

# IMPLEMENTACIÓN DE INDICADORES ENERGÉTICOS EN CENTROS EDUCATIVOS

## CASO DE ESTUDIO: Edificio Alejandro Suárez Copete- Universidad Distrital

### Francisco José de Caldas

Jaime Dwaigh Pinzón C.  
Alejandra Corredor R.  
Francisco Santamaría P.  
Johann Alexander Hernández M.  
Cesar Leonardo Trujillo R.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en varios países han sido adoptadas diferentes medidas y acciones hacia el crecimiento de la eficiencia energética y la reducción de pérdidas, donde se evidencia un especial énfasis hacia las etapas de uso final. Dentro de este contexto, se ha identificado que los edificios son unos de los mayores consumidores de energía, con el consecuente impacto en cuanto a emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) y por lo tanto, en el cambio climático. Un edificio tiene un ciclo de vida largo, así que su efecto en el medioambiente es de larga y permanente duración (Dakwale, Ralegaonkar, & Mandavgane, 2011). Diversos estudios indican que con la tecnología existente, se pueden conseguir importantes mejoras en la eficiencia de los inmuebles, sin disminuir niveles de seguridad y confort. También se indica que el costo neto derivado de la implantación de estas mejoras tiene un valor neutro si se tienen en cuenta los ahorros generados (Plataforma Tecnológica Española de Eficiencia Energética, 2009).

Además, para lograr la eficiencia energética en una empresa u organización no basta con que exista un plan de ahorro de energía derivado de un estudio

o diagnóstico. Se debe contar con un sistema de gestión que garantice la mejora continua (Consultoría en eficiencia energética, 2012). Teniendo en cuenta lo anterior, un factor relevante en la promoción y posterior éxito de las medidas de fomento a la eficiencia energética, es la adecuada consideración de los contextos de consumo de energía, que presupone levantamientos de los usos, tecnologías y hábitos energéticos, mediante un planteamiento consistente, previo a la implementación de los programas. Posteriormente, deben existir procedimientos continuos de evaluación y monitoreo de resultados, mediante el uso de indicadores de gestión y el establecimiento de metas (Lawrence, Watson, Boudreau, Johnsen, Perry, & Ding, 2012).

De otro lado, la gestión comprende una serie de actividades que permiten generar cambios organizacionales, tanto en estructura como en algunos procesos y procedimientos. Su incorporación también implica cambios en la forma de pensar y actuar de aquellas personas que están directamente relacionadas con el manejo de los procesos consumidores de energía (Consejo Mundial de la Energía, 2004).

Los parámetros obtenidos de la gestión energética, permiten la aplicación de la Norma internacional ISO 50001, que tiene que ver con los sistemas de gestión de la energía, ya que esta norma está destinada a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, de los costos y consumos de la energía y de otros impactos ambientales relacionados (Organización Internacional de Normalización, ISO, 2011), en tal sentido la implementación de los indicadores supone una mejora continua en estos aspectos establecidos en la norma.

De acuerdo con lo anterior, se hace necesaria la construcción e implementación de indicadores de gestión que incluyan las principales variables de los consumos energéticos para un edificio de centro educativo, con el fin de evaluar de manera continua el nivel tecnológico y los hábitos de consumo a medida que se van percibiendo o no las mejoras presupuestada en los planes iniciales (Pinzón & Corredor, 2013).

El presente artículo, propone la implementación de indicadores energéticos en edificios. Dichos indicadores son aplicados y evaluados en el edificio Luis Alejandro Suarez Copete de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Sin embargo, pueden ser aplicados en cualquier edificio con condiciones de consumos similares, independientemente del tipo de usuario. Además, se realiza la comparación de los indicadores actuales y los indicadores meta con la implementación de acciones de eficiencia energética.

Este artículo tiene cinco secciones, así: la primera, es la introducción; en la sección dos, se presenta la identificación de los indicadores con la estructura y principales características para su gestión. En la sección tres, se muestran las características físicas y energéticas del edificio del caso de estudio a partir de mediciones realizadas. En cuatro, se encuentran los indicadores implementados y una evaluación cualitativa y cuantitativa de los mismos, para después en la última sección, se presenten las principales conclusiones del trabajo.

## 2. IDENTIFICACIÓN DE INDICADORES ENERGÉTICOS

**E**l análisis y caracterización energética de cada proceso dentro de un edificio, permite definir indicadores propios enfocados a la eficiencia energética. Estos indicadores sirven como base de comparación y monitoreo para controlar y reducir las pérdidas energéticas de las distintas actividades y evaluar los potenciales de reducción de dichas pérdidas, debidas principalmente a la tecnología empleada y hábitos de consumo (Pérez & Vera, 2011).

Un indicador, debe permitir establecer el nivel de una condición o un problema como punto de partida para la toma de decisiones a escala empresarial. Para que cumpla con este objetivo de manera eficiente, debe contar con las siguientes características (Consultoría en eficiencia energética, 2012):

- Ser relevante.
- Ser entendible.

