

**CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE POTENCIA Y ENERGÍA DE ESTRATO
SOCIOECONÓMICO 6 Y URE EN PROPIEDAD HORIZONTAL**



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSE DE CALDAS**

Centro de Investigación y Desarrollo Científico
CIDC

Grupo de Investigación de Sistemas de Potencia de la Universidad Distrital
GISPUD

Grupo de Investigación en Protecciones Eléctricas de La Universidad Distrital
GIPUD

**Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica**

**CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE POTENCIA Y ENERGÍA DE ESTRATO
SOCIOECONÓMICO 6 Y URE EN PROPIEDAD HORIZONTAL**

Jeison Alejandro Sierra Ramírez Código 20052072070
Estudiante Tecnología en Electricidad

Alexandra Sashenka Pérez Santos
Docente

**Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica
Tecnología en electricidad
Septiembre de 2011**

Nota de aceptación:

Alexandra S. Pérez Santos
Director(a)

Carlos A. Avendaño Avendaño
Jurado

Henry F. Ibáñez Olaya
Jurado

Bogotá, D.C de Septiembre de 2011

Caracterización de la demanda de potencia y energía de estrato socioeconómico 6 y URE en propiedad horizontal

Pérez Santos, Alexandra., Sierra Ramírez, Jeison Alejandro.

asperezs@udistrital.edu.co, jeileppard@hotmail.com

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad Tecnológica. Tecnología en Electricidad

Resumen

A partir de los registros obtenidos con el analizador de calidad FLUKE 435, equipo que durante un período de 8 días consecutivos se instaló en el tablero general de acometidas de los Conjuntos residenciales estrato seis elegidos para llevar a cabo nuestro proyecto, se analizan los datos representados a través de diferentes curvas, con el fin de establecer a partir de la potencia máxima diversificada el comportamiento de la carga residencial y de zonas comunes.

Posteriormente, estos datos son comparados con los criterios de selección de infraestructura (transformadores y redes de baja tensión) utilizados por las electrificadoras de mayor participación en propiedad horizontal en el territorio Colombiano.

Finalmente y de acuerdo a la normatividad vigente, se realiza el levantamiento de planos unifilares en cada uno de los conjuntos, acompañados de la evaluación del estado de las instalaciones eléctricas, vinculado con estrategias de uso racional de energía que permitan mejorar la calidad de vida de los residentes del conjunto.

Palabras clave: Demanda máxima diversificada, Normatividad en instalaciones eléctricas, Uso racional de energía.

Abstract

From the registers obtained by the Power Quality Analyzer FLUKE 435, equipment that over a period of 8 consecutive days on the board is installed general rush of the residential strata six elected to carry out our project, we analyze the data represented through different curves, in order to establish from the diversified peak power load behavior and residential areas.

Subsequently, these data are compared against the criteria of selection of infrastructure (transformers and low voltage networks) used by power companies of major participation in condo in the Colombia territory.

Finally and according to regulations, is carried out unifilars surveying in each one of the sets, accompanied by assessing the status of electrical installations, linked with strategies for rational use of energy to accomplish the improvement in quality of life for residents of the complex.

Keywords: Diversified maximum demand, electrical installations norms, rational use of energy.

1. Introducción

La demanda máxima de un sistema eléctrico se define como la carga que recibe un consumidor en promedio durante un intervalo de tiempo. (1) En la actualidad, no existen estudios que analicen este comportamiento específicamente para la propiedad horizontal de estrato socioeconómico 6.

De acuerdo con lo anterior, se utilizó un equipo eléctrico que tuviera como condición especial la capacidad de registrar datos y eventos desde una fuente representada por las redes eléctricas del conjunto y a su vez fueran almacenados por un período de tiempo para ser estudiados. Bajo este panorama, se pretenden encontrar herramientas de uso racional y eficiente de energía URE, las cuales sean adaptadas con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los usuarios, e impactar en la demanda de potencia y energía global. También se tiene como objetivo, relacionar de manera adecuada la potencia-nominal del transformador versus el número de cuentas abastecidas y la potencia aparente contratada, información básica para el modelamiento del proyecto de vivienda de estrato socioeconómico 6.

Las mediciones referidas, fueron adelantadas a partir del mes de junio del 2010.

2. Propiedades horizontales objeto de estudio

Se define como propiedad horizontal, el grupo de bienes inmueble donde existe una salida única, adicional a esto, se comparten espacios denominados zonas comunes.

