfico del comportamiento del prototipo de medición de corriente y el Emporia Vue Energy.



Fuente: Elaboración propia.

Aunque el dispositivo de medición sí se considera adecuado, este todavía requiere mejoras, por cuestiones de tiempo no se pudo seguir mejorando el prototipo, pues a pesar de medir el valor de corriente con una precisión aceptable su conexión resultó un inconveniente, ya que una de las reglas establecidas desde el inicio del proyecto es que todo dispositivo de medición debe ir dentro del tablero eléctrico que se desee medir o fuera de la vista de los huéspedes. El dispositivo sí mostró comportamiento correcto en pruebas previas, pero una vez colocada la tapa del tablero se suele tener problemas de conexión, se desconoce con exactitud el motivo de este fallo, pero, se piensa que se debe a que se interfiere la señal, ya sea por la tapa del tablero o por el campo magnético generado por la acumulación de conductores electrificados dentro del tablero. Esta desconexión se puede ver en la siguiente gráfica elaborada con los datos medidos en tiempo real.

Figura 21. Detalle de gráfico de medición realizada por el prototipo de medición de corriente.



Fuente: Elaboración propia.

Por último, otra desventaja mostrada en el prototipo es que se diseñó para trabajar con una batería de 9 voltios lo cual implica que hay que estar atento a este dispositivo y que se tiene que abrir el tablero para cambiar su batería.

A modo de conclusión del presente capítulo, se realizó el análisis de criticidad, se descubrió que el equipo con el uso y consumo más significativo son los aires acondicionados de habitaciones, por lo que se decidió adquirir el dispositivo Emporia Vue Energy por medio de la empresa 2M Ingeniería Limitada, se vieron los consumos y usos de los aires en tiempo real y se descubrieron altos consumos en ciertas habitaciones en comparación con los consumos de los demás aires acondicionados. Por lo que se recurrió al listado de aires que se muestra en el Apéndice B y se denotó que los aires que más consumen son los de tipo ventana que según su ficha técnica consumen más que los del tipo minisplit.

También se puso a funcionar el prototipo inicialmente pensado, este se realizó para cumplir con lo propuesto en el trabajo, y cumplió su función aunque tuvo ciertas desconexiones cuando este se colocaba a lo interno del tablero cerrado. Al tener el monitoreo con el dispositivo Emporia Vue Energy y con el prototipo propuesto, y ambos con datos accesibles desde cualquier computadora, se da por completado el tercer objetivo del proyecto.

Capítulo VIII. Cuadro de mando integral.

En el presente capítulo se realiza el objetivo 4 que corresponde a un cuadro de mando integral, en este se incluyen los índices energéticos propuestos, el índice que permite comparar el consumo con los de los hoteles a nivel mundial propuesto en el problema del presente proyecto y otros índices que pueden ayudar a la organización y pueden incidir indirectamente en un mejor manejo del MGIE. Al final se incluye el cuadro de mando integral en cuestión.

Perspectiva Financiera

Monto factura eléctrica según la temperatura: este índice tiene una perspectiva financiera, pues la temperatura promedio del ambiente a lo largo del día es algo que no se puede evitar, el hotel solo puede minimizar el impacto que tiene la temperatura en su consumo de energía, energía eléctrica en este caso, pues su mayor consumo es climatización y refrigeración.

El índice también lo calcula el Departamento de Contaduría, ya que es quien tiene acceso a las facturas, este es mensual y se propone al departamento utilizar alguna base de datos con datos del clima, preferiblemente la base de datos de Visual Crossing [35], ya que fue la utilizada en este estudio.

Este valor se considera bajo si el costo por grado Celsius(°C) es menor a ¢90 000, se considera normal si está entre los ¢90 000/°C y ¢110 000/°C y alto si este es mayor a ¢110 000/°C.

Inversión energética: el hotel busca tener impacto en su inversión y cuantificar esta. Por lo que este índice sirve para saber cuánta inversión hace el hotel anualmente. Se encargará de este el Departamento de Contaduría, este departamento debe reflejar la inversión energética hecha año a año. Esta inversión incluye acciones para cumplir con los objetivos energéticos o mejorar el MGIE. Se considera baja una inversión menor a los ¢300 000, media una inversión entre los ¢300 000 y los ¢500 000 y alta una inversión superior a los ¢500 000.

Perspectiva Cliente

Consumo eléctrico por habitación rentada: el hotel actualmente cuenta con un acercamiento a este índice, cada cierto tiempo se investiga el costo de cada habitación, esto para mantener un rango de precios rentable para el cliente y el hotel. Este índice interno desglosa el costo de la mucama, electricidad, lavandería, el costo del desayuno y todos los servicios que brinda el hotel, el desglose del índice se desconoce pues es interno de Contaduría, pero su valor es de ¢19 415 por habitación. Por medio del índice acá presentado se puede conocer de la electricidad cuánto es el costo de cada habitación.

Este índice tiene la perspectiva del cliente pues, aunque reducir el costo de la habitación también puede considerarse financiero, el hotel utilizará este índice principalmente para saber cuánto más puede reinvertir en cada habitación, lo cual tiene una incidencia directa en el cliente e influye en la retención y aumento de clientes.

Este índice lo calcula el contador o este se lo asigna a cualquier empleado de C, ya que el índice se obtiene del reporte de habitaciones rentadas y la factura de electricidad. Su valor se considera bajo si el consumo es menor a los 25 kWh, normal si se encuentra entre los 25 kWh y los 30 kWh/habitación y alto si este es mayor a los 30 kWh.

Monto factura eléctrica por habitación: el hotel actualmente cuenta con un aproximado a este índice, cada cierto tiempo se investiga el costo de cada habitación, esto para mantener un rango de precios rentable para el cliente y el hotel. Este índice interno desglosa el costo de la mucama, electricidad, lavandería, el costo del desayuno y todos los servicios que brinda el hotel, el desglose del índice se desconoce pues es interno de Contaduría, pero su valor es de ¢19 415 por habitación. Por medio del índice acá presentado se puede conocer de la electricidad cuánto es el costo de cada habitación.

También es calculado por el Departamento de Contabilidad, utilizando las facturas eléctricas y el reporte de ocupación del hotel, este es mensual, se considera alto si su costo está por encima de los ¢2 400, se considera medio si está entre los ¢2 400 y los ¢2 000, y se considera bajo si este se encuentra por debajo de los ¢2 000.

Monto de factura de gas por habitación: este valor es de gran importancia porque el hotel busca tener mayor noción del gasto que actualmente tiene cocina con el gas licuado petróleo, este índice se piensa mejorar, pero para esto el hotel tiene que continuar con su proceso de mejora continua del MGIE que se estableció durante el proyecto. Este índice lo lleva el Departamento de Contabilidad, es mensual y se considera bajo cuando es menor a los ¢2000, medio cuando está entre los ¢2000 y los ¢2200 y alto cuando es mayor a los ¢2200.

Perspectiva de Procesos

Como se mencionó en el problema, el hotel no conoce cuánto es el consumo energético que este tiene a lo largo del año, por lo que el presente trabajo buscó corregir esta situación y crear un índice que permita compararse con los hoteles en la literatura consultada [11] [8] [1], pero esto no fue del todo posible, por lo que este índice no se incluye en el MGIE, pero se muestra a continuación como una estimación:

Energía consumida entre m^2 de hotel: la cantidad total de energía consumida por el hotel no es un índice que se pueda agregar a los del MGIE, esto porque aunque es necesario para poder establecer la comparación con los hoteles consultados en la literatura, la información está incompleta. Se va a calcular de marzo del 2021 a febrero 2022 y para los demás años solo se puede hacer el índice con el consumo eléctrico pero no serviría para compararse con los hoteles a nivel mundial.

En este proyecto se planteó este índice para la zona de parqueo, Bar Palenque, Restaurante La Troja, habitaciones, oficinas, recepción y salones de eventos.

Se obtuvo mediante el plano eléctrico del lugar, el área de hotel que comprende este proyecto, es decir, el área de las habitaciones, recepción, salones de eventos, piscina y ambos restaurantes es de $2965m^2$, esta área y consumo anual energético, dan un valor de $152,72 kWh año/m^2$, esto en el periodo de marzo del 2021 a febrero del 2022.

El valor obtenido está dentro de los consumos de hoteles de zonas calientes con invierno poco frío de China que se han consultado [11], es decir entre los $134 kWh año/m^2$ y los $210 kWh año/m^2$, el estar entre los valores comunes y más acercado al límite inferior podría indicar que el hotel tiene una gestión de la energía buena en comparación con sus iguales, pero esto no es necesariamente cierto, ya que este hotel en su mayoría suele ser un hotel de paso, pues como se ha mencionado, los clientes más frecuentes son personas que por motivos de trabajo están en Pérez Zeledón, entonces no utilizan las instalaciones durante el día.