- Estar basado en información confiable.
- Ser transparente y verificable.
- Estar basado en información específica con relación al proceso/sistema y el tiempo.
- Poder medir cambios en una condición o situación a través del tiempo.
- Facilitar observar de cerca los resultados de iniciativas o acciones.
- Ser instrumentos valiosos para determinar cómo se pueden alcanzar mejores resultados en proyectos de desarrollo.

Una vez identificados los distintos indicadores para cada una de las áreas específicas del edificio, se deben organizar y jerarquizar, de tal manera que se puedan definir niveles de indicadores dentro de la entidad, así como necesidades de medición y que sea viable la gestión de los mismos.

## 2.1 Modelo para la estructuración de indicadores

La estructuración de los indicadores, se hace a partir de las necesidades, garantizando el nivel de detalle,

frecuencia y relevancia para cada uno de los niveles seleccionados. A continuación se presentan los niveles sugeridos, así como los responsables de su elaboración, a quiénes debe informar y la frecuencia con que se deben elaborar (Tabla 1).

Tabla 1. Estructura de los indicadores

Nivel	Responsable	¿A quién se informa?	Tipo	Frecuencia
1	Responsable de mantenimiento	Administrador edificio	Desempeño	Semanal
2				
3	Administrador edificio	Director General	Gestión	Mensual
4				

Fuente. Elaboración propia de los autores.

**Responsable:** es aquel que debe elaborar el indicador, analizarlo e identificar las causas de las desviaciones que este tenga.

**A quién informa:** es quien verifica a través de reuniones periódicas que se elabore el indicador y se lleven tendencias y análisis de las desviaciones. Es el encargado de dirigir las discusiones de las propuestas de acciones correctivas y de mejoramiento y las definiciones de acciones a ejecutar.

**Tipo:** se dividen en indicadores de desempeño y de gestión. Los primeros, se monitorean con el fin de tomar

acciones correctivas o de mejoramiento (la acción es al interior). Los indicadores de gestión se usan para compararse con otras instalaciones del mismo grupo o externas (su acción es al exterior).

**Frecuencia:** se refiere al período para el cual se deben elaborar los indicadores (es posible elaborar indicadores diarios y hasta horarios en equipos, pero no se hace una reunión diaria para analizarlos; estos pueden ser muy útiles para el análisis que el responsable de ellos debe hacer sobre el desempeño) (Consultoría en eficiencia energética, 2012).

## 3. CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO SELECCINADO

La Universidad Francisco José de Caldas, es una institución de educación superior del Distrito Capital de Bogotá y de la Región Central de la República de Colombia y de carácter público. Su visión de futuro está estrechamente ligada a los procesos de su entorno social.

Para esta investigación, se seleccionó el edificio Luis Alejandro Suarez Copete de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Sus instalaciones, fueron construidas en la década del 50 y a través de los años se han realizado modificaciones y adecuaciones a la infraestructura física y eléctrica de la sede. Entre las modificaciones

más importantes se puede nombrar el aumento de carga debido a equipos de cómputo, iluminación, servidores, aire acondicionado y refrigeración.

La ocupación del Edificio, varía a lo largo del día y durante la semana para los salones, ya que en estos se toman diferentes asignaturas. Adicionalmente, para las oficinas se tiene un número fijo en la jornada laboral. Debido a esto, fue necesario realizar un perfil de ocupación para la construcción de indicadores relacionados con este aspecto. El horario de funcionamiento de las instalaciones difiere en cuanto al servicio que prestan (Tabla 2).

**Tabla 2.** Horarios de ocupación de los diferentes espacios

Sitio	Horario	Días laborales al año	Horas al día	Horas al año
Salones	6:00 am - 10:00 pm	200	16	3200
Oficinas dependencias	8:00 am - 5:00 pm	247	9	2223
Grupos de investigación	6:00 am - 10:00 pm	200	16	3200