Entendiéndose que este tipo de edificaciones, asocian residentes que tienen condiciones similares, como lo es el estrato socioeconómico y por ende el consumo de servicios públicos, para nuestro caso particular lo es el uso del servicio de energía eléctrica, situación que representa la característica primordial para la construcción de las curvas de demanda diaria y diversificada.

De acuerdo con el último reporte consignado en Plan de expansión 2010-2024 se estima que el consumo de energía interno que presentó Colombia para el año 2010 ascendió a 56.844 [GWh/año] (2). Para este mismo año se contaron con 17.256.356 suscriptores al servicio de energía eléctrica de tipo residencial, que corresponden al 94,78% del total, y consumen el 60,84% de la energía.

La ciudad de Bogotá D.C., consume el 28,4% del total de la energía del País, y el 16,42% de la energía es de uso residencial. Cuenta con 3.643.497 suscriptores urbanos, de los cuales el 93,37% son residenciales y de estos el 4% son de estrato socioeconómico 6. Los suscriptores de estrato 6 presentan un consumo promedio de 345,27 [kWh/mes], son responsables de consumir el 5,5% de la energía de uso residencial en la ciudad. (3)

En Colombia desde el año 2007 para ciudades que se encuentren por encima de 1.000 metros sobre el nivel del mar, se fijó el consumo de subsistencia en 130 [kWh/mes] (4), con el cual un cliente de energía eléctrica satisface sus necesidades básicas, y sobre el cual el Ministerio de Minas y Energía establece los correspondientes subsidios y contribuciones. Específicamente para el estrato socioeconómico seis la contribución establecida es de 20%. (5)

Para finales del 2008, se tenía un estimado de 1.039.622 predios en propiedad horizontal, de los cuales el 9,77 % equivalen a población de estrato socioeconómico 6. (6)

La fuente de información utilizada para poder discriminar los conjuntos propiedad horizontal y de esta manera poder desarrollar las actividades propias del proyecto, fue la base de datos de transformadores existentes en Bogotá, D.C.

Las propiedades horizontales pertenecientes al estrato 6 poseen servicio de gas natural domiciliario. Mediante el uso del equipo analizador de calidad, se determina la demanda de potencia para cada uno de los centros de

distribución del conjunto residencial, así mismo se realizó el ejercicio de evaluar técnicamente el estado de la infraestructura eléctrica, identificando las cargas de las zonas comunes y a su vez se plantean estrategias URE.

En los informes adjuntos, se presentan los resultados obtenidos para cada una de las propiedades horizontales.

A continuación, se presentan las Tablas I y II, que caracterizan la información más relevante para cada uno de los conjuntos.

Conjunto Residencial	Número de clientes asociados al transformador	Centro de distribución	Potencia Nominal del Transformador [kVA]	Consumo promedio cliente [kWh/mes] (Muestra de 2 %)
Bosque Residencial la Reserva	58	CD 72157	300	519
Guadalquivir	56	CD 70229	225	861
Guadalquivir Almar	14	CD 74804	112.5	328

Tabla I: Conjuntos residenciales objeto de estudio.

Conjunto Residencial	Energía consumida Zonas Comunes [kWh/mes]	Ascensores # × [kW]	Bombas eléctricas # × [kW]
Bosque Residencial la Reserva	3.143	6 × 11	4 × 15
Guadalquivir	5.270	11 × 5,5	10 × 11
Guadalquivir Almar	6.820	3 × 5,5	3 × 11

Tabla II: Cargas asociadas a zonas comunes.

3. Metodología empleada para determinar la curva de demanda diaria de potencia y el consumo de energía en usuarios residenciales

Para el desarrollo del proyecto, se hace imprescindible contar con un equipo analizador de calidad cuya funcionalidad permita, el almacenamiento de los registros relacionados con las variables eléctricas; que representan la información consignada en bases de datos y que a su vez, son la fuente para la construcción de la curva de demanda de potencia.

