

Medidas de eficiencia energética en edificios comerciales públicos: caso de estudio centro integrado “25 de Julio” de la unidad de negocio Guayaquil de CNEL-EP

Luis Felipe Godoy Vaca, Catalina Vallejo-Coral, Francis Vásquez, Diego Sierra, Alexander Chasi.

Abstract

In the present study it has been shown that the building “25 de Julio”, of CNEL-EP, has a particular energetic behavior and is characterized mainly by a direct correlation with the external environmental conditions. We analyzed the database of monthly electric consumption, architectural information and the use of the building that was provided by CNEL EP and obtained by site visits. At the same time, specialized equipment was installed on the energy distribution board that allowed us to know in real time the operation of the air conditioning systems and total consumption, so that its energy behavior could be disaggregated. Based on the information collected by the installed monitoring systems in the period from April to May 2019, it was shown that the maximum demand which occurs during working hours is mainly due to the simultaneous use of the air conditioning systems. It is then calculated that these systems represent 77% of total building consumption while the base consumption (lighting, equipment or other electrical appliances) accounted for 23%. As a first stage in this study, strategies that do not require an initial investment by the building administrator are proposed; this aims to better manage energy consumption. In this sense, two measures are proposed: control vampire consumption mainly due to leaving on electrical equipment and air conditioning systems in hours that the building remains closed. Also control the hours of switching on and off of air conditioning equipment on the ground floor. In this paper, it is shown that the application of the

aforementioned strategies results in an approximate monthly savings of 4,94%; which is equivalent to 10248 kWh, 3,94 tons equivalent of CO₂ and USD 635.38 per year, considering the current rate without subsidy

Index terms— Commercial buildings, energy efficiency, energy consumption.

Resumen

En el presente estudio se muestran los resultados del comportamiento térmico y energético del edificio “25 de Julio”, de CNEL-EP, que presenta un comportamiento energético particular y está caracterizado principalmente por una correlación directa con las condiciones ambientales exteriores. En este sentido se analizó la base de datos de consumo eléctrico mensual, información arquitectónica y del uso de la edificación que fue proporcionada por CNEL EP y visitas en sitio. A la par se instalaron equipos especializados en el tablero de distribución de energía que permitieron conocer en tiempo real el funcionamiento de los sistemas de climatización y consumo total, por lo que se pudo desagregar su comportamiento energético. En base a la información recopilada por los sistemas instalados de monitoreo en el periodo de abril a mayo de 2019 se determinó que la máxima demanda ocurre en horario laboral y se produce principalmente por el uso simultáneo de los sistemas de climatización. Se establece entonces que estos sistemas representan el 77% de consumo total de la edificación mientras que el consumo base como

equipos, o iluminación representó el 23 %.

Como primera etapa en este estudio se plantean estrategias que no contemplen inversión inicial por parte del administrador del edificio y gestione de mejor manera el consumo energético del edificio. En este sentido se proponen dos medidas: controlar consumos vampiros debidos principalmente por dejar encendidos equipos eléctricos y sistemas de climatización en horas que permanece cerrada la edificación. Además, controlar las horas de encendido y apagado de equipos de climatización en planta baja. Al aplicar las estrategias antes mencionadas se calculó un ahorro aproximado mensual de 4,94%; lo cual es equivalente a 1 0248 kWh, 3,94 toneladas equivalentes de CO₂ y USD 635,38 al año, considerando la tarifa actual sin subsidio.

Palabras clave— Edificios comerciales, eficiencia energética, consumo de energía.

1. INTRODUCCIÓN

El rápido crecimiento del uso de la energía en el mundo conlleva tres grandes problemas: dificultad de suministro, agotamiento de recursos energéticos y gran impacto ambiental [1]. Factores como el aumento de la población, cambio climático y los requerimientos de confort han propiciado estudios enfocados en aplicar criterios de eficiencia energética que justifiquen un manejo sostenible de la energía y la elaboración de políticas sustentables.

El parque edificado representa una oportunidad para reducir el consumo de energía debido a su alta demanda energética comparado con otros sectores económicos (transporte, industria, entre otras). Además, se ha identificado en el Ecuador como problema central, la poca aplicación de criterios de eficiencia energética en el sector edificado, debido principalmente a la falta de información desagregada durante el tiempo de uso de la edificación. Esto ha dificultado la creación de una línea base sobre el estado actual y los usos finales de la energía.

En los países en desarrollo como el Ecuador,

el parque edificado está experimentando un crecimiento rápido, a la par que lo hace el requerimiento energético para suplir las necesidades de estas edificaciones; sin embargo, el mercado por su parte no fomenta el uso de tecnologías eficientes [2] que mitiguen el despilfarro energético. En este sentido el sector edificado, por su alta demanda energética, representa una oportunidad para disminuir el consumo de energía.

Por otro lado, el aumento de las emisiones de CO₂ en torno al gasto eléctrico en la cadena tanto de generación y uso final de la energía, han hecho de la eficiencia y gestión energética un objetivo primario en las políticas energéticas en la mayoría de los países [3].