**Fuente.** Elaboración propia de los autores.

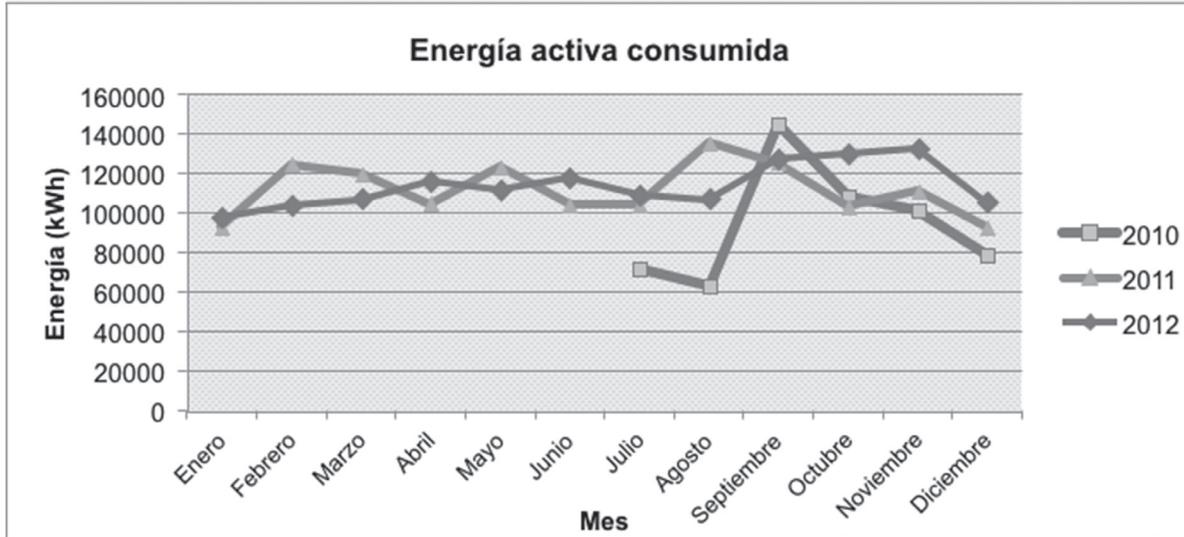
### 3.1 Caracterización de consumos

Realizar el análisis periódico del consumo y valor de las facturas de energía en una edificación, permite tomar conciencia de sus costos; además, si se toman medidas de gestión eficiente de la energía, a partir del consumo base se podría evaluar el éxito de la aplicación de medidas de ahorro y determinar si cada medida ha tenido algún impacto favorable sobre los costos.

#### 3.1.1 Consumos históricos de energía eléctrica

A partir de los datos obtenidos de la factura de energía eléctrica, se tiene que este es un usuario regulado con nivel de tensión dos, oficial, con red subterránea y carga de 250 kW. Adicionalmente, la factura de energía eléctrica brinda información para conocer los consumos y costos que se tienen a lo largo de diferentes periodos. En este caso, se tomaron las facturas desde julio de 2010 hasta diciembre de 2012, (Ver figura 1).

**Figura 1.** Energía activa consumida en el periodo analizado.



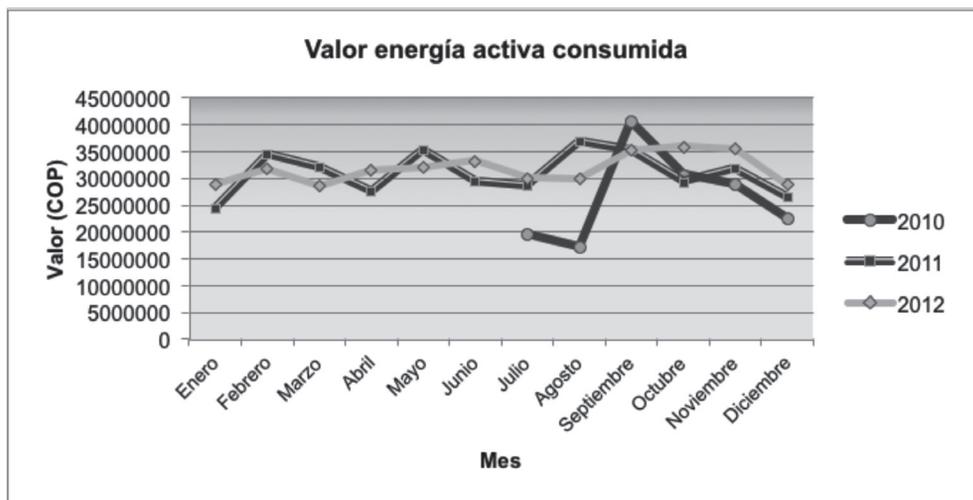
**Fuente.** Elaboración propia de los autores.

La media aritmética de todos los consumos mensuales, fue de 109.540 kWh; el consumo mínimo mensual, fue de 63.600 kWh (ocurrió en agosto de 2010) y el consumo máximo mensual, fue de 145.200 kWh (ocurrió en septiembre de 2010). La desviación estándar que se reflejó fue de 18.148,13 kWh y corresponde al 16,74 %. Esta desviación tan grande, se debe a que en las instituciones educativas se tienen periodos de vacaciones y por tanto, los consumos de energía en esos periodos son mucho menores. El coeficiente de asimetría es de -0,53, lo que quiere decir

que la distribución de probabilidad de las muestras tiene más valores a la izquierda de la media que a la derecha.

Uno de los parámetros más importantes, es el valor de los consumos mes a mes del periodo que se está analizando (Figura 2), ya que el precio del kWh depende de diferentes factores como el nivel de tensión al que está conectado y el tipo de servicio. Además, los cambios mes a mes se deben a costos por generación, transmisión, distribución, comercialización, pérdidas y restricciones (Comisión Reguladora de Energía y Gas, 2007).