La caracterización de la demanda de potencia de clientes actuando en grupos de centenas es primordial en el dimensionamiento de transformadores de distribución y diseño de redes de baja tensión para el sector residencial,

teniendo en cuenta que la capital del país, tiene altos índices de crecimiento poblacional. Este crecimiento fue en 1998 del 2.5% para el período 2005 al 2010 se espera que disminuya al 2.1%. (7)

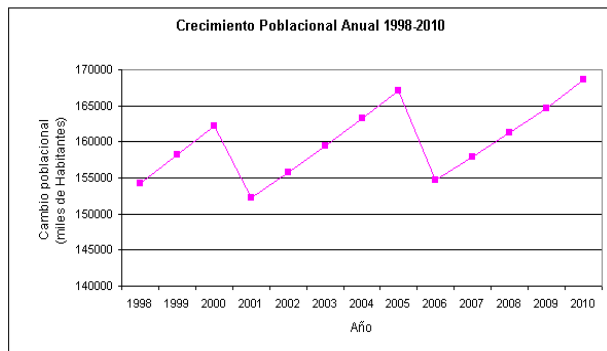


Figura 1: Fuente: DAMA, Plan de Manejo de Gestión Ambiental

A continuación se indica la metodología empleada durante el desarrollo del proyecto.

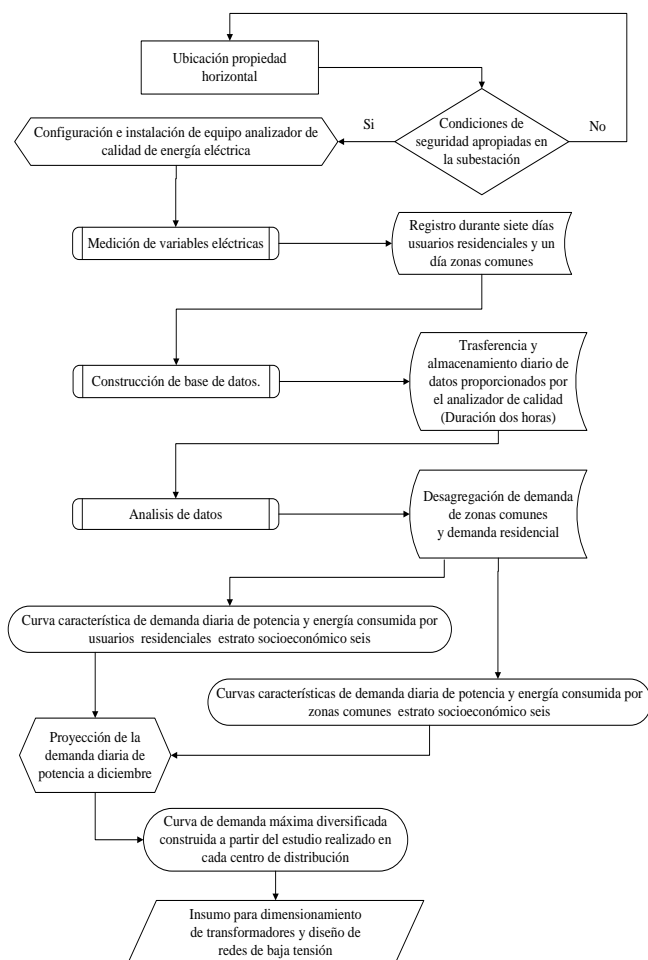


Figura 2: Metodología empleada.

3.1. Variables eléctricas a evaluar

Con el uso de un equipo analizador de calidad, previamente instalado en uno de los barrajes del centro de distribución asociado al conjunto residencial, se obtienen las medidas de las variables eléctricas esencia del estudio.

El equipo es el analizador de calidad eléctrica Fluke 435. Dentro de sus características principales se destaca la medición de los parámetros del sistema de alimentación eléctrica, como tensión y corriente de verdadero valor eficaz, frecuencia, consumo eléctrico, desequilibrio y flicker (8). Además cuenta con la opción de registro, donde se proporcionan lecturas de valores mínimos, máximos, y promedios de hasta 100 parámetros distintos tanto en las tres fases, como en el neutro, con un tiempo medio de medida ajustable hasta 0,5 segundos, dispone de memoria para registrar 400 parámetros con un minuto de resolución, con capacidad de almacenamiento hasta un mes. (8)

El tiempo de medida se ajusta en 10 segundos, de esta manera se garantiza que los registros conformen una base de datos útil para este y para futuros estudios, asociados a calidad de la potencia.