Por otra parte, en la coyuntura nacional el consumo de energía en el sector edificado se ha duplicado en los últimos 15 años y el panorama indica que seguirá aumentando 4% cada año [4]. Según datos de la Agencia de Regulación y Control de la Electricidad (ARCONEL) en julio del 2019 el 21,4% del total de energía consumida a nivel nacional fue utilizada por edificaciones en las cuales se desarrollan actividades comerciales y de prestación de servicios, pertenecientes al sector público y privado. Considerando que, aproximadamente la cuarta parte de la electricidad generada en el país proviene de fuentes no renovables [5] el parque edificado no residencial contribuye a la emisión de CO₂ a causa de sus requerimientos eléctricos.

Además, según ARCONEL en 2017, el 75,25% de energía por generación térmica mediante GLP fue para la Unidad de Negocio Guayaquil siendo históricamente la empresa eléctrica con mayor requerimiento eléctrico del Ecuador [6].

Frente a esto se han creado instrumentos y políticas que guían al estado ecuatoriano a afrontar el fenómeno del consumo desmedido y el cambio climático, que están flanqueadas por leyes y ordenanzas que establecen incentivos o medidas regulativas en puntos clave y establecen un marco regulatorio. La “Ley Orgánica de Eficiencia Energética” [7] describe

a la eficiencia energética como una de las acciones más relevantes para la reducción del consumo energético. En esta ley se establece el cumplimiento del “Plan Nacional de Eficiencia Energética 2016-2035” PLANEE [8] obligatorio para el sector público e indicativo para el privado. Por lo expuesto, la implementación de medidas de eficiencia energética en el parque edificado a nivel nacional representa una oportunidad de ahorro para el país.

La contribución de las edificaciones energéticamente eficientes a los objetivos de la agenda política-energética es una estrategia vinculada a la reducción de emisión de los Gases de Efecto Invernadero GEI responsables del cambio climático.

La identificación de medidas adecuadas para alcanzar un uso eficiente de la energía en una edificación requiere una evaluación completa de su rendimiento. Esto permite identificar aquellos sistemas con potencial de ahorro.

Por lo expuesto, el análisis preciso del consumo de energía en una edificación es una estrategia importante para lograr el objetivo de reducir la demanda de energía, así como para mejorar la eficiencia energética [9].

Una de las formas más utilizadas que permite conocer el estado actual de las edificaciones y encontrar oportunidades de mejora es el análisis energético comparativo de edificios del mismo tipo (*Benchmarking* por sus siglas en inglés).

Dicho análisis se puede llevar a cabo sobre edificios en operación y consiste, en una primera fase, realizar un análisis de los consumos globales mensuales y anuales de energía mediante la información del consumo eléctrico histórico que es generado por las empresas distribuidoras del servicio para el cobro al abonado final.

Con la información anteriormente descrita y el área total edificada se puede categorizar e identificar edificaciones con comportamientos atípicos (grandes consumidores) y, en una

segunda fase, sobre las edificaciones atípicas se analizará el consumo desagregado de energía mediante monitoreo exhaustivo (instalando equipos especializados) para conocer patrones de comportamiento, controlar el gasto energético, encontrar oportunidades de ahorro y proponer medidas de mejora.

En este contexto el Instituto de Investigación Geológico y Energético (IIGE) llevó a cabo un estudio donde analizó el desempeño energético de 502 edificaciones públicas de diferentes tipologías de la costa ecuatoriana y las islas Galápagos lo cual permitió identificar a edificaciones atípicas.

Para el presente estudio se ha seleccionado al edificio centro integrado “25 de Julio” de la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL-EP) ubicado en Guayaquil, Ecuador. Esta edificación muestra alto consumo con respecto a edificaciones de su mismo tipo. Además, en visitas en sitio se observó que cuenta con sistemas de climatización que afectan principalmente en su rendimiento energético.

En este sentido, se analizó y procesó la información obtenida desde 2016 a 2018 del consumo de energía eléctrica con el objetivo de calcular el índice del uso de la energía (IUE) que es un indicador utilizado para rastrear el desempeño del consumo de energía de una edificación dentro de un grupo de edificaciones de uso similar [9].

A continuación, se instalaron en la edificación sistemas de monitoreo exhaustivo tanto para conocer a mayor detalle el comportamiento del consumo total (de todos los equipos y sistemas que operan en la edificación) como de los sistemas de Acondicionamiento de Aire (A/C por sus siglas en inglés).

Los datos analizados fueron descargados de la plataforma donde se administra la información de los equipos instalados. Estos comprenden el periodo de abril a mayo de 2019 y con la información descargada se pudieron determinar patrones de comportamiento de dos variables energéticas diferentes.

Con el análisis de dicha información, se determinaron los patrones de comportamiento en base a las cuales se definieron estrategias para una mejor gestión del gasto eléctrico y generar un ahorro económico sin incurrir en una inversión inicial. Con ello, también se analizó y calculó el porcentaje de ahorro, y la disminución de los índices de contaminación ambiental (toneladas equivalentes de CO₂) que representa la aplicación de las medidas.

2. METODOLOGÍA

Esta sección abarca información concerniente a la edificación. Además, describe los sistemas de monitoreo instalados, los cuales proporcionan datos que serán reportados y en base a ellos se proponen estrategias para mitigar el consumo y demanda de energía.

2.1. La Edificación

El edificio Centro Integrado “25 de Julio” de CNEL-EP está ubicado en la ciudadela Pradera I, en la zona sur de la ciudad de Guayaquil. Presenta un área de construcción de 1 779 m² de los cuales el 94,4% de las zonas se encuentran acondicionadas por equipos de climatización. La edificación se subdivide en: planta baja (oficinas, atención al cliente, tesorería, servicios, etc.) y 7 niveles (de uso exclusivo para almacenamiento) como se muestra en la Fig. 1.