**Figura 2.** Valor de la energía activa en el periodo analizado.



**Fuente,** Elaboración propia de los autores.

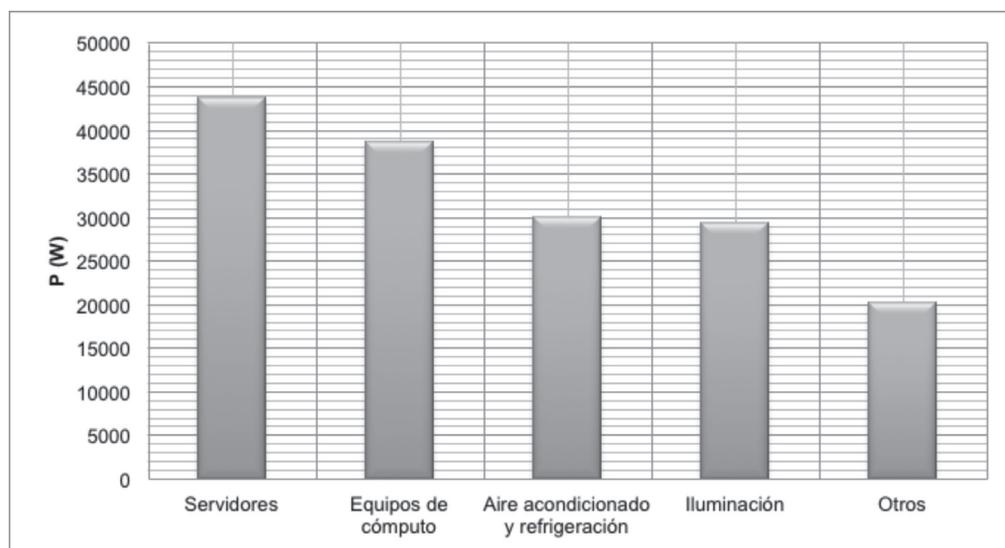
El comportamiento del valor de los consumos, es similar a la energía activa consumida, en donde el promedio fue de \$ 30.417.567, el valor mínimo fue de \$ 17.273.613 en agosto de 2010 y el valor máximo, se presentó en septiembre de 2010 y fue de \$ 40.615.982. El costo de la energía consumida en el periodo analizado, fue de \$ 912.527.037.

### 3.1.2 Distribución de consumos

El Edificio, cuenta con diferentes equipos instalados en salones, oficinas y salas. Para conocer el reparto de

carga, se realizó un inventario en donde se adquirió información de las principales características de todos los equipos instalados en la sede y el régimen de uso promedio de cada equipo. Se observa (Figura 3), que los equipos que presentan mayor consumo en el Edificio son en su orden: servidores, equipos de cómputo, aire acondicionado y refrigeración e iluminación, los cuales en conjunto representan cerca del 88% de la carga instalada. Además, existen otros equipos con alto consumo energético como bombas de agua, televisores y hornos.

**Figura 3.** Potencia instalada en el edificio.



**Fuente.** Elaboración propia de los autores.

## 3.2 Sistema eléctrico

La Facultad de Ingeniería, tiene una subestación de 11.400/480 V-200 kVA, instalada en el Edificio Sabio Caldas, la cual también alimenta la subestación del Edificio Luis Alejandro Suarez Copete con una acometida de 120 m.

### 3.2.1 Desempeño eléctrico de la subestación

La evaluación del desempeño actual de la subestación, se realizó por medio de mediciones de las variables

eléctricas con un equipo analizador de calidad de redes trifásico Power Quality Analyzer (PQA), por 12 días, es decir desde el 22 de noviembre al 4 de diciembre de 2012. Los parámetros eléctricos más importantes se presentan a continuación (Tabla 3), en donde se debe tener en cuenta que la hora académica es entre las 6:00 am y las 10:00 pm y la hora no académica, es entre las 10:00 pm y las 6:00 am.

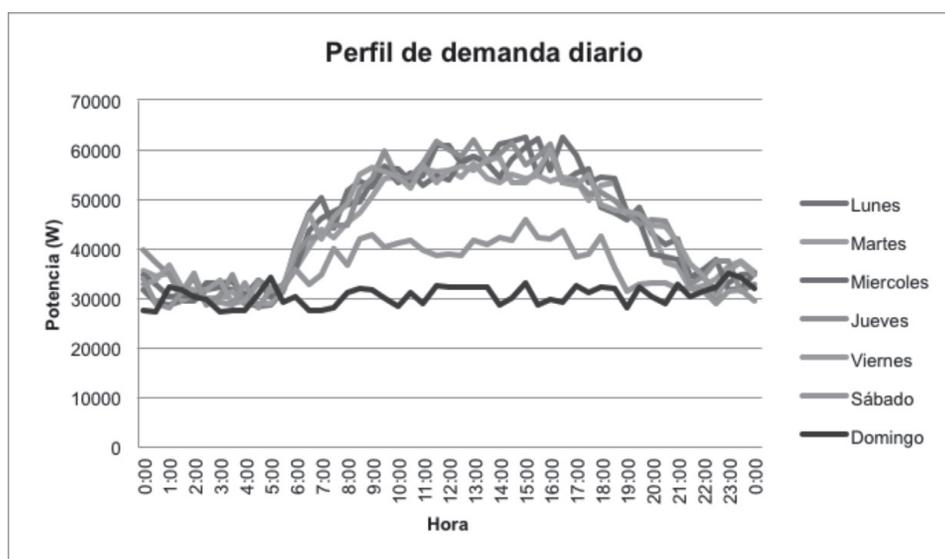
**Tabla 3.** Parámetros eléctricos de la subestación del edificio.