Pero hay que reconocer que el hotel casi no recurre a la climatización, el hotel cuenta con muchos espacios abiertos y ventilados, factor que disminuye el consumo en comparación con el resto de los hoteles. También, el hotel se esfuerza por disminuir el consumo energético, una de las acciones que más repercusión tuvo fue el cambio de luminarias al tipo LED, este, según comentó el jefe de Instalaciones, se realizó a inicios del 2019, en el mes de febrero. La disminución en la factura se evidencia mejor en los meses posteriores a marzo del 2019 que se muestran en el Anexo A, donde se ve que la factura disminuye en un 20% aproximadamente y una disminución de un 27% en la demanda.

Este valor lo calcula el Departamento de Contaduría, es anual y con los datos de gas adecuados se va a empezar de nuevo en enero 2023, para que todos los índices de tipo anual valoren el mismo periodo, es decir, de enero a diciembre del mismo año.

Se considera bajo si el consumo es menor a los 140 kWh año/m^2 , normal si este está entre los 140 kWh año/m^2 y los 180 kWh año/m^2 , y se considera alto si es superior a los 180 kWh año/m^2

Cantidad de aires acondicionados Inverter o con SEER mayor a 14: el hotel actualmente tiene en su mayoría aires acondicionados convencionales, los cuales son menos eficientes que los del tipo Inverter, el hotel se propone a cambiar estos aires acondicionados a tecnologías más eficientes, iniciando este cambio por las habitaciones que tienen aires de tipo ventana, luego cambiar los aires que utilizan refrigerante R22 y por último los aires adquiridos de segunda. Esto porque los equipos con SEER mayores consumen menos energía mientras que realizan las mismas labores de extracción de calor [44].

Este índice lo manejará el jefe de Instalaciones, es anual e inicia con la lista brindada en el Apéndice B y conforme éste vaya cambiando se irá modificando. Actualmente, el hotel cuenta con 5 aires de tipo Inverter o con un SEER superior a 14, por lo que un valor bajo se considera menos de 8 aires con estas características, normal sería de 9 a 12 aires y más de 13 aires se considera alto.

Horas de mantenimiento preventivo: a pesar de que el presente índice no está directamente relacionado con el consumo energético, el hotel realizó cambios importantes en su forma de mantener sus equipos, durante la práctica se concientizó sobre el mantenimiento y el hotel tomó la iniciativa. Ya que el hotel se plantea hacer una inversión en equipos, es importante que el mantenimiento vaya de la mano con esta inversión, de modo que se pueda obtener en máximo beneficio, así que, el presente índice sirve para concientizar la importancia del mantenimiento preventivo y predictivo, y que el hotel sea consciente del tiempo que se invierte en mantenimientos correctivos.

Este índice permite valorar, del tiempo total de mantenimiento, cuánto equivale a mantenimiento preventivo o correctivo. Su fórmula es:

$$PM = \frac{\text{Horas de Mantenimiento Preventivo/Predictivo}}{\text{Horas de Mantenimiento totales}}$$

El índice lo maneja el jefe de Instalaciones en conjunto con los empleados de su área, su valor se considera bajo si está por debajo del 40%, entre 40% y 60% se considera normal y mayor a 60% se considera alto.

Perspectiva formación o crecimiento

Cantidad de personal capacitado en energía: el hotel busca que cada vez más personas tengan ese conocimiento del área energética, ya que es primordial que se mejore el MGIE desde el conocimiento de

este, por lo que se establece este índice, también a cargo del jefe de Instalaciones. Se considera bajo si ningún empleado se ha capacitado, normal si 1 o 2 se capacitan y alto si 3 o más se capacitan.

Cantidad de medidores: el hotel busca en la medida de lo posible automatizar los procesos de gestión de la energía, por lo que el hotel busca medidores que se puedan colocar en las entradas a los distintos sistemas alimentados por energía. Actualmente solo se cuenta con el medidor Emporia.

Este medidor lo lleva el jefe de Instalaciones, será anual y él cambiará este índice conforme se adquieran más equipos. Se considera bajo si al cabo de un año se tiene el mismo medidor, normal si se tienen de 2 a 4 medidores y alto si se tienen más de 5 medidores.

Tabla 24. Cuadro de mando integral propuesto para el Hotel del Sur.

Perspectiva	Meta Estratégica	Indicador		Periodo de Medición	Fuente de Información	Responsable	Fórmula	Unidades	Rango		
		Nombre	Descripción						alto	medio	bajo
Financiero	Reducir el impacto que tiene la temperatura en el monto de factura eléctrica Aumentar la inversión anual en gestión energética	Monto factura eléctrica según la temperatura	Este índice permite darle seguimiento a la relación encontrada entre la temperatura del ambiente y el monto de factura eléctrica	Mensual	Facturas eléctricas y datos del Instituto Meteorológico Nacional	Área de Contaduría	$\frac{\text{Monto Factura Eléctrica}}{\text{Temperatura}(^{\circ}\text{C})}$	$\frac{\text{C}^{\circ}}{\text{C}^{\circ}}$	>C1 100 0	$\text{C}9000 \leq y \leq \text{C}11000$	<C9000
		Inversión Energética	Permite tener una noción de la inversión anual en gestión energética	Anual	Facturas presentadas con este motivo	Área de Contaduría	$\sum \text{Inversiones alusivi}$	C	>C5000 000	$y \geq \text{C}50000$	<C30000
Cliente	Reducir el consumo por habitación	Monto factura eléctrica según la temperatura	Permite conocer la cantidad de kWh que consume cada habitación rentada	Mensual	Facturas eléctricas e informe de ocupación	Área de Contaduría	$\frac{\text{Consumo Eléctrico}(kWh)}{\text{Habitaciones Rentadas}}$	kWh/h	>30	$25kWh \leq y \leq 30kWh$	<25kWh
	Reducir el costo de la electricidad por habitación	Monto factura eléctrica por habitación	Permite conocer el costo que tiene el consumo y demanda de electricidad de cada habitación.	Mensual	Facturas eléctricas e informe de ocupación	Área de Contaduría	$\frac{\text{Monto Factura Eléctrica}}{\text{Habitaciones Rentada.}}$	C	>C2000	$\text{C}2000 \leq y \leq \text{C}2400$	<C2400
	Reducir el costo del gas por habitación	Monto de factura de GLP por habitación	Permite conocer cuánto gas se gasta por cada habitación rentada en el hotel	Mensual	Informe de consumo de gas, facturas del gas e informe de ocupación del hotel	Área de Contaduría	$\frac{\text{Monto Factura GLP}(\text{C})}{\text{Habitaciones Rentadas}}$	C	>C2000	$\text{C}2000 \leq y \leq \text{C}2200$	<C2200
Proceso	Continuar o mejorar el consumo energético global en comparación con los hoteles a nivel mundial	Energía consumida entre m ² de hotel	Permite mantener la comparativa con respecto a los hoteles a nivel mundial	Anual	Facturas eléctricas, planos y facturas de GLP	Área de Contaduría	$\frac{\text{Consumo energético}(kWh)}{\text{Área del recinto}(m^2)}$	kWh/año/m ²	>180	$180 \leq y \leq 140$	<140
	Aumentar la cantidad de aires con un SEER superior a 14	Cantidad de aires acondicionados Inverter o con SEER mayor a 14	Permite conocer la cantidad de equipos en el hotel que cumplen con la eficiencia deseada	Anual	Control de activos e historial de mantenimientos	Área de Instalaciones	Cantidad de aires con SEER mayor a 14	Unidad	>13	$8 \leq y \leq 13$	<8
	Invertir año a año más tiempo en mantenimientos preventivos o predictivos que correctivos	Horas de mantenimiento o preventivo	Permite tener noción del tiempo invertido en mantenimiento preventivo o predictivo contra el invertido en mantenimiento correctivos	Anual	Historial de mantenimientos	Área de Instalaciones	$PM = \frac{\text{Horas de Mantenimiento}}{\text{Horas de Mant}}$	Porcentaje	>60%	$40\% \leq y \leq 60\%$	<40%
Formación	Aumentar la cantidad de personal capacitado para la gestión energética	Cantidad de Personal Capacitado en energía	Permite dar seguimiento a la cantidad de empleados capacitados en energía y demuestra el interés de la organización en el tema	Anual	Lista de empleados de la empresa y registro de estos por parte del área de instalaciones.	Área de Instalaciones	Cantidad personal capacitado	Unidad	>2	$1 \leq y \leq 2$	=0
	Colocar medidores en tiempo real para iniciar el proceso de certificación	Cantidad de medidores	Permite saber cómo sigue mejorando el proceso de generar índices con datos en tiempo real	Anual	Inventario de instalaciones	Área de Instalación	Cantidad de medidores	Unidad	≥5	$2 \leq y \leq 4$	≤1

Capítulo IX. Impacto del proyecto en el Hotel del Sur

Cuando se tuvo la primera reunión con el jefe de Instalaciones se mostró un deseo enorme de conocer qué alternativas existen, ellos ya habían hecho mejoras energéticas, como cambiar las luminarias a LED y colocar una caldera solar. Se demostró un total desconocimiento de la parte ingenieril y de la parte energía, tanto la parte administrativa como los empleados de mantenimiento mostraron un gran interés en el análisis de la situación energética.