La edificación actualmente funciona como una agencia de servicios para la Empresa Pública Corporación Nacional de Electricidad CNEL - EP. El horario de atención es de lunes a viernes de 8:00 a 17:00 y sábado de 8:00 a 13:00. Además, se conoce que en la noche, domingos y feriados la edificación se encuentra desocupada.



Figura 1: Imagen del edificio en estudio

2.2. Sistema de Monitoreo

En el análisis del consumo eléctrico histórico mensual de la factura eléctrica se determinó que el comportamiento mensual de la edificación está directamente influenciado por el clima (a mayor temperatura del aire exterior se registró mayor consumo de energía). En este sentido se planteó la hipótesis de que el gasto energético es afectado en mayor medida por los sistemas de A/C.

Los sistemas de A/C funcionan de la siguiente manera: el primer sistema corresponde a un grupo de equipos que es operado de forma manual (de encendido y apagado por los usuarios en la edificación, programando la temperatura por los usuarios del edificio) instalados en planta baja. El segundo sistema corresponde a un grupo de equipos que funcionan de forma automática (se establece unas condiciones térmicas que son reguladas automáticamente por el equipo) y que principalmente se encuentran instalados en las zonas de bodegas de los niveles superiores.

Por lo expuesto, se instaló 3 sistemas con equipos que funcionan como monitores de energía, en los tableros principales de suministro de energía para medir en tiempo real las variables eléctricas de los sistemas de A/C y del consumo total de la edificación.

Por otro lado, en planta baja, segundo y séptimo nivel también se instalaron equipos que monitorean la temperatura y humedad relativa, con el objetivo de conocer el comportamiento térmico al interior de la edificación y de esta manera determinar las condiciones ambientales frente al uso de los equipos de A/C.

Según el tipo de sistema instalado se tiene:

2.2.1 Equipos de monitoreo de energía

Equipos que están ubicados en el tablero de distribución principal y miden el consumo de energía y demanda de todo el edificio y de cada sistema de A/C (automático y manual). La información mostrada de energía está en kWh y de demanda en kW.

2.2.2 Equipo de monitoreo de variables térmicas

Estos equipos están ubicados al interior de la edificación en planta baja, segundo y séptimo nivel, en zonas alejadas de las ventanas y de los equipos de A/C. Las variables monitoreadas son la temperatura del aire y la humedad relativa, en °C y % respectivamente, y son registradas en intervalos de 15 minutos de forma continua. Los equipos se encuentran instalados en paredes a una altura de 1,70 metros con respecto al piso.

2.3. Reporte de Datos

De la información proporcionada por CNEL EP del consumo eléctrico mensual y de los datos descargados de los sistemas de monitoreo analizados desde el 1 de abril hasta el 31 de mayo de 2019 se pudo conocer de la edificación:

- Índice del uso de la energía (IUE).
- Consumo eléctrico desagregado.
- Patrones “horario-diario” de consumo.
- Demanda máxima.

Con esta información se han identificado oportunidades de ahorro partir de las cuales se plantea estrategias de eficiencia energética para la edificación.

2.4. Estrategias Propuestas

En base al análisis de datos se plantean estrategias, que no requieren inversión económica, para mejorar el rendimiento energético, por lo que se plantea disminuir su consumo y demanda energética.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En base a la metodología anteriormente descrita, en las siguientes secciones se muestran los resultados obtenidos del análisis de datos y una estimación de los ahorros alcanzables al implementarse las estrategias propuestas.

3.1. Rendimiento Energético Anual

El rendimiento energético se determina en función del Índice de uso de energía (IUE) que corresponde al total del consumo energético anual dividido para el área en metros cuadrados totales de construcción como se muestra en la Ecuación (1).

$$IUE = \frac{\text{Total del consumo eléctrico anu}}{\text{Área total de construcción}} \quad (1)$$

Conforme a los datos del consumo eléctrico anual provistos por CNEL-EP se ha calculado el IUE de la edificación para 2016, 2017 y 2018 y fueron respectivamente: 71,21 kWh/m², 83 kWh/m² y 93 kWh/m².

Además, se observó que marzo y abril son los meses donde se detectaron mayores consumos y temperaturas ambientales cada año. Esta relación entre el consumo eléctrico y las condiciones climáticas evidencia la importancia de monitorear los sistemas de climatización.

3.2. Desagregación del consumo eléctrico de la edificación (abril-mayo 2019)

Los sistemas de monitoreo proporcionaron la información para el periodo descrito dando como resultado que los sistemas de climatización representaron el 77% del consumo total de la edificación, mientras que el

23% restante corresponde al consumo base, es decir equipos que presentan un funcionamiento independiente las condiciones climáticas (iluminación, equipos de oficina, y otros aparatos electrónicos). En la Fig. 2 se presenta el porcentaje de consumo de los sistemas de A/C y la diferencia que corresponderá al consumo base.