Parámetro		Valor	Observación
Capacidad (kVA)		200	
Potencia Activa (kW)	Hora académica	51,70	
	Hora no académica	32,30	--
	Máximo	92,76	
Factor de potencia Cargabilidad del transformador (%)	Hora académica	0,97	>0,9 (CREG 108-1997)
	Hora no académica	0,95	
	Hora académica	25,85	--
	Hora no académica	16,15	
	Máxima	46,38	
Desbalance de voltaje (%)		0,48	< 2%
Desbalance de corriente (%)		5,10	< 20% (IEEE 446-1995)
Corriente nominal (A)		175	--

**Fuente.** Elaboración propia de los autores.

Con la información obtenida del registro, se construyó el perfil típico diario de consumo de energía para todos los días de la semana (Figura 4).

**Figura 4.** Perfil de demanda diario.



**Fuente.** Elaboración propia de los autores.

La curva entre lunes y viernes, tiene un comportamiento similar con un pico de 62 kW. Para el caso del día sábado, el consumo energético es menor y el domingo tiene una potencia promedio de 30 kW, la cual corresponde a los equipos del centro de información.

## 4. RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LOS INDICADORES PARA GESTIÓN ENERGÉTICA

### 4.1 Indicadores planteados

A partir de lo expuesto en los apartados anteriores, a continuación se presentan los diferentes indicadores propuestos, teniendo en cuenta los niveles sugeridos en la Tabla 1.

#### 4.1.1 Nivel 1: indicadores para dependencias/ zonas/pisos

El primer grupo de indicadores, busca monitorear el consumo específico de las diferentes dependencias/ pisos dentro de la instalación. Las características de este tipo de indicadores son las siguientes:

- **Aspecto medido:** consumo de energía eléctrica y potencia instalada de la dependencia/piso, relacionada con el área (kWh/mes-m<sup>2</sup> y W/m<sup>2</sup>).
- **Responsable del indicador:** encargado de mantenimiento.
- **A quién se le informa:** al administrador del edificio, a través de reuniones mensuales de seguimiento (Juntas Técnicas), en las cuales adicionalmente, se discuten las acciones correctivas o de mejoramiento a ejecutar.
- **Frecuencia de medición:** se deben tomar los valores de consumo y elaborar y analizar el indicador al menos cada semana.

A continuación, se muestran los indicadores propuestos de nivel 1, el valor y la fuente de información para realizar el seguimiento (Tabla 4).

Tabla 4. Nivel 1 de indicadores.

Nivel 1				
Indicador	Dependencia/zona	Unidad	Valor actual	Fuente de información
Índice de consumo energético por piso.	Piso 1	kWh/mes-m <sup>2</sup>	60,39	Los consumos a partir de los medidores a instalar y las dimensiones físicas construidas (en m <sup>2</sup> ) de los planos arquitectónicos.
	Piso 2		4,81	
	Piso 3		7,54	
Índice de potencia instalada por piso	Piso 1	W/m <sup>2</sup>	116,64	Potencia instalada del censo de carga o inventario de equipos actualizado y el área de los planos arquitectónicos.
	Piso 2		25,73	
	Piso 3		30,11	

Fuente. Elaboración propia de los autores.

### 4.1.2 Nivel 2: indicadores para equipos/ sistemas principales

Este grupo de indicadores, busca monitorear el consumo específico de los diferentes sistemas dentro de la instalación junto a la potencia instalada, con el fin de encontrar el nivel tecnológico para cada sistema evaluado. Las características de este tipo de indicadores se describen a continuación:

- Elemento evaluado: sistemas/servicios comunes al edificio como aire acondicionado, iluminación y equipos de oficina.
- Aspecto medido: consumo de energía eléctrica y potencia instalada del equipo/sistema (kWh/mes-m<sup>2</sup> y W/m<sup>2</sup>).

- Responsable del indicador: encargado de mantenimiento.
- A quién se le informa: al administrador del edificio de manera semanal, quien a su vez, valida que la suma de los consumos en los diferentes sistemas coincida con lo presentado en la factura.
- Frecuencia de medición: se deben tomar los valores de consumo y elaborar y analizar el indicador al menos cada semana.

A continuación, se muestran los indicadores propuestos de nivel 2, el valor y la fuente de información para realizar el seguimiento (Tabla 5).

Tabla 5. Nivel 2 de indicadores

Nivel 2				
Indicador	Sistema/equipo	Unidad	Valor actual	Fuente de información
Índice de consumo energético por aplicación.	Equipos de cómputo	kWh/mes-m <sup>2</sup>	3,05	Los consumos a partir de los medidores a instalar y las dimensiones físicas construidas (en m <sup>2</sup> ) de los planos arquitectónicos.
	Iluminación		2,76	
	Aire acondicionado y refrigeración		6,52	
Índice de potencia instalada por aplicación.	Equipos de cómputo	W/m <sup>2</sup>	14,05	Potencia instalada del aforo de carga o inventario de equipos actualizado y el área de los planos arquitectónicos.
	Iluminación		10,71	
	Aire acondicionado y refrigeración		10,92	

Fuente. Elaboración propia de los autores.