Impacto Social

Primeramente, se le tuvo que explicar a la administración la importancia de la gestión de la energía, se empezó por demostrar la importancia de analizar las facturas eléctricas para denotar comportamientos, en el caso del hotel, la alta demanda en horas de tarifa valle o pico.

Posteriormente se les comentó sobre malas prácticas vistas durante la auditoría energética, mismas que por motivo de confidencialidad no se mencionan en el presente trabajo.

Se les comentó sobre la afectación que tiene en los equipos de aire acondicionado el poco mantenimiento preventivo, se les explicó las repercusiones que tiene el exceso de suciedad en las unidades exteriores y la importancia que tiene que estas estén accesibles al personal de mantenimiento.

Posterior a esto, el hotel empezó a realizar acciones inmediatas, la más relevante es que el encargado de mantenimiento renunció a su puesto, porque encontró una mejor oportunidad fuera del hotel, por lo que el jefe de Instalaciones decidió poner como requisito tener conocimientos ya fuera energéticos o en climatización. La persona que se contrató tiene experiencia en equipos de climatización y el jefe de Instalaciones solicitó a la gerencia presupuesto para capacitarlo en mantenimiento de aires acondicionados y equipos de refrigeración, el jefe de Instalaciones conociendo la situación del hotel debido a la pandemia de COVID-19 y que el tema de mantenimiento de equipos electromecánicos es nuevo para la administración, propuso a la gerencia pagar la mitad de esta capacitación, pues este ve de importancia inmediata las buenas prácticas en los equipos electromecánicos.

También se empezó con la conformación del equipo de gestión de energía, de momento este se encuentra conformado por el contador y el Departamento de Instalaciones, se espera confirmar todos los departamentos del hotel, pero se desean realizar mejoras previas a este cambio, ya que las zonas ya involucradas creen que el modelo se venderá mejor al hotel si además de datos incluye mejoras cuantificables en temas financieros y ambientales.

Luego, el Departamento de Instalaciones estableció las bitácoras para llevar registro de los datos alusivos al mantenimiento de los aires acondicionados y equipos de refrigeración, se tiene el equipo para mantener y mejorar el modelo de gestión energética y se tienen herramientas para entender más el impacto que tiene la energía.

Por lo que se puede afirmar que el proyecto tuvo un impacto social en el hotel, ya que, se le brindó información a la administración que permitió darle dirección a sus buenas intenciones.

Impacto económico

En el aspecto económico todavía no hay una mejora en el hotel, la mejora en cuestión se puede obtener si se certifica el hotel de acuerdo con la norma ISO50001, pues según el reglamento tarifario actual de tenerse esta certificación el recinto puede acceder a la tarifa TMTb sin tener el consumo y la demanda mínimos establecidos [30]. Esto tendría un impacto en la factura, para demostrar este impacto se comparará febrero en la siguiente tabla, primero se tiene el consumo y demanda con la tarifa TMT de enero a marzo del ICE [30]:

Tabla 25. Montos por consumo y demanda de las facturas de febrero con la tarifa TMT.

Consumo			
Periodo	Consumo (kWh)	Tarifa	Monto
Punta	11 506	₡ 58,37	₡ 671 605,22
Valle	7 100	₡ 21,69	₡ 153 999,00
Nocturno	12 852	₡ 13,34	₡ 171 445,68

Demanda			
Periodo	Demanda máxima	Tarifa	Monto
Punta	66	₡ 9 470,42	₡ 625 047,72
Valle	68	₡ 6 612,37	₡ 449 641,16
Nocturno	88	₡ 4 235,37	₡ 372 712,56

Consumo	Demanda	Monto
₡ 997 049,90	₡ 1 447 401,44	₡ 2 444 451,34

Fuente: Facturas del hotel y [30].

Luego se observa el mes de febrero, pero con la tarifa TMTb. Se toma la factura de febrero porque es la más reciente que se proporcionó.

Tabla 26. Montos por consumo y demanda de las facturas de febrero con la tarifa TMTb.

Consumo			
Periodo	Consumo	Tarifa	Monto
Punta	11 506	₡ 105,92	₡ 1 218 715,52
Valle	7 100	₡ 36,39	₡ 258 369,00
Nocturno	12 852	₡ 23,37	₡ 300 351,24
Potencia			
Periodo	Demanda Máxima	Tarifa	Monto
Punta	66	₡ 3 110,88	₡ 205 318,08
Valle	68	₡ 2 171,69	₡ 147 674,92
Nocturno	88	₡ 1 391,67	₡ 122 466,96
Consumo	Demanda	Monto	
₡ 1 777 435,76	₡ 475 459,96	₡ 2 252 895,72	

Fuentes: Facturas del hotel y [30].

Como se puede observar el ahorro solo en el mes de febrero sería de ₡191 555,62. Por lo que se confirma que el modelo de gestión de la energía puede tener un impacto en la economía del hotel si se continúa con el proceso de alcanzar el Sistema de Gestión Integral.

Impacto Ambiental

El impacto ambiental se puede mostrar más en el cambio de refrigerante que se piensa hacer este mismo año, iniciando con la meta de cambiar los equipos de aires acondicionado por aires con SEER mayor a 14, al realizar este cambio, puesto que los equipos nuevos no utilizan este refrigerante, ya que se alinean a la estrategia país de eliminar los refrigerantes con HCFC [42], se obliga a quitar el refrigerante R-22 que causa daños en la capa de ozono [43].

Así que se tiene impacto social, y se puede tener un impacto ambiental y económico en la organización, de manera que se puede dar por completado parte del objetivo principal del presente proyecto. Además se espera un incremento en el impacto conforme avance y mejore el modelo de gestión integral de la energía.

Capítulo X. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se determinó el uso y consumo de las fuentes de energía en el hotel, esto mediante los históricos de facturas y los criterios de la norma ISO50001. La electricidad representa el 69% de la energía que consume el recinto y el gas licuado petróleo representa el 31% de la energía consumida por la zona estudiada del hotel. Con respecto a los equipos, se estableció una lista con los equipos electromecánicos o conjunto de equipos electromecánicos con consumos significativos y con esto se estableció el uso de la energía en cada área y el consumo según la ficha técnica y mediciones realizadas.
- Se definieron los índices de desempeño energético, cada uno con su línea base, tomando en cuenta el año 2021. Para la determinación de estos se valoraron los hallazgos realizados durante la auditoría energética y la política energética, esta última realizada tomando como base la misión y visión del hotel. Se estableció una variable relevante y conforme el hotel realice las mejoras podrá compararse con años anteriores. Con respecto a las variables, se determinó que la cantidad de habitaciones rentadas tiene impacto en el consumo del hotel, pues se notó que cuando disminuye drásticamente también lo hace el consumo eléctrico, así que se estableció este índice y se diseñó un índice similar para el consumo de GLP por habitación, y se tomó como variable más relevante la temperatura, que demostró tener relación con el consumo eléctrico.
- Se desarrolló un prototipo de un medidor de corriente que emite datos en tiempo real, este se construyó sobre una placa NodeMCU y utiliza el sensor SCT013 como base para este, se alimenta por un batería de 9V y se colocó a lo interno del tablero que se midió. El dispositivo entregó datos en tiempo real que se almacenaron en una página, a la que puede acceder cualquier computadora, de esta se pueden descargar los datos del último año en formato CSV o Excel. Pero este dispositivo presentó fallas, siendo la más considerable el tener problemas de conexión cuando este dispositivo se coloca dentro del tablero, por temas de tiempo y funcionalidad no se siguió el proyecto con este prototipo. Por lo tanto, se procedió a realizar un monitoreo en tiempo real de los tableros mediante un dispositivo comercial, que sirvió para confirmar el comportamiento del prototipo realizado y sirvió para brindarle datos a la organización.
- Se desarrolló un cuadro de mando integral con los índices de desempeño energético propuestos para el modelo de gestión de la energía. Se estableció el índice de consumo energético anual por metro cuadrado que permite al hotel comparar su consumo con hoteles a nivel mundial. Además,

se colocaron índices acordes a la situación actual del hotel que tienen incidencia directa o indirecta en el consumo energético. Este cuadro de mando integral está conformado por información que los Departamentos de Instalaciones y Contaduría suelen manejar mes a mes, por lo que si se desea revisar el avance de los índices de este cuadro de mando integral se pueden hacer en cualquier momento.