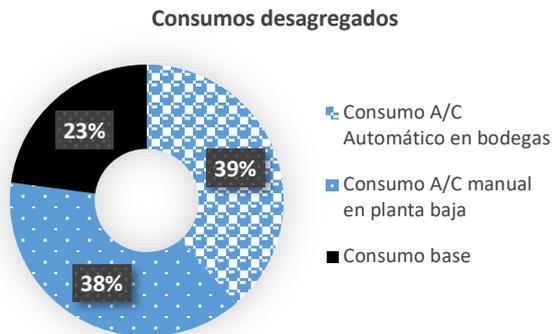


Figura 2: Consumo eléctrico desagregado del periodo abril-mayo 2019 [Elaboración Propia]

3.3. Patrones de consumo horario-diario de la Edificación (abril-mayo 2019)

Para identificar patrones de comportamiento energético de la edificación se realizó un análisis del consumo horario mensual mediante mapas de calor. En donde, los colores fríos (paletas de azul o verde) indican rangos de valores de consumo bajos y los colores cálidos (paletas de amarillo o rojo) indica valores de consumo altos dentro de una escala determinada.

En la Fig. 5 se muestra el mapa de calor horario-diario del consumo total de la edificación. Se identifica que los mayores consumos se presentan en horarios laborales y se determinaron los siguientes patrones de consumo:

- Semana laboral (lunes a viernes)
- Sábados laborales
- Domingos y feriados

Por otro lado, los comportamientos identificados durante las semanas del periodo analizado son representados en la Fig.3. Se han introducido y caracterizado todos los valores horarios obtenidos diariamente para los tres patrones de consumo identificados. Además, la representación de los tres patrones permitió identificar que los días 2019-04-26 y el 2019-05-02 fueron los días de mayor consumo en el período de análisis.

En la Fig. 3 también se pueden observar, en líneas entre cortadas, las medianas de consumo para los días laborales, sábados y feriados con domingos. Se ha representado esta medida debido a que la muestra se ha considerado homogénea.

El 26 de abril se tuvo un consumo de 857,13 kWh que representó cerca del 5% del total del consumo registrado en la planilla mensual de consumo generada por CNEL EP, lo que equivalió un costo de USD \$53,14 en base al costo unitario por kWh, es decir aproximadamente 0,062 USD/kWh aplicado a este tipo de edificación [10].

Comportamiento consumo diario para los días laborables, sábados y domingos con feriados (abril y mayo)

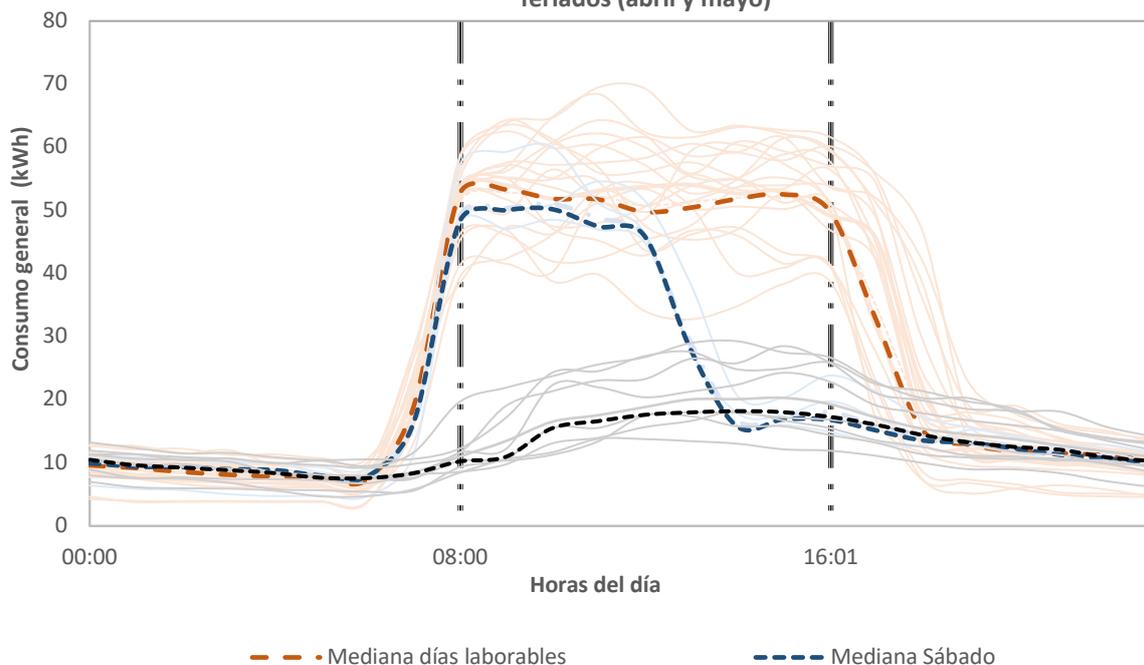


Figura 3: Perfiles de consumo eléctrico diario del periodo abril-mayo 2019

3.4. Demanda Total de la Edificación (abril-mayo 2019)

La demanda forma parte de los cargos facturables en la planilla del servicio eléctrico del edificio analizado. De acuerdo con el pliego tarifario emitido por ARCONEL para el año 2019 [10], la edificación es catalogada como “Entidad oficial con demanda” y establece un costo unitario de 4,003 USD/kW.

Es así como el registro de la demanda también se lo realiza mediante los sistemas de monitoreo instalados y corresponden a un valor instantáneo de potencia por el uso simultáneo de equipos eléctricos.