### 4.1.3 Nivel 3: indicadores para el establecimiento

Con estos indicadores, se busca monitorear el consumo específico del Edificio y compararlo con edificaciones similares. También se incluyen los aspectos económicos y ambientales relacionados con el consumo de energía

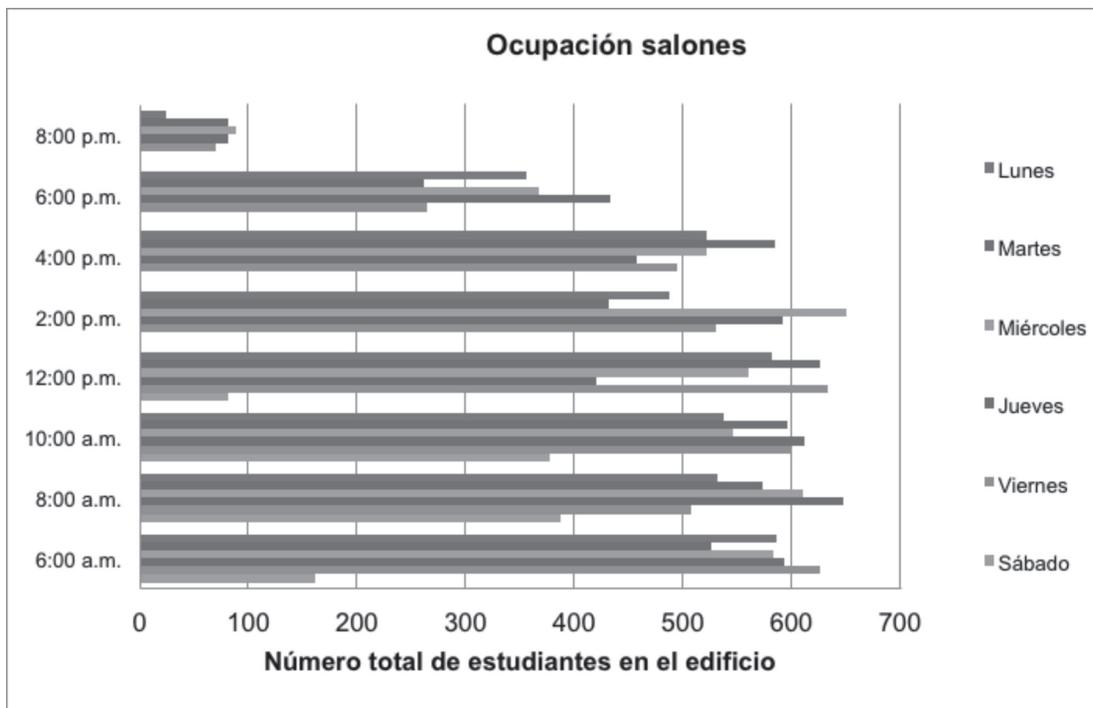
para el edificio. Las características de este tipo de indicadores son:

- **Aspecto medido:** consumo de energía eléctrica y potencia instalada del sistema, relacionada con el área y la ocupación (unidades en Tabla 6).
- **Responsable del indicador:** administrador del edificio.

- **A quién se le informa:** a la dirección institucional, a través de grupos primarios o reuniones mensuales.
- **Frecuencia de medición:** se debe elaborar y analizar los indicadores al menos cada mes.

Para obtener los indicadores relacionados con la ocupación del Edificio, se realizó el perfil de ocupación de los salones (Figura 5), en donde se muestra el número de estudiantes total en el edificio para todos los días de la semana y para cada horario del día.

**Figura 5.** Perfil de ocupación de los salones



**Fuente.** Elaboración propia de los autores.

Se observa que el número mínimo de estudiantes en el Edificio en horario académico (6:00 am – 10:10 pm) es de 25; el número máximo de estudiantes, es de 650 y el promedio es de 450 estudiantes. Este valor promedio se utilizó para los indicadores sumados al número total

promedio de personas en oficinas y salas, es decir 116, por lo tanto, la ocupación promedio del edificio es de 566 personas. A continuación se muestran los indicadores propuestos de nivel 3, el valor y la fuente de información para realizar el seguimiento (Tabla 6).

**Tabla 6.** Nivel 3 de indicadores

Nivel 3			
Indicador	Unidad	Valor actual	Fuente de información
Índice de consumo energético por área total	kWh/mes-m <sup>2</sup>	25,13	A partir de las facturas de energía y de los planos arquitectónicos.
Índice de potencia instalada por área total.	W/m <sup>2</sup>	58,94	Potencia total instalada del inventario de equipos o de un censo de carga y área de los planos arquitectónicos.
Índice de consumo energético por persona.	kWh/mes-persona	122,05	Número total de empleados y calcular el promedio de estudiantes en el edificio.
Índice de potencia instalada por persona.	W/persona	286,27	Potencia total instalada del inventario de equipos o censo de carga y con el número total de empleados sumado al promedio de estudiantes en el edificio.

**Fuente.** Elaboración propia de los autores.

#### 4.1.4 Nivel 4: indicadores de emisiones

Se busca monitorear las emisiones de CO<sub>2</sub>, aunque el CO<sub>2</sub> generado depende de la electricidad consumida y de la distribución de la generación eléctrica del país, por tanto el índice está cambiando. La entidad debe actualizar el índice anual de generación de CO<sub>2</sub>/kWh eléctrico producido en el país, para que todas las instalaciones lo utilicen en su análisis. Las características de este tipo de indicadores son:

- Aspecto medido: emisiones de CO<sub>2</sub>, consumo de energía y costo de electricidad en las instalaciones, relacionada con el área construida y el número de personas dentro de la edificación (kg CO<sub>2</sub>/mes-m<sup>2</sup> y kg CO<sub>2</sub>/mes-persona).