Recomendaciones

- Llevar un control de los usuarios que consumen en el restaurante, ya sean huéspedes, socios, clientes externos o participantes de algún evento. Esto porque tener más datos alusivos al consumo del GLP es de relevancia para el fortalecimiento del MGIE.
- Seguir mejorando el modelo de gestión integral de la energía y eventualmente valorar si los datos del presente proyecto se ven influenciados por la pandemia del COVID-19 y por ende, se dejan de tomar en cuenta los datos obtenidos durante el presente proyecto.
- Continuar con el modelo de gestión de la energía, para eventualmente formalizar el Sistema de Gestión de la Energía y certificarse, esto para poder acceder al cambio tarifario de TMT a TMT-b.
- Durante el cambio de instalación eléctrica a realizar buscar la manera de acomodar los tableros y tuberías de modo que sean aptos para eventualmente colocar medidores que sirvan para certificarse en la norma ISO50001.

Capítulo XI. Referencias Bibliográficas

- [1] M. Oz, M. Sogut y T. Karakoç, «Indicators of Sustainability Energy Management Based on Energy Audit for Hotels.,» *Green Energy and Technology*, pp. 1013-1031, 2018.
- [2] S. Benavides Vindas, «El aporte del turismo a la economía costarricense: más de una década después.,» *Economía y Sociedad*, pp. 1-29, 2020.
- [3] O. Banerjee y M. Cicowicz, «Efectos Económicos y Ambientales del Plan de Descarbonización de Costa Rica: Una aplicación de la Plataforma IEEM al Sector de Energía y Transporte,» Banco Interamericano de Desarrollo, 2021, 2021.
- [4] Instituto Costarricense de Turismo, «Sostenibilidad Turística CST,» 22 02 2022. [En línea]. Available: <https://www.ict.go.cr/es/sostenibilidad/cst.html#certificaci%C3%B3n-para-la-sostenibilidad-tur%C3%ADstica>.
- [5] Hotel del Sur, «Hotel del Sur,» 22 11 2021. [En línea]. Available: <https://www.hoteldelur.net/es/>.
- [6] Banco Central de Costa Rica, «Indicadores Económicos,Cuenta Satélite de Turismo,» 22 Febrero 2022. [En línea]. Available: <https://www.bccr.fi.cr/indicadores-economicos/cuenta-sat%C3%A9lite-de-turismo..>
- [7] G. Papageorgiou, A. Efstathiades, N. Nicolaou y A. Maimaris, «Energy management in the hotel industry of Cyprus,» *IEEE International Energy Conference*, pp. 1-5, 2018.
- [8] Z. Du, X. Jiang y W. Song, «A manner to assess the energy consumption of business hotel buildings,» *2019 Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*, pp. 1348-1353, 2019.
- [9] N. Verma y A. Jain, «Energy optimized building automation with guest comfort in hospitality sector,» *Second International Innovative Applications of Computational Intelligence on Power, Energy and Controls with their Impact on Humanity (CIPECH)*, pp. 188- 192, 2016.
- [10] T. Sousa, P. Faria, Z. Vale, J. Landeck, L. Matos y R. Ferreira, «Energy Resource Management Model in a Hotel Building Using a Web Platform,» *IEEE/PES*, Sao Pablo, 2018.
- [11] Y. Sheng, Z. Miao, J. Zhang, X. Lin y H. Ma, «Energy consumption model and energy benchmarks of five-star hotels in China.,» *Energy and Buildings*, pp. 286-292, 2018.
- [12] I. Morales, «Propuesta de un Plan de Gestión para la Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para demostrar la C-Neutralidad en el Hotel Wyndham San José-Herradura basado en las Norma INTE B5:2016 e INTE/ISO 14064-1:2016,» Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, 2018.
- [13] A. Cachada, J. Barboza, P. Leitao, A. Américo, L. Alvez, J. Teixeira y C. Teixeira, «Using Internet of Things Technologies for an,» *2019 IEEE International Conference on Industrial Cyber Physical Systems (ICPS)*, pp. 113-118, 2019.

- [14] Instituto Costarricense de Turismo, «Plan Nacional de Turismo Sostenible 2010-2016.,» 22 11 2010. [En línea]. Available: <https://www.ict.go.cr › plan-nacional-de-desarrollo>.
- [15] ISO, «ISO 50001: Sistemas de gestión de la energía — Requisitos con orientación para su uso.,» 2011.
- [16] A. Borroto, Recomendaciones Metodológicas para la Implementación de Sistemas de Gestión de la Energía Según la Norma ISO 50001, Cienfuegos, Cuba: UniversoSur, 2013.
- [17] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, Diccionario de la lengua española, 2022.
- [18] L. Jayamaha, Energy Management., 1 ed., New York: McGraw-Hill Education, 2016.
- [19] M. Kanoğlu y Y. A. Çengel., Energy Efficiency and Management for Engineers., 1era ed., New York: McGraw-Hill Education., 2020.
- [20] R. E. Walpole, R. H. Myers, S. L. Myers y K. Ye, Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias, vol. 9no, CDMX, México: Pearson, 2012.
- [21] R. Kaplan y D. Norton, El Cuadro de Mando integral, Madrid, España: Ediciones Gestión 2000, 2002.
- [22] M. Lom, O. Pribyl y M. Svitek, «Industry 4.0 as a part of smart cities,» *Smart Cities Symposium Prague (SCSP)*, pp. 1-6, 2016.
- [23] M. N. Hassan Reza, C. Agamudai Nambi Malarvizhi, S. Jayashree y M. Mohiuddin, «Industry 4.0— Technological Revolution and Sustainable Firm Performance.,» *Emerging Trends in Industry 4.0 (ETI 4.0)*, pp. 1-6, 2021.
- [24] L. Viáfara Gálvez, J. Quintero Salgado, V. Montero Méndez, J. C. Garzón Osorio y A. López Astudillo, Industria 4.0 - Gestión del conocimiento, Cali, Colombia: Universidad ICESI, 2021.
- [25] ISO, «ISO 50002 Auditorías energéticas — Requisitos con orientación para su uso,» ISO, 2014.
- [26] NODEMCU, «NODEMCU,» 22 04 2022. [En línea]. Available: https://www.nodemcu.com/index_en.html.
- [27] MicroJPM, «Productos,» 09 02 2022. [En línea]. Available: <https://www.microjpm.com/>.
- [28] STMicroelectronics, «Datasheet LM358,» 20 04 2022. [En línea]. Available: https://www.microjpm.com/_files/200001547-a13a4a2352/LM358%20Datasheet.pdf.
- [29] Thinger, «Documentation,» 20 04 2022. [En línea]. Available: <https://docs.thinger.io/>.
- [30] ICE, «TARIFAS INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD,» *La Gaceta*, 20 12 2022.
- [31] MINAE, «Decreto N°40509,» 07 07 2017. [En línea]. Available: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_articulo.aspx?param1=NRA&nValor1=1&nValor2=84622&nValor3=110386&nValor5=2.
- [32] S. Yildiz y M. Burunkaya, «Web Based Smart Meter for General Purpose Smart Home Systems with ESP8266,» *2019 3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative*, pp. 1-6, 2019.