En el tiempo analizado se observó que para el 26 de abril se registró la demanda máxima igual a 76,83 kW alrededor de las 14:45 (ver Fig. 4). Además, en la misma hora se registró la mayor temperatura del aire al exterior en Guayaquil (30,9 °C) mientras que la temperatura programada por los equipos de A/C en planta baja fue 23,5 °C. Por consiguiente, el valor

correspondiente al cargo por demanda, en la facturación del servicio eléctrico fue de USD 307,32.

Además, por lo mostrado en la Fig. 4, se observa que la demanda máxima ocurrió en horario laboral y se produjo principalmente por el uso simultáneo de los sistemas de climatización. La demanda de potencia del A/C en la planta baja es mayor que la demanda en bodegas desde las 8:00 hasta las 13:00 a pesar de que el área acondicionada es menor en comparación con área climatizada en bodegas. Ver comportamiento de barras naranjas de la Fig. 4.

De igual manera se distingue que los sistemas de climatización de los 7 niveles restantes (bodegas) operan las 24 horas del día y responden a las condiciones ambientales externas (a mayor temperatura mayor demanda). Ver comportamiento de barras azules y de temperatura del aire exterior en la Fig. 4.

Por otro lado, la Fig. 4. muestra una carga base constante fuera de horario laboral de aproximadamente 3,8 kW mientras su valor incrementa a 12,6 kW fuera de dicho periodo. Esto significa que la carga base representan el 16% de la potencia máxima utilizada por la edificación en un día laboral.

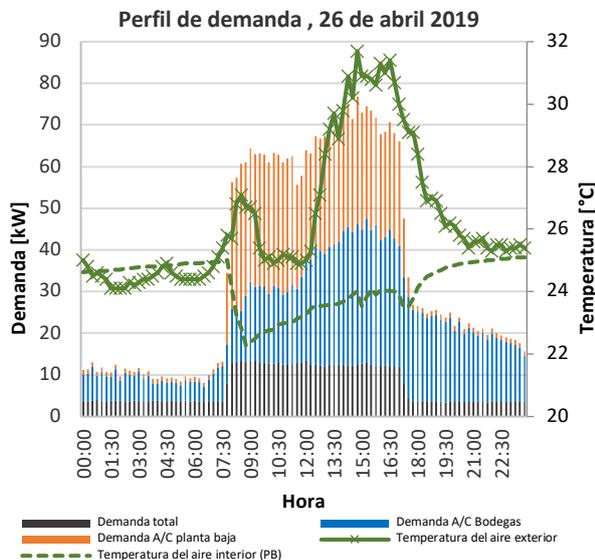


Figura 4: Perfil de demanda y temperatura del 26 de abril de 2019

Además, en la Fig. 4 se muestra el comportamiento de la temperatura interior en planta baja (línea entrecortada). En este sentido se puede observar cómo los sistemas de A/C en esta zona intentan mantener unas condiciones ambientales constantes al interior frente al comportamiento climático exterior.

3.5. Estrategias de Ahorro y Eficiencia Energética

Por lo expuesto en los análisis anteriores se plantean dos estrategias puntuales en planta baja:

- Control de consumos vampiros en el sistema de climatización.
- Encendido y apagado programado de equipos.

Así pues, para el seguimiento, control y cumplimiento de las estrategias se programó una alarma en los sistemas de monitoreo, la cual

informa cuando los sistemas han superado un valor de consumo establecido.

La recepción de datos y su análisis estadístico permite localizar medidas de tendencia (promedio y mediana) para establecer valores máximos o mínimos y su momento de ocurrencia. En base a dicho análisis, es posible determinar los ahorros que produce la implementación de las estrategias descritas a continuación:

3.5.1 Control de consumos vampiros del sistema de climatización en planta baja

En este estudio se plantea la existencia de “consumos vampiros” cuando los sistemas de monitoreo detectan gastos eléctricos fuera del horario regular de uso (noche, fin de semana y feriados). Se considera que dichos gastos ocurrieron por mantener encendidos/conectados equipos electrónicos. En la Fig. 5 se indica este comportamiento representado con colores amarillos.

Respecto a los consumos vampiros, se plantea que es necesario indicar a los usuarios apagar el sistema de climatización de la planta baja; así como los computadores u otro aparato desde las 19:00 a 07:00 de lunes a viernes y a partir de las 13:45 del sábado hasta las 07:00 del lunes. En este sentido, se programó la alarma para que al existir un consumo mayor a 7,6 kWh, en las horas descritas, se envié una notificación a un encargado que controle e indique el suceso.

Se estima que la implementación de esta medida corresponde a 519 kWh/mes de energía ahorrada; es decir, que representará la disminución de un 3% del consumo eléctrico total mensual de la edificación.

3.5.2 Encendido y apagado programado de equipos de planta baja

Los equipos de climatización deben cumplir la misión de mantener las condiciones de confort (temperatura y humedad) de las personas que están en el recinto únicamente

durante el tiempo que permanezcan en la edificación. En este sentido, por medio de los sistemas de monitoreo de energía y de las variables térmicas se observó que existe un periodo prolongado de uso de estos equipos cuando no hay personal, tampoco visitantes en el edificio. Además, por lo observado en la Fig. 3 existe una hora de mayor consumo que se da alrededor de las 8 am, además este fenómeno permanece aún tiempo después de terminada la hora conocida como de “atención al cliente”.