3.2. Medición de las variables eléctricas y Curva de demanda diaria

En el momento de llevar a cabo la conexión del equipo, se tuvo en cuenta cumplir con las siguientes dos premisas: 1. La instalación del equipo siguiendo de manera estricta la normatividad estipulada para adelantar trabajos en línea viva. 2. La disposición del sitio, con el objetivo de lograr caracterizar el total de usuarios asociados a los centros de distribución. Los parámetros que se utilizaron para la construcción de la base de datos se enuncian a continuación: Potencia activa [W], Potencia reactiva [VAr], Potencia aparente [VA], Factor de potencia, de forma adicional se obtienen los parámetros de tensión [V] (rms y pico), Corriente [A] (rms y pico), Factor de cresta de tensión, Factor de cresta de corriente, Flicker, DPF, frecuencia [Hz], THD en tensión [%] y THD en corriente [%], con los que se puede realizar estudios sobre la calidad de la potencia en el sector residencial.

La siguiente tabla, describe los centros de distribución sobre los que se efectuaron las mediciones. Tabla III

Conjunto Residencial	Centro de distribución CD	Usuarios asociados al CD	Cientes caracterizados	Zonas comunes caracterizadas [%]
Bosque Residencial la Reserva	72157	58	58	100
Guadalquivir	70229	56	56	100
Guadalquivir Almarar	74804	14	14	100

Tabla III: Clientes y zonas comunes caracterizadas.

La base de datos correspondiente a cada uno de los días de registro, se compone de 8640 lecturas de cada parámetro requerido por el estudio, los intervalos de agregación objeto de análisis corresponden a 10 minutos, de esta manera se crean 144 grupos de 60 datos cada uno, donde se identifica el valor máximo registrado en cada parámetro de potencia y el valor mínimo para el factor de potencia, de este modo se obtiene la demanda de potencia máxima registrada bajo las condiciones más adversas de trabajo para el transformador de distribución.

En las mediciones realizadas para caracterizar la demanda de potencia se encuentra inmersa la demanda residencial y la demanda de zonas comunes, estas se desagregan para cada uno de los siete días de la semana efectuando la diferencia entre la demanda diaria total y la demanda de zonas comunes.

Con base a los registros que se obtuvieron durante el período de medición, se realizaron las curvas de demanda para los días hábiles (lunes a viernes) y no hábiles (sábados y domingos), combinadas se obtiene una curva general de demanda diaria residencial. Lo anterior permite, crear una envolvente de los valores máximos registrados en cada intervalo de agregación (10 minutos). Es de resaltar que esta curva es válida para el número de clientes residenciales objeto de medición.

Para efectos de trasladar los datos obtenidos en junio al mes de más alta demanda de potencia, que en Colombia corresponde a diciembre, se utilizan los porcentajes de variación mes a mes propuestos en el Plan de Expansión 2010-2024, En este caso la variación porcentual entre los meses de junio y diciembre corresponde a un 7,41%.

3.3. Demanda máxima diversificada y dimensionamiento de transformadores de distribución

La curva de demanda diaria de potencia construida en el estudio para cada uno de los centros de distribución, es válida para un número determinado de clientes con

disponibilidad de gas natural, en un estrato socioeconómico específico, en este caso el 6, y suministra un punto de la curva de demanda máxima diversificada (Potencia demandada por cliente, en función del número de clientes). El cociente entre la demanda máxima y el número de clientes, constituye la demanda máxima diversificada. Los puntos obtenidos responden a un comportamiento de tipo potencial decreciente.

$$\begin{aligned} \text{Demanda Máxima Diversificada } DMd(c) \\ = A * \text{clientes}^{-b} [\text{kVA/cliente}] \end{aligned}$$

Ecuación 1

La NTC 2050, “permite calcular la capacidad de un transformador para edificaciones multifamiliares o grupo de viviendas, de acuerdo con las tablas o métodos establecidos por las empresas locales de suministro de energía.” (9). Esto ha abierto la posibilidad a que cada Operador de Red, utilice metodologías diferentes para la determinación de las demandas de los clientes, en función del número de clientes. Incluso algunos OR, se acogen a metodologías de OR que atienden mercados sustancialmente diferentes en densidad, existencia de energético sustituto y altura sobre el nivel del mar.

Es así como la Empresa CODENSA S.A. ESP, Operador de Red en la ciudad de Bogotá, presenta un documento que establece la metodología para el dimensionamiento de transformadores de distribución y redes de uso de BT para el sector residencial, denominado Carga Máxima para el sector residencial. (10)

Estas actividades son desarrolladas por las demás Empresas OR, utilizando el principio de la demanda máxima, no obstante, existen algunos casos en