- [33] Instituto Metereológico Nacional, «Estación Automática Montecarlo, Pérez Zeledón.,» 4 10 2022. [En línea]. Available: <https://www.imn.ac.cr/especial/estacionMontecarlo.html>.
- [34] ISO, «Energy management systems — Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) — General principles and guidance,» ISO, 2014.
- [35] Visual Crossing, «Weather Query Builder - perez zeledon 2021-01-01 to 2021-12-31,» 05 03 2022. [En línea]. Available: <https://www.visualcrossing.com/weather/weather-data-services>.
- [36] S. Garcia Garrido, Organización y gestión integral del mantenimiento, Madrid: Ediciones Díaz de Santos, 2003.
- [37] ISO, «ISO 17359- Condition monitoring and diagnostics of machines,» ISO, 2018.
- [38] Amazon, «Emporia Vue Gen 2,» 20 04 2022. [En línea]. Available: https://www.amazon.com/Emporia-Monitor-Circuit-Electricity-Metering/dp/B08CJGPHL9/ref=sr_1_4?crid=1XURIVSA3AN1M&keywords=emporia+evvue&qid=1650849770&sprefix=emporia+ev+vue%2Caps%2C136&sr=8-4.
- [39] Banco Central de Costa Rica., «Tipo cambio de compra y de venta del dólar de los Estados Unidos de América,» 26 04 2022. [En línea]. Available: <https://gee.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/frmVerCatCuadro.aspx?idioma=1&CodCuadro=%20400>.
- [40] Emporia Energy, «Gen 2 Vue Energy Monitor,» 20 04 2022. [En línea]. Available: <https://www.emporiaenergy.com/how-the-vue-energy-monitor-works>.
- [41] M. Tarigan, A. Pambudi, H. Sutopo, H. Hendra y D. Handayani, «Developing Energy Monitoring Application For Monitoring Power Consumption In Production Machines,» *2021 3rd International Conference on Advances in Computer Technology, Information Science and Communication (CTISC)*, pp. 42-46, 2021.
- [42] PNUD, «Acciones implementadas por Costa Rica para la por Costa Rica para la capa de ozono.,» 04 05 2013. [En línea]. Available: https://www.undp.org/content/dam/costa_rica/docs/undp_cr_ozono_2014.pdf.
- [43] K. Román, Manual: Destrucción de gases refrigerante en Costa Rica., San Jose: MINAE, 2020.
- [44] N. Karali, N. Shah, W. Park, N. Khanna, C. Ding, J. Lin y N. Zhou, «Improving the energy efficiency of room air conditioners in China: Costs and benefits,» *Applied Energy*, 2020.
- [45] J. Uribe-Vélez, L. Avila-Roa y Chacón-Ramirez, «Sistema de gestión de energía bajo el paradigma de Industria 4.0,» *Revista Ingenio*, nº 18, pp. 33-40, 2021.
- [46] S. Itytarg, "Sct-013 Sct013 50a Sensor Corriente Ac Split Core Itytarg - TiendaIT&T.Com", TiendaIT&T.Com, 2022. [Online]. Available: <https://tiendaityt.com/mercadolibre/5374-sct-013-sct013-50a-sensor-corriente-ac-split-core-itytarg.html>. [Accessed: 14- Apr- 2022].

Capítulo XII. Apéndices

Apéndice A. Política energética del Hotel del Sur

Política del modelo de gestión integral de la energía

Hotel del Sur, empresa miembro del Consorcio Hotelero R.L., reconocida empresa en el sector hotelero del país se compromete con la sociedad a realizar actividades para seguir cumpliendo con la calidad y atención que se le ha brindado al cliente a lo largo de estos años, en armonía con el medio ambiente, mejorando la gestión energética y reduciendo situaciones que son riesgosas para la salud humana y ambiental.

Para lograr estos objetivos el Hotel del Sur se compromete a lo siguiente:

- Apoyar acciones que mejoren la gestión energética, fortaleciendo su modelo de gestión de la energía mediante datos y resultados en los índices establecidos. Cumpliendo con los objetivos acá mencionados y fortaleciendo nuestra cultura de responsabilidad ambiental.
- Nos comprometemos a seguir brindando un excelente servicio, dando a nuestros clientes una excelente experiencia durante su estancia en el hotel, mientras trabajamos por encontrar alternativas que mejoren el uso, consumo y eficiencia de las fuentes de energía que alimentan el hotel.
- Reducir el impacto ambiental que tienen las instalaciones del hotel, mejorando la eficiencia de nuestros sistemas, empezando por los sistemas o equipos que más impacto tengan a nivel ambiental.

Apéndice B. Listado de aires presentes en el hotel

Tabla 27. Lista de aires acondicionados presentes en el Hotel.

Equipo	Marca	Modelo	Tensión (V)	Corriente (A)	Potencia (W)	BTU	Refrigerante
Chirripó 1	Air-Pro	APTD060	220	25,5	5610	60000	R22
Chirripó 2	LG	LV-D6021A1	220	27	5940	60000	R22
Contaduría	Samsung	AW09P1B	110	10	1100		R22
Gerencia 1	Conford Deluxe	VD24	220	11	2420	24000	R22
Gerencia 2	Conford Deluxe	VD24	220	11	2420	24000	R22
Habitación 101	Lennox	LM012CI-100P432	220	6	1320	12000	R410A
Habitación 102	Lennox	LM012CI-100P432	220	6	1320	12000	R410A
Habitación 103	Chigo	CS-35C2A-V118	220	5,5	1210	12000	R410A
Habitación 104	Cooltek	SE12CR-CL	220	6,1	1342	12000	R22
Habitación 105	Cooltek	SE12CR-CL	220	6,1	1342	12000	R22
Habitación 106	Cooltek	SE12CR-CL	220	6,1	1342	12000	R22
Habitación 107	Gair	GAW18CRN1-11D5	220	8,7	1914	18000	R410A
Habitación 108	Lennox	LM012CI-100P432	220	6	1320	12000	R410A
Habitación 109	Distintions	GMR012IU	220	5,5	1210	12000	R410A
Habitación 110	LG	Gold Window	220	5,4	1188	15800	R22
Habitación 111	Mabe	MMI12CDBWCCA XI8	220	5,681818182	1250	12000	R410A
Habitación 112	Chigo	CS-35C2A-V118	220	5,5	1210	12000	R410A
Habitación 113	Mabe	MMI12CDBWCCA XI8	220	5,681818182	1250	12000	R410A
Habitación 114	Chigo	CS-35C2A-V118	220	5,5	1210	12000	R410A
Habitación 115	Gair	GAW18CRN1-11D5	220	8,7	1914	18000	R410A
Habitación	Telstar	TAI012113MD	220	5,8	1276	1200	R22

n 116						0	
Habitació n 117	Lennox	LM012CI-100P432	220	6	1320	1200 0	R410A
Habitació n 118	Lennox	LM012CI-100P432	220	6	1320	1200 0	R410A
Habitació n 119	Distintions	GMR012IU	220	5,5	1210	1200 0	R410A
Habitació n 120	LG	Gold Window	220	5,4	1188	1580 0	R22
Habitació n 122	LG	Gold Window	220	5,4	1188	1580 0	R22
Habitació n 123	LG	Gold Window	220	5,4	1188	1580 0	R22
Habitació n 126	LG	Gold Window	220	5,4	1188	1580 0	R22
Habitació n 201	Gair	GAW18CRN1-11D5	220	8,7	1914	1800 0	R410A
Habitació n 202	Cooltek	SE12CR-CL	220	6,1	1342	1200 0	R22
Habitació n 203	Gair	GAW18CRN1-11D5	220	8,7	1914	1800 0	R410A
Habitació n 204	Whirlpool	ES5059Q	220	6,5	1430	1200 0	R410A
Habitació n 205	Innovair	WOE13C2DB1	220	5	1100	1200 0	R410A
Habitació n 206	Distintions	GMR012IU	220	5,5	1210	1200 0	R410A
Habitació n 207	Whirlpool	ES5059Q	220	6,5	1430	1200 0	R410A
Habitació n 208	Samsung	AS12FBCM	220	6,2	1364	1200 0	R22
Habitació n 209	Cooltek	SE12CR-CL	220	6,1	1342	1200 0	R22
Habitació n 210	Cooltek	SE12CR-CL	220	6,1	1342	1200 0	R22
Habitació n 211	Innovair	WOE13C2DB1	220	5	1100	1200 0	R410A
Habitació n 212	Mabe	MMI12CDBWCCA XI8	220	5,6818181 82	1250	1200 0	R22
Habitació n 213	Sankey	ES-12086PR	220	8	1760	1200 0	R22
Habitació n 214	Sankey	ES-12086PR	220	8	1760	1200 0	R22
Habitació n 215	Gair	GAW18CRN1-11D5	220	8,7	1914	1800 0	R410A
Habitació	Gair	GAW18CRN1-11D5	220	8,7	1914	1800	R410A

n 216						0	
Habitación 217	Mabe	MMI12CDBWCCA XI8	220	5,681818182	1250	12000	R410A
Habitación 218	LG	Gold Window	220	5,4	1188	15800	R22
Habitación 219	Mabe	MMI12CDBWCCA XI8	220	5,681818182	1250	12000	R410A
Habitación 220	Gair	GAW18CRN1-11D5	220	8,7	1914	18000	R410A
Habitación 221	LG	Gold Window	220	5,4	1188	15800	R22
Habitación 222	LG	Gold Window	220	5,4	1188	15800	R22
Habitación 223	Gair	GAW18CRN1-11D5	220	8,7	1914	18000	R410A
Habitación 224	Lennox	LM012CI-100P432	220	6	1320	12000	R410A
Habitación 225	Gair	GAW18CRN1-11D5	220	8,7	1914	18000	R410A
Habitación 226	Lennox	LM012CI-100P432	220	6	1320	12000	R410A
Sala de reuniones	Mabe	MMI24CDBWCCA X8	220	10,72727273	2360	23000	R410A

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice C. Medición del tablero TB

Tabla 28. Consumo medido en el tablero TB.