Por lo expuesto, para los equipos del sistema de A/C se propone realizar un encendido paulatino que empezará 15 minutos antes de la apertura del edificio. Por otro lado, su apagado también deberá ser paulatino y comenzará 1 hora antes del cierre, ya que, como se observa en la Fig. 3 empieza una hora antes. Se sugirió además que las dos medidas deben realizarse con las puertas exteriores cerradas para controlar que la carga térmica externa no ingrese al interior de la edificación.

Como en el caso anterior, mediante los sistemas de monitoreo se programó una alarma que mostrará cuando el consumo total supere los 30,1 kWh durante los siguientes horarios: de 7:00 a 8:00 y de 16:00 a 19:00 para días laborables entre semana; y de 12:00 a 13:45 los sábados laborables. Con la aplicación de esta medida se estima un ahorro de 335 kWh/mes que representará la disminución del 1,94% del consumo eléctrico total mensual de la edificación.

4. DISCUSIÓN

En esta sección se plantea discutir el panorama actual de la edificación con el objetivo de evidenciar los resultados de la metodología y también discutir un apartado de proyecciones futuras en donde se plantean estrategias adicionales encontradas. Además, se deja planteada la expansión del alcance del presente estudio con la consideración de las auditorías energéticas y la norma ISO 50 001.

4.1 Panorama Actual

Con la implementación de las dos estrategias anteriormente planteadas pretenden alcanzar un ahorro mensual aproximado del 4,94%, equivalente a: 10 248 kWh al año (valor semejante al consumo de enero de 2019), 3,94 toneladas equivalentes de CO₂ y USD 998,15. El ahorro económico representa un beneficio directo anual a CNEL EP de USD 635,38 correspondiente el valor facturado por el servicio eléctrico; mientras que USD 362,77 corresponde a una disminución en el subsidio anual recibido, ya que la edificación evaluada cuenta con una tarifa 36% menor respecto a edificaciones con tarifa comercial.

Además, esta estrategia es fácilmente replicable en todas las edificaciones que utiliza CNEL EP representado ahorros más significativos para esta entidad y consecuentemente al estado ecuatoriano a través de la disminución del pago al subsidio generado.

Es importante mencionar que, asegurar este ahorro es tan importante como mantener las condiciones de confort de las personas; así como también garantizar el óptimo funcionamiento de los equipos y la integridad de la documentación en las bodegas, es por ello por lo que las estrategias aquí planteadas deben socializarse con el personal encargado de la edificación, asignando un responsable directo o llamado también “gestor energético”. Además, se ha sugerido que las mismas deberán aplicarse de modo gradual manteniendo un control constante con el objetivo de evaluar y evidenciar su impacto para no originar perjuicios de ninguna índole o falta de motivación en los usuarios.

Por otro lado, es importante contar con la participación del personal permanente y de los usuarios para conseguir los objetivos planteados. Estos criterios son una forma adecuada de establecer objetivos enfocados en la eficiencia energética. Además, es necesario definir objetivos claros y reales de cumplimiento de corto, mediano y largo plazo

con el compromiso de la gerencia o administración y darse a conocer de tal manera que se pueda promover una cultura de sostenibilidad y conciencia ambiental [11].

En adición, en las visitas en sitio se observó que se pueden incorporar estrategias pasivas [12] las cuales generarán cambios o mejoras en la envolvente (techos, ventanas, puertas, entre otras) del edificio, con ello se lograría una disminución de cargas térmicas producidas por las condiciones ambientales de Guayaquil (zona húmeda muy calurosa según la zonificación climática contemplada en la NEC-HS-EE [13]) y disminuirán los requerimientos energéticos de los sistemas de A/C. Las estrategias pasivas propuestas para esta edificación son:

- Cubrir las ventanas con láminas reflectantes especiales, cortinas o publicidad en las zonas donde se almacenan documentos.
- Añadir en el techo aislante térmico o pintura exterior reflectiva.
- Colocar un techo voladizo en la parte exterior del acceso principal (planta baja).
- Instalar puertas giratorias o automáticas en el acceso principal (planta baja).
- Considerar la plantación de vegetación de mayor altura en la fachada exterior de la edificación.

4.2 Proyecciones Futuras

El alcance de los resultados que se han presentado en este estudio se puede ampliar hacia la concepción de estrategias adicionales que también son contemplados en criterios y procesos a nivel internacional. Estos criterios también incluyen una inversión económica a posterior asegurando su viabilidad mediante un análisis costo-beneficio.

En este contexto [14] establece que, para levantar información en el marco de una auditoría energética en edificios comerciales se deberán seguir los siguientes pasos:

- Recolectar y analizar el consumo histórico de energía.
- Estudiar la edificación y recolectar datos

sobre sus características operativas y calidad medioambiental al interior.

- Identificar medidas potenciales que reducirán el uso de la energía y/o el costo, que mejorarán la calidad ambiental interior de los ocupantes.
- Realizar un análisis ingenieril y económico para potenciales modificaciones.
- Listar las medidas apropiadas y agruparlas en paquetes que capitalizarán las posibles sinergias y reducciones de costos.
- Elaborar informes para documentar el procedimiento y los resultados.

En este sentido en el presente artículo se han expuesto la mayoría de los temas antes mencionados, por lo cual en el futuro se podría adoptar esta metodología; sin embargo, cabe indicar que cada ítem se subdivide en varias directrices y procedimientos adicionales que no fueron contemplados en este estudio.