- Responsable del indicador: administrador del edificio.
- A quién se le informa: a la dirección institucional, a través de grupos primarios o reuniones mensuales que se tengan.
- Frecuencia de medición: se debe elaborar y analizar los indicadores al menos cada mes.

Se muestran los indicadores de nivel 4 propuestos, el valor y la fuente de información para realizar el seguimiento (Tabla 7).

**Tabla 7.** Nivel 4 de indicadores

Nivel 4			
Indicador	Unidad	Valor actual	Fuente de información
Índice de emisiones de CO <sub>2</sub> por área de edificio	kg CO <sub>2</sub> /mes-m <sup>2</sup>	3,02	Convertir los consumos energéticos en emisiones CO <sub>2</sub> con el índice actual
Índice de emisiones de CO <sub>2</sub> por persona	kg CO <sub>2</sub> /mes-persona	14,65	

**Fuente.** Elaboración propia de los autores.

## 4.2 Identificación de necesidad de medición

En la gestión eficiente de la energía, se realiza seguimiento de los indicadores. Para algunos de ellos, se deben tener valores más precisos en determinados puntos. De los indicadores propuestos en el numeral anterior, se identificó la necesidad de medir energía eléctrica en algunas zonas. A continuación se describen las condiciones mínimas para la medición.

- **Variable a medir:** energía (kWh).
- **Tipo de medidor:** acumulativo. Este es un contador que acumula la variable medida. Para saber el consumo en un periodo, se debe tomar la diferencia entre lecturas del periodo.
- **Variables opcionales:** corriente, voltaje, potencia activa, factor de potencia.

- **Observaciones:** hay una diferencia de costo apreciable entre los medidores eléctricos de variables básicas y medidores que incluyen calidad de la potencia. Estos últimos no se recomiendan para las mediciones de zonas/sistemas. Además, se recomienda la instalación de tres medidores de electricidad adicionales, con el propósito de monitorear y controlar qué área es la de mayor consumo y si se presentan variaciones excesivas o no.

## 4.3 Gestión de indicadores

A partir de los indicadores planteados y de las oportunidades de ahorro que existen, se muestra (Tabla 8) el listado de indicadores que aplican para la comparación y las metas esperadas para ellos, utilizando equipos de automatización y control.

**Tabla 8.** Comparación de indicadores actuales y meta

Nivel	Indicador	Unidad	Valor actual	Valor meta
3	Índice de consumo energético por área total.	kWh/mes-m <sup>2</sup>	25,13	22,81
3	Índice de potencia instalada por área total.	W/m <sup>2</sup>	58,94	53,34
3	Índice de consumo energético por persona.	kWh/mes-persona	122,05	110,76
3	Índice de potencia instalada por persona.	W/persona	286,27	259,06
4	Índice de emisiones de CO <sub>2</sub> por área de edificio	kg CO <sub>2</sub> /mes-m <sup>2</sup>	3,02	2,74
4	Índice de emisiones de CO <sub>2</sub> por persona	kg CO <sub>2</sub> /mes-persona	14,65	13,29

**Fuente.** Elaboración propia de los autores.

De esta forma, se puede apreciar que todos los indicadores involucrados disminuyen con la implementación del proyecto. El porcentaje de disminución promedio de los indicadores es de 9,33 %, por lo tanto, se hace necesario realizar un seguimiento continuo de los indicadores.

A partir de información obtenida de indicadores de otros edificios públicos, como el edificio de la Corporación Autónoma Regional de Antioquia (Corantioquia)

(Consultoría en eficiencia energética, 2012) y los indicadores de los edificios del Área Metropolitana del Valle de Aburra (Hill & Figueroa, 2007), se presenta (Tabla 9), la comparación de estos con los indicadores actuales del edificio Luis Alejandro Suarez Copete, en donde se observan menores valores en el índice de consumo energético por persona y el índice de emisiones de CO<sub>2</sub> por persona, debido principalmente al alto número de estudiantes, ya que en los otros edificios solo se tienen trabajadores administrativos.

**Tabla 9.** Comparación de indicadores con otros edificios.

Nivel	Indicador	Unidad	Edificio Luis Alejandro Suarez Copete	Edificio Corantioquia	Área Metropolitana	
					Edificio 1	Edificio 2
2	Índice de consumo energético por aplicación (Iluminación)	kWh/mes -m <sup>2</sup>	2,76	1,83	1,39	1,91
2	Índice de consumo energético por aplicación (Equipos de cómputo).	kWh/mes-m <sup>2</sup>	3,05	3,12	1,34	2,32
3	Índice de consumo energético por área total.	kWh/mes-m <sup>2</sup>	25,13	6,95	7,18	7,99
3	Índice de consumo energético por persona.	k W h / m e s - persona	122,05	347,74	124,22	124,22
4	Índice de emisiones de CO <sub>2</sub> por área de edificio.	kg CO <sub>2</sub> /mes-m <sup>2</sup>	3,02	0,715	0,78	0,78
4	Índice de emisiones de CO <sub>2</sub> por persona.	kg CO <sub>2</sub> /mes-persona	14,65	35,76	12,77	12,77

**Fuente.** Elaboración propia de los autores.

De otro lado, el índice de consumo energético por equipos de cómputo en el Edificio Suarez Copete, es menor que en el Edificio de Corantioquia, pero mayor

que en los edificios del Área Metropolitana. Además, el Edificio Luis Alejandro Suarez Copete registra los valores más altos en los demás indicadores.