TimeBucket	Time Costa Rica)	AC 118 (kWatts)	AC 115 (kWatts)	AC 214 (kWatts)	AC 117 (kWatts)	AC 213 (kWatts)	AC 116 (kWatts)	AC 215 (kWatts)	AC 211 (kWatts)
26/2/2022	00:00:00	4,0423	0,0096	0	0,0477		0	0,6838	
26/2/2022	01:00:00	2,9802	0,0301	0	0,0471		0	0,6255	
26/2/2022	02:00:00	2,8312	0,1778	0	0,0349		0	0,4403	
26/2/2022	03:00:00	2,4871	0,1307	0	0		0	0,5487	
26/2/2022	04:00:00	2,0021	0,063	0	0		0	0,4437	
26/2/2022	05:00:00	1,2406	0,0128	0	0		0	0,4097	
26/2/2022	06:00:00	1,0402	0,0141	0	0		0	0,0835	
26/2/2022	07:00:00	1,16	0,071	0	0,02		0	0	
26/2/2022	08:00:00	1,0968	0,0441	0	0,0463		0	0	
26/2/2022	09:00:00	2,2416	0,0133	0,0002	0,0458		0	0	
26/2/2022	10:00:00	2,1579	0,0133	0	0,0432		0	0	
26/2/2022	11:00:00	2,198	0,0131	0	0,0408		0	0	
26/2/2022	12:00:00	2,3159	0,0126	0	0,0337		0	0	
26/2/2022	13:00:00	0,6974	0,0135	0	0		0	0	
26/2/2022	14:00:00	0,5975	0,0137	0	0	0	0	0,0742	
26/2/2022	15:00:00	0,5212	0,0137	0	0	0	0	0	0
26/2/2022	16:00:00	0,4373	0,0136	0	0	0,063	0	0	0,3087
26/2/2022	17:00:00	1,1305	0,0117	0	0	0,0896	0	0	0,4824
26/2/2022	18:00:00	1,6932	0,0102	0	0,0094	0,078	0	0	0,5054
26/2/2022	19:00:00	1,389	0,0105	0	0,0433	0,0562	0	0,3713	0,4401

26/2/2022	20:00:00	1,5598	0,158	0	0,0514	0	0	0,6025	0,3894
26/2/2022	21:00:00	1,4754	0,3269	0	0,0628	0	0	0,3403	0,3948
26/2/2022	22:00:00	1,7143	0,229	0	0,0593	0	0	0,3419	0,3382
26/2/2022	23:00:00	1,3018	0,192	0	0,0549	0	0	0,3342	0,2849
27/2/2022	00:00:00	1,0851	0,1784	0	0,0544	0	0	0,1731	0,2413
27/2/2022	01:00:00	2,127	0,1673	0	0,0541	0	0	0	0,1909
27/2/2022	02:00:00	2,2132	0,2076	0	0,0568	0	0	0	0,0271
27/2/2022	03:00:00	2,0934	0,2004	0	0,0553	0	0	0	0
27/2/2022	04:00:00	1,9665	0,1715	0	0,0448	0	0	0	0

Fuente: Datos medidos.

Apéndice D. Medición del prototipo

Se muestran los datos extraídos del programa Thinger.io, programa al que se conectó el dispositivo de medición de corriente.

Tabla 29. Medición realizada por el prototipo a las resistencias de agua caliente.

Timestamp	Corriente	Potencia
2022-04-04T00:00:41.095Z	3,737321	822,2106
2022-04-04T00:01:40.986Z	3,613172	794,8979
2022-04-04T00:02:40.984Z	3,764834	828,2635
2022-04-04T00:03:40.984Z	3,801996	836,439
2022-04-04T00:04:40.985Z	3,396811	747,2984
2022-04-04T00:05:40.987Z	3,691208	812,0658
2022-04-04T00:06:40.988Z	3,231261	710,8773
2022-04-04T00:07:40.984Z	3,429098	754,4016
2022-04-04T00:08:40.986Z	3,541482	779,1261
2022-04-04T00:09:40.984Z	3,789736	833,7418
2022-04-04T00:10:40.984Z	3,61483	795,2625
2022-04-04T00:11:40.999Z	3,41976	752,3472
2022-04-04T00:12:40.986Z	3,399652	747,9233
2022-04-04T00:13:40.984Z	3,0807	677,754
2022-04-04T00:14:40.984Z	3,034645	667,6219
2022-04-04T00:15:41.039Z	2,581382	567,9041
2022-04-04T00:16:40.986Z	3,038175	668,3984
2022-04-04T00:17:40.984Z	3,215195	707,3429
2022-04-04T00:18:40.988Z	2,965933	652,5053
2022-04-04T00:19:40.987Z	2,690667	591,9468
2022-04-04T00:20:40.985Z	3,683392	810,3462
2022-04-04T00:21:40.986Z	2,62565	577,6431
2022-04-04T00:22:40.985Z	3,434324	755,5513
2022-04-04T00:23:40.986Z	3,690697	811,9534
2022-04-04T00:24:40.985Z	3,685755	810,8661
2022-04-04T00:25:40.984Z	3,098728	681,7202
2022-04-04T00:26:41.082Z	3,583383	788,3443
2022-04-04T00:27:40.985Z	3,011098	662,4415
2022-04-04T00:28:40.985Z	3,643028	801,4663
2022-04-04T00:29:40.984Z	3,546028	780,1261
2022-04-04T00:30:40.984Z	2,924633	643,4193
2022-04-04T00:31:40.987Z	3,421731	752,7808
2022-04-04T00:32:40.995Z	2,972193	653,8824
2022-04-04T00:33:40.987Z	3,003773	660,8301
2022-04-04T00:34:40.985Z	3,045644	670,0416

Fuente: Datos medidos.

Apéndice E. Muestra de monitoreo tablero TA

Tabla 30. Muestra consumo monitoreado tablero TA.

Time Bucket	Proyecto_1 (kWatts)	Proyecto_2 (kWatts)	ACG 1 (kWatts)	ACG 2 (kWatts)	A29 (kWatts)	C13 (kWatts)	C5 (kWatts)	Bajo AC2 (kWatts)	Table ro2 (kWatts)	C15 (kWatts)	Cuarto	
4/2/20 22			0,000	0,018			0,117	0,435	0,101	0,00	0,67	0,168
17:15	No CT	No CT	2	8	0	0	5	1	7	13	46	65
4/2/20 22							0,119	0,522	0,166		0,83	0,207
17:30	1,1181	0,961	0	0,022	0	0	7	7	5	0	09	725
4/2/20 22				0,020			0,119	0,473	0,165		0,77	0,194
17:45	1,0796	0,9628	0	7	0	0	5	3	1	0	86	65
3/2/20 22				0,020			0,119		0,165		0,77	0,192
18:00	1,0064	1,0757	0	5	0	0	8	0,465	4	0	07	675
4/2/20 22				0,021			0,121	0,516	0,168	0,04	0,87	0,219
18:15	1,0543	1,0814	0	7	0	0	9	2	5	98	81	525
4/2/20 22				0,017			0,122	0,421	0,165	0,10	0,83	0,208
18:30	0,9515	1,1997	0	6	0	0	8	7	6	69	46	65
4/2/20 22							0,118	0,558		0,08	0,95	0,237
18:45	1,0444	1,2516	0	0,023	0	0	4	5	0,165	68	17	925
4/2/20 22				0,018			0,120	0,415	0,164		0,71	0,179
19:00	0,9364	0,9699	0	3	0	0	9	1	1	0	84	6
4/2/20 22				0,023			0,119	0,558	0,164		0,86	0,216
19:15	1,0985	0,9625	0	9	0	0	6	6	7	0	68	7
4/2/20 22				0,017			0,121	0,393	0,165		0,69	0,174
19:30	0,9308	1,0711	0	3	0	0	2	7	4	0	76	4
4/2/20 22				0,021			0,123	0,539	0,164		0,84	0,212
19:45	1,0447	1,3642	0	8	0	0	4	8	3	0	93	325
4/2/20 22				0,016			0,120		0,164	0,02	0,69	0,173
20:00	0,9476	1,0216	0	5	0	0	4	0,372	4	06	39	475
4/2/20 22				0,021			0,118	0,516	0,165	0,10	0,93	0,232
20:15	1,1492	1,185	0	7	0	0	6	8	4	82	07	675

Fuente: Datos Medidos.

Apéndice F. Muestra de monitoreo Tablero TD

Tabla 31. Muestra de monitoreo en el Tablero TD resumido por hora.