En cuanto a las directrices y procedimientos posteriores que se podrían aplicar consiste en un estudio exhaustivo del sistema de climatización están: levantamiento de las características técnicas, régimen de funcionamiento, ubicación, número de equipos dentro del edificio, mantenimientos, entre otra información útil. Esto con el objetivo de determinar su comportamiento y proponer medidas para reducir la cantidad de equipos de A/C o reprogramar las condiciones ambientales establecidas por ejemplo aumentando en un grado centígrado la temperatura establecida.

Por otro lado, estudios como los de [12] donde se analizan los diferentes documentos y normativas vigentes en pro de mejorar la gestión energética en edificaciones comerciales, se consideran medidas de costo casi cero que conducen a importantes ahorros iniciales como: educación del usuario a través de la elaboración de un “Manual de uso del espacio de oficina” en el que se contemplaría: la reprogramación y control del equipamiento como programar a las computadoras bajo la

denominación de “PC bajo el modo eficiente” y el control de iluminación mediante sensores de movimiento.

Finalmente, la metodología aplicada en este artículo provee parámetros que permitirán, de forma más rápida, la adopción de la norma internacional ISO 50 001 “Sistemas de Gestión de la Energía” la cual se apoya en una metodología de trabajo del círculo de Deming: “Planear, Hacer, Revisar y Actuar” (*PDCA: Plan, Do, Check, Act*) por sus siglas en inglés [11].

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en el presente estudio permitieron observar que, a partir de la instalación de equipos de monitoreo de variables eléctricas y térmicas inherentes al edificio del centro integrado 25 de Julio, es factible realizar un análisis energético basado en condiciones reales de funcionamiento.

El análisis se enfocó en la detección del consumo y demanda eléctrica máxima durante abril y mayo del 2019, se identificó tres patrones de consumo: semana laboral (lunes a viernes), sábado laboral y domingos (incluyendo feriados). Además, se determinó que los equipos de climatización representan un mayor gasto energético (77% del consumo total de la edificación).

Con lo encontrado se propusieron dos medidas puntuales de ahorro y eficiencia energética que intervienen principalmente en el sistema de climatización de la planta baja del edificio (zona de mayor concurrencia de personas). Las medidas no requieren inversión económica y representan un potencial de ahorro anual de alrededor del 5% del consumo total de la edificación lo que equivale a dejar de emitir 3,94 toneladas equivalentes de CO₂.

Se recomienda extender el alcance del estudio mediante el levantamiento de información de más edificaciones incluyendo las de carácter privado y las ubicadas en

diferentes zonas climáticas con el objetivo de definir una línea base acerca del desempeño energético de las edificaciones comerciales en el Ecuador. CNEL EP, es la empresa pública que administra la mayor cantidad de abonados en el Ecuador, por lo que está en la capacidad de replicar el estudio en otros sectores de consumo.

Es necesario socializar todas las medidas que se pretendan implementar tanto con el personal de planta, así como con los usuarios para que se pueda tener mayor eficacia y alcance en las propuestas planteadas. Además, con los criterios aquí planteados se puedan implementar de mejor manera normativas internacionales vigentes y/o que constituyan también en futuros reglamentos o normas energéticas para edificios en el Ecuador. Sin embargo se debe tomar en cuenta que estas estrategias no son replicables en edificaciones de diferente uso como el industrial o educativo. En estas edificaciones se recomienda realizar estudios específicos y determinar sus perfiles de consumo característicos.

6 AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue llevado a cabo gracias al financiamiento de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), con la co-ejecución del Centro Internacional de Métodos Numérico de Ingeniería (CIMNE) y la empresa española INERGY. Además, un agradecimiento especial a la Empresa Pública - Corporación Nacional de Electricidad (CNEL-EP) por su cooperación en el desarrollo del presente estudio.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] U. S. Energy Information Administration (2019). Monthly Energy Review September 2019. Obtenido de: https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/sec7_17.pdf
- [2] Iwaro, J., & Mwashu, A. (2010). A review of building energy regulation and policy for