## 5. CONCLUSIONES

Se establecieron indicadores energéticos aplicables a edificios y a instituciones educativas, evaluándolos cuantitativamente y cualitativamente. Los indicadores obtenidos permiten comparar el nivel tecnológico de la instalación con los indicadores relacionados a la potencia y los hábitos de consumo y régimen horario con los indicadores que involucran la energía. Por lo tanto, para poder controlar estos indicadores, es necesario tener medidores ubicados estratégicamente en las zonas y procesos identificados que involucren cada uno de los indicadores planteados.

La construcción de los indicadores, no solo permite comparar internamente el nivel de eficiencia y mejoras que se van realizando, sino también realizar la comparación con otros edificios cuyas actividades estén relacionadas con la educación y tengan características constructivas similares.

Los indicadores implementados, se utilizan para realizar la gestión energética en la edificación siguiendo los requerimientos de la norma ISO 50001 para la caracterización energética, además de la posible aplicación de un sistema de gestión de la energía como lo establece en la norma, que involucre los indicadores implementados y acciones correctivas tanto en la instalación como en los hábitos de los ocupantes.

Los valores obtenidos para los indicadores planteados, son altos si se tiene en cuenta que el nivel tecnológico para algunas aplicaciones es bajo. Por esto, los indicadores planteados se pueden disminuir implementando medidas de ahorro y eficiencia energética en los equipos utilizados y en los hábitos de consumo.

Realizando la comparación de los indicadores del Edificio Alejandro Suarez Copete con otros, se encontró que tienen indicadores con mayor valor para algunos de ellos, por ejemplo el indicador consumo energético por aplicación en Iluminación es del 144% del promedio de los otros edificios y de la misma forma el indicador de consumo energético por área total y el indicador de emisiones de CO<sub>2</sub> por área de edificio que son el 387% y el 314% respectivamente del promedio de los otros edificios. Esta comparación, permite determinar que definitivamente se deben disminuir los indicadores para mejorar la competitividad de la organización.

De acuerdo con los resultados encontrados, se evidencia que la implementación de indicadores permite realizar el seguimiento de los consumos de energía y la gestión energética en los procesos que se realizan, teniendo en cuenta la norma ISO 50001 para su aplicación.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ackermann, T., Andersson, G., & Soder, L. (2001). Distributed Generation: a definition. *Electric Power Systems Research* (57), pp. 195-204.
- Consultoría en Eficiencia Energética (2012). Eficiencia energética Corporación Autónoma Regional de Antioquia - Corantioquia. Consultoría informe 2, Medellín.
- Consultoría en eficiencia energética. Eficiencia energética Area Metropolitana del Valle de Aburra. Consultoría, Medellín.
- Consejo Mundial de la Energía. (2004). Eficiencia Energética: estudio mundial indicadores, políticas, evaluación. Informe, ADEME, (s.l).
- Comisión Reguladora de Energía y Gas (2007). CREG - 119. Bogotá: CREG.
- Dakwale, V. A., Ralegaonkar, R., & Mandavgane, S. (2011). Improving environmental performance of building through increased energy efficiency: A review. *Sustainable Cities and Society* , 1(4), pp. 211-218.
- Doukas, H., Patlitzianas, K., Iatropoulos, K., & Psarras, J. (2007). Intelligent building energy management system using rule sets. *Building and Environment* , 42(10), pp. 3562–3569.
- Hill, A., & Figueroa, E. (2007). Administración de los recursos energéticos. Universidad Pontificia Bolivariana, Instituto de Energía y Termodinámica. Medellín: Instituto de Energía y Termodinámica Universidad Pontificia Bolivariana.
- Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (2012). Escala de calificación energética: edificios de nueva construcción. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. España.
- Lawrence, T., Watson, R., Boudreau, M., Johnsen, K., Perry, J., & Ding, L. (2012). A new paradigm for the design and management of building systems. *Energy and Buildings* , 51, pp. 56-63.
- Plataforma Tecnológica Española de Eficiencia Energética (2009). Visión de España en Eficiencia Energética. Ministerio de Ciencia e innovación de España. Madrid.
- Pinzón, J., & Corredor, A. (2013). Energy Characterization, Methodology and Results for a University Public Building. VII International Symposium On Power Quality – SICEL. Medellín, Colombia.
- Pérez, C., & Vera, F. (2011). Management indicators focused on energetic saving for the industry of benefit of feldspar. *Scientia et Technica* (49), pp. 72-77.