Time Bucket (America/Costa_Rica)	Proyecto_1 (kWhs)	Proyecto_2 (kWhs)	Agua caliente (kWhs)	Aire acondicionado (kWhs)	Oficina (kWhs)	Disyuntor 60A (kWhs)	Espacio 2 (kWhs)	Espacio 15 (kWhs)	Espacio 3 (kWhs)	E24 y E26 (kWhs)
04/20/2022 00:00:00	0,6595	0,8451	0,6952	0	0,0274	0	0	0,0032	0	0,0444
04/20/2022 01:00:00	0,6557	0,8422	0,695	0	0,0272	0	0	0,0038	0	0,0448
04/20/2022 02:00:00	0,6498	0,8413	0,6907	0	0,0277	0	0	0,004	0	0,0448
04/20/2022 03:00:00	0,6415	0,8382	0,6813	0	0,0278	0	0	0,0036	0	0,0445
04/20/2022 04:00:00	0,6179	0,8302	0,6583	0	0,0268	0	0	0,0029	0	0,044
04/20/2022 05:00:00	0,6081	0,5207	0,6525	0	0,0257	0	0	0,0011	0	0,0435
04/20/2022 06:00:00	0,5916	0,0534	0,6424	0	0,0254	0	0	0	0	0,0437
04/20/2022 07:00:00	0,589	0,054	0,6299	0,0062	0,029	0	0	0	0	0,0438
04/20/2022 08:00:00	0,2773	0,0553	0	0,2805	0,1155	0	0	0	0	0,0422
04/20/2022 09:00:00	0,2722	0,0538	0	0,2757	0,1208	0	0	0	0	0,0408
04/20/2022 10:00:00	0,2526	0,0561	0	0,2587	0,1054	0	0	0	0	0,0403
04/20/2022 11:00:00	0,2363	0,0804	0	0,2434	0,1371	0	0	0	0	0,04
04/20/2022 12:00:00	0,2316	0,0608	0	0,2512	0,1113	0	0	0	0	0,0415

Fuente: Datos medidos.

Apéndice H. Distribución del tablero TB

Tabla 32. Distribución y capacidad de los disyuntores del tablero TB.

1	Disyuntor 100 A, dos polos, Sin especificar.	Disyuntor 30 A, dos polos, Sin especificar.	2
3	Disyuntor 70 A, dos polos, Sin especificar.	Disyuntor 50 A, dos polos, Sin especificar.	4
5	Disyuntor 30 A, dos polos, Sin especificar.	Disyuntor 20 A, dos polos, Aire Acondicionado Habitación 211.	6
7	Disyuntor 30 A, dos polos, Sin especificar.	Disyuntor 30 A, dos polos, Aire Acondicionado Habitación 115.	8
9	Disyuntor 30 A, dos polos, Aire Acondicionado Habitación 117.	Disyuntor 30 A, dos polos, Aire Acondicionado Habitación 118.	10
11	Disyuntor 30 A, dos polos, Aire Acondicionado Habitación 114.	Disyuntor 30 A, dos polos, Aire Acondicionado Habitación 116.	12
13	Disyuntor 30 A, dos polos, Aire Acondicionado Habitación 215.	Disyuntor 30 A, dos polos, Aire Acondicionado Habitación 214.	14
15	Disyuntor 30 A, dos polos, Aire Acondicionado Habitación 213.	Disyuntor 50 A, dos polos, Iluminarias Parque.	16
17	Disyuntor 30 A, Sin especificar.		18
19	Disyuntor 20 A, dos polos, Sin especificar.	Disyuntor 20 A, dos polos, Sin especificar.	20

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice I. Programación NodeMCU

```
#define THINGER_SERIAL_DEBUG
```

```
#include <ThingerESP8266.h>
```

```
#include <EmonLib.h>
```

```
#include "arduino_secrets.h"
```

```
#include <SPI.h>
```

```
#include <ESP8266WiFi.h>
```

```
#include <ThingerWifi.h>
```

En las primeras 7 líneas de código se llaman las librerías necesarias para funcionar, estas se tomaron de los ejemplos que se encuentran en la página web de Thinger [29].

```
ThingerESP8266 thing (USERNAME, DEVICE_ID, DEVICE_CREDENTIAL);
```

Se coloca el comando para ubicar el usuario de Thinger

```
void setup () {
```

Se colocan los datos de contraseña y nombre de la red

```
thing.add_wifi (SSID, SSID_PASSWORD);
```

Se inicia el monitoreo en serie

```
Serial.begin(115200);
```

Se empieza la lectura analógica y se interpreta esta por medio de las librerías antes mencionadas.

```
int sensorValue = analogRead(A0);
```

```
Serial.println(sensorValue);
```

```
float Irms=get_corriente(); //Corriente eficaz (A)
```

```
float P=Irms*110; // P=IV (Watts)
```

```
int A=get_corriente() * (1 / 1023.0);
```

```

Serial.print("Irms: ");

Serial.print(Irms,3);

Serial.print("A, Potencia: ");

Serial.print(P,3);

Serial.println("W ");

Serial.print("Este es valor: ");

Serial.println(A,3);

delay(100);

}

float get_corriente()

{

float voltajeSensor;

float corriente=0;

float Sumatoria=0;

long tiempo=millis();

int N=0;

while(millis()-tiempo<500)//Duración 0.5 segundos(Aprox. 30 ciclos de 60Hz)

{

voltajeSensor = analogRead(A0) * (1 / 1023.0);////voltaje del sensor

corriente=voltajeSensor*30.0; //corriente=VoltajeSensor*(30A/1V)

Sumatoria=Sumatoria+sq(corriente);//Sumatoria de Cuadrados

N=N+1;

delay(1);

```

```
}
```

```
Sumatoria=Sumatoria*2;//Para compensar los cuadrados de los semiciclos negativos.
```

```
corriente=sqrt((Sumatoria)/N); //ecuación del RMS
```

Se indica la variable que se quiere enviar a Thingier

```
int A=corriente;
```

```
thing["A"] >> [](pson& out){
```

```
    out["Corriente"] = analogRead(A0)*(30 / 1023.0);
```

```
};
```

```
Serial.print(corriente,3);
```

```
return(corriente);
```

```
thing["A"] >> [](pson& out){
```

```
    out["A"] = analogRead(A0);
```

```
};
```

```
}
```

Se envía a Thingier

```
void loop() {
```

```
    thing.handle();
```

```
}
```

Capítulo XIII. Anexos

Anexo A. Facturación eléctrica de los años 2019, 2020 y 2021.

Fecha	Energía	Demanda	F. Potencia F.	Carga	C/KW H	Monto Energía	Monto Demanda	Monto Facturado
12/2021	27 540	66,10	0,98	0,56	73,79	631 073,39	1 076 106,81	2 032 265,00
11/2021	24 846	65,36	0,98	0,53	78,59	563 302,88	1 082 300,28	1 952 655,00
10/2021	24 235	64,26	0,98	0,52	80,26	561 485,87	1 079 350,99	1 945 205,00
09/2021	23 746	59,98	0,97	0,53	82,80	570 292,84	1 034 504,72	1 966 070,00
08/2021	24 357	71,48	0,98	0,46	83,95	577 493,19	1 149 416,71	2 044 690,00
07/2021	24 602	71,97	0,97	0,49	87,81	587 190,12	1 240 967,45	2 160 310,00
06/2021	26 439	82,25	0,97	0,38	87,74	672 380,91	1 287 087,85	2 319 675,00
05/2021	23 501	64,26	0,98	0,49	90,15	594 882,27	1 196 875,25	2 118 525,00
04/2021	26 683	70,50	0,98	0,53	90,98	685 779,32	1 307 198,08	2 427 630,00
03/2021	23 257	71,85	0,98	0,48	98,21	604 574,15	1 333 797,50	2 284 185,00
02/2021	26 561	73,81	0,97	0,50	88,87	681 242,39	1 312 977,99	2 360 500,00
01/2021	23 011	57,53	0,98	0,52	86,20	608 367,80	1 063 941,96	1 983 470,00
12/2020	21 419	59,73	0,98	0,52	130,38	630 516,34	1 259 941,15	2 792 525,00
11/2020	21 420	65,85	0,98	0,41	129,55	624 571,12	1 326 052,19	2 775 060,00
10/2020	17 503	50,80	0,98	0,50	137,70	512 220,36	1 056 520,62	2 410 095,00
09/2020	21 175	61,32	0,98	0,46	125,81	653 433,57	1 195 730,78	2 664 100,00
08/2020	20 440	53,86	0,98	0,51	128,46	613 554,78	1 204 553,51	2 625 745,00
07/2020	17 381	48,10	0,97	0,50	134,27	526 689,47	1 044 718,99	2 333 770,00
06/2020	16 034	41,37	0,98	0,54	106,90	490 056,28	962 578,33	1 714 085,00
05/2020	13 832	41,00	0,98	0,45	114,43	427 429,00	917 771,26	1 582 850,00
04/2020	9 425	28,27	0,96	0,46	116,96	293 958,37	643 403,07	1 102 305,00
03/2020	26 439	80,91	0,98	0,45	116,59	816 697,65	1 708 340,35	3 082 415,00
02/2020	32 437	88,01	0,98	0,50	112,11	1 015 006,07	1 992 285,74	3 636 540,00
01/2020	29 132	80,42	0,98	0,49	105,12	913 111,89	1 679 942,32	3 062 250,00
12/2019	24 602	64,38	0,98	0,55	112,11	805 786,09	1 449 689,11	2 758 115,00
11/2019	26 806	79,44	0,90	0,44	117,14	889 561,22	1 698 751,00	3 140 140,00
10/2019	23 256	71,85	0,98	0,45	129,07	773 523,43	1 716 035,84	3 001 760,00
09/2019	24 357	53,86	0,97	0,59	108,93	823 223,57	1 349 753,58	2 653 175,00
08/2019	23 378	62,30	0,98	0,52	119,23	791 944,59	1 491 331,68	2 787 280,00
07/2019	26 316	76,99	0,97	0,49	124,04	891 870,05	1 888 501,52	3 264 175,00
06/2019	29 498	73,93	0,97	0,52	110,54	971 836,85	1 792 639,15	3 260 855,00
05/2019	27 540	70,14	0,97	0,55	117,93	929 759,57	1 754 544,83	3 247 665,00
04/2019	29 743	71,11	0,96	0,58	108,87	1 002 947,72	1 741 025,98	3 238 075,00
03/2019	33 171	103,92	0,97	0,47	119,06	1 068 923,34	2 293 144,52	3 949 395,00
02/2019	40 513	107,96	0,98	0,49	106,66	1 307 894,96	2 353 996,44	4 321 235,00
01/2019	36 476	100,25	0,98	0,49	114,80	1 166 508,56	2 306 596,34	4 187 380,00

Fuente: Historial proporcionado por el ICE

Anexo B. Consumo y compra de gas licuado petróleo

Tabla 33. Consumo, compra y montos a pagar de GLP.

Mes	Tarifa	Consumo (L)	Compra (L)	Compra
Marzo	277,31	990	792	219629,5
Abril	318	814	1452	461736
Mayo	318	1320	704	223872
Junio	264,5	1144	1716	453882
Julio	264,5	1760	1584	418968
Agosto	317,93	1628	2398	762396,1
Septiembre	317,93	1782	2046	650484,8
Octubre	342,26	1870	1584	542139,8
Noviembre	389,26	2024	1584	616587,8 1303308.
Diciembre	389	2112	3336	5

Fuente: Datos suministrados por el hotel.

Tabla 34. Muestra de los datos de consumo del gas del hotel.

CONSUMO DE GAS COCINA

FECHA	EXISTENCIA INICIAL	COMPRA S	EXISTENCIA FINAL	CONSUMO	Consumo Litros	Compra Litros
1/3/2021				0,00%	-	0
2/3/2021	51	-	49	2,00%	44,00	0
3/3/2021	49	-	47	2,00%	44,00	0
4/3/2021	47	-	44	3,00%	66,00	0
5/3/2021	44	-	42	2,00%	44,00	0
6/3/2021	42	-	42	0,00%	-	0
7/3/2021	42	-	40	2,00%	44,00	0
8/3/2021	37	-	36	1,00%	22,00	0
9/3/2021	36	-	33	3,00%	66,00	0
10/3/2021	31	-	30	1,00%	22,00	0

11/3/2021	28	-	26	2,00%	44,00	0
12/3/2021	26	-	26	0,00%	-	0
13/3/2021	24	-	22	2,00%	44,00	0
14/3/2021		-		0,00%	-	0
15/3/2021		-		0,00%	-	0
16/3/2021	51	-	49	2,00%	44,00	0
17/3/2021	48	-	47	1,00%	22,00	0
18/3/2021	47	-	45	2,00%	44,00	0
19/3/2021	44	-	43	1,00%	22,00	0
20/3/2021	41	-	39	2,00%	44,00	0
21/3/2021	39	-	36	3,00%	66,00	0
22/3/2021	36	-	34	2,00%	44,00	0
23/3/2021	33	-	32	1,00%	22,00	0
24/3/2021	32	-	32	0,00%	-	0
25/3/2021	32	-	27	5,00%	110,00	0
26/3/2021	27	-	25	2,00%	44,00	0
27/3/2021	23	-	21	2,00%	44,00	0
28/3/2021	18	-	16	2,00%	44,00	0
29/3/2021	16	36	52	0,00%	-	792
30/3/2021		-		0,00%	-	0
31/3/2021		-		0,00%	-	0
					990,00	792,00

Anexo D

Figura 24. Diagrama del Hotel del Sur.



Fuente: Archivo dwg del plano eléctrico.

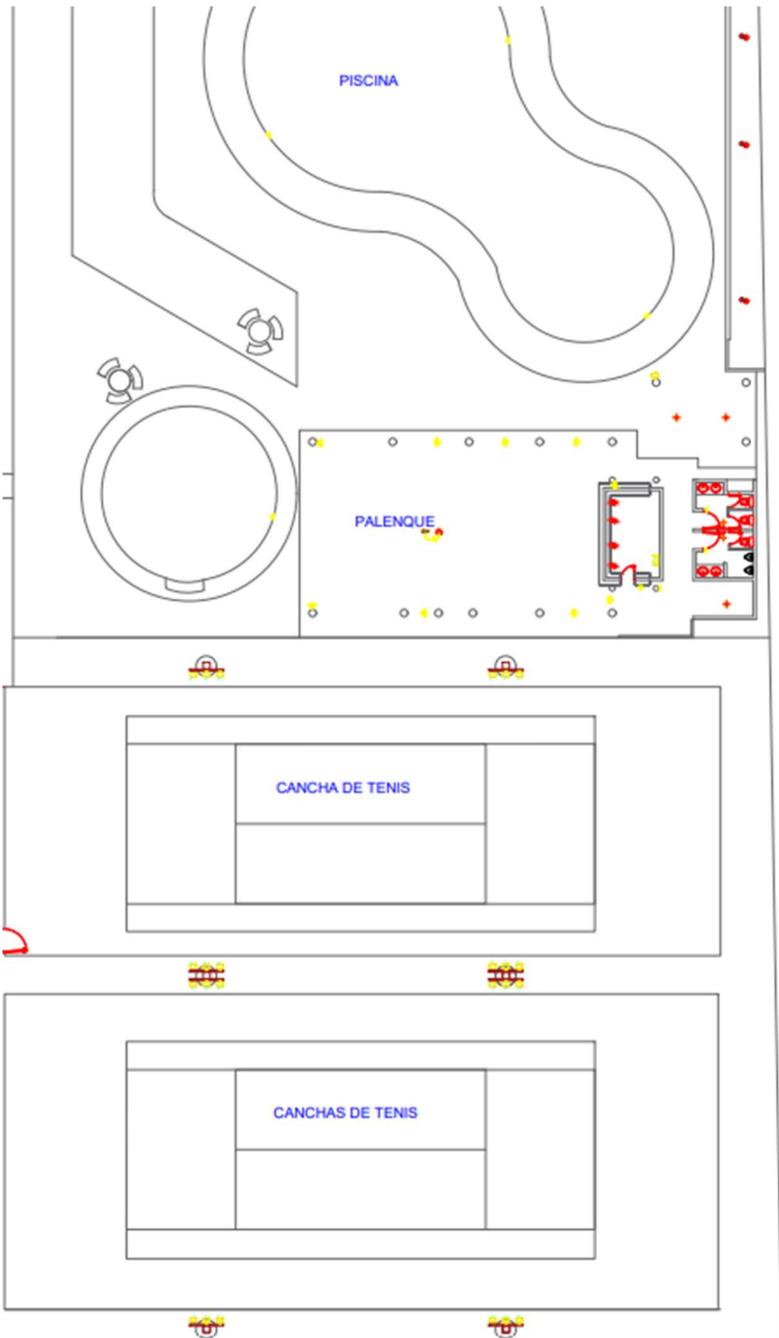
No se incluye el plano eléctrico completo por confidencialidad.

Figura 25. Diagrama segundo piso.



Fuente: Archivo dwg del plano eléctrico.

Figura 26. Diagrama de piscina y Bar Palenque.



Fuente: Archivo dwg del plano eléctrico.