- energy conservation in developing countries. *Energy Policy*, 38(12), 7744–7755. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.08.027>
- [3] Gul, M. S., & Patidar, S. (2015). Understanding the energy consumption and occupancy of a multi-purpose academic building. *Energy and Buildings*, 87, 155-165.
- [4] MICSE. 2016. Balance Energético Nacional 2016. Ministerio Coordinador de Sectores estratégicos.
- [5] Agencia de Regulación y Control de la Electricidad (2019). Balance Nacional de Energía Eléctrica a mayo 2019. Tomado de: <https://www.regulacioneolica.gob.ec/balanc-e-nacional/>
- [6] Agencia de Regulación y Control de la Electricidad (2017). Estadística anual y multianual del sector eléctrico ecuatoriano. Tomado de: <https://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/10/estadistica-reducida.pdf>
- [7] Asamblea Nacional, república del Ecuador (2019). Ley orgánica de eficiencia energética. Obtenido de: <https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Ley-Eficiencia-Energética.pdf>
- [8] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (2016). Plan Nacional de Eficiencia Energética – PLANEE.
- [9] Bakar, N. N., Hassan, M. Y., Abdullah, H., Rahman, H. A., Abdullah, M. P., Hussin, F., & Bandi, M. (2015). Energy efficiency index as an indicator for measuring building energy performance: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 1–11. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.018>
- [10] Agencia de Regulación y Control de Electricidad (2019). Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución codificado. Obtenido de: <https://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/02/Pliego-Tarifario-SPEE-2019.pdf>
- [11] Restrepo, A., & Esteban, J. (2014). Metodología para la evaluación energética de edificios comerciales en Colombia basados en estándares y normas internacionales (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín).
- [12] Palme, M., Lobato, A., Gallardo, A., Beltrán, D., Castillo, J., Villacreses, G., ... Godoy, F. (2016). Estrategias para mejorar las condiciones de habitabilidad y el consumo de energía en viviendas. Descargado de: <http://www.iner.gob.ec/biblioteca/>. Ecuador.
- [13] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda MIDUVI (2019). Norma Ecuatoriana de la Construcción, capítulo Eficiencia Energética en Edificaciones NEC-HS-EE. Ecuador.
- [14] Deru, M. P., Deru, M. P., & Kelsey, J. (2011). Procedures for commercial building energy audits. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers.
- [15] Y. Alamino Naranjo, E. Kuchen, C. Gil Rostol, y A. Alonso Frank, «Monitoreo de funcionamiento y estrategias de eficiencia energética para el edificio público de Obras Sanitarias Sociedad del Estado, San Juan, Argentina, Hábitat Sustentable, vol. 5, n.º 1, pp. 14-23, jun. 2015.

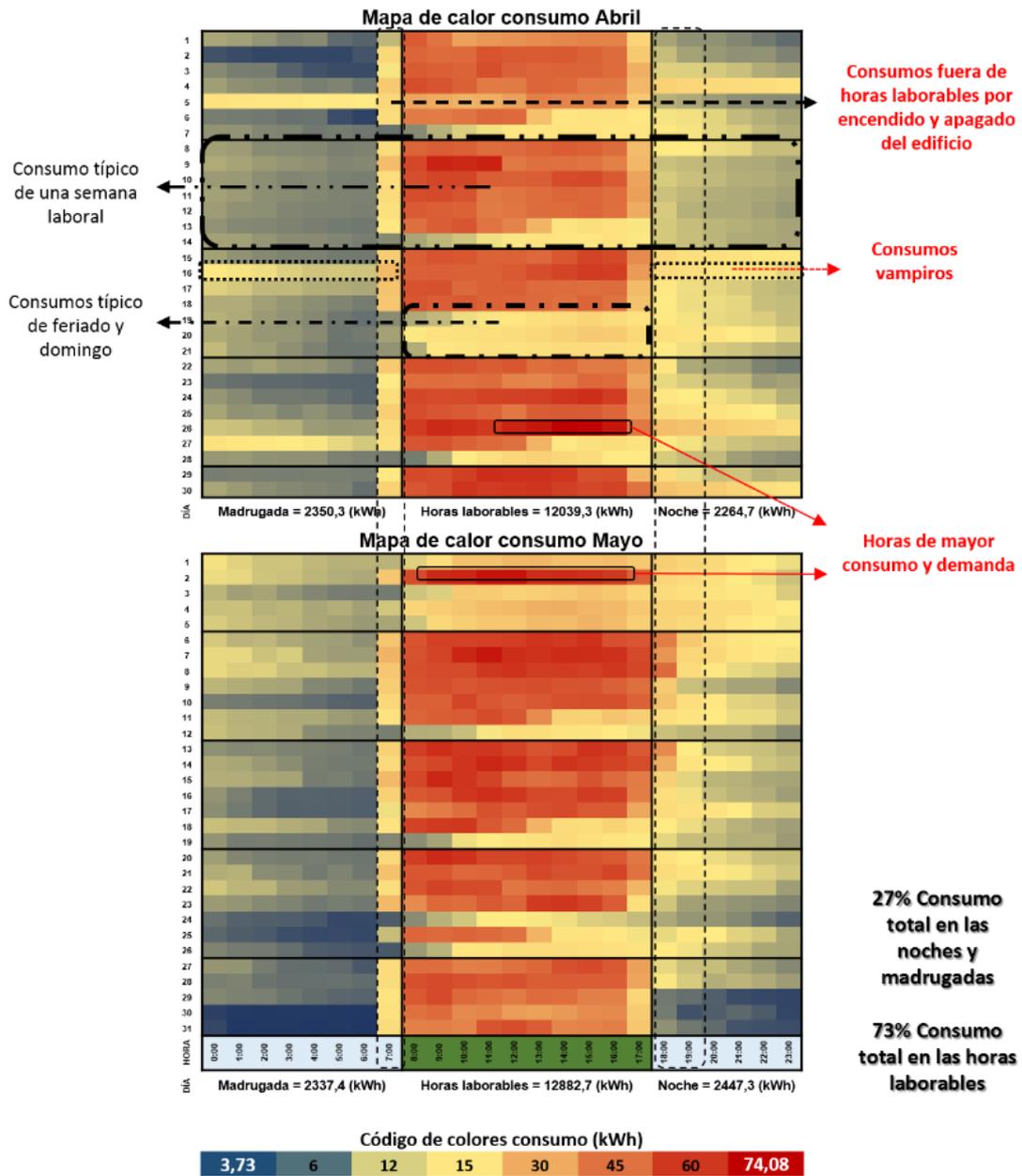


Figura 5: Mapa de calor del consumo general horario de abril y mayo de 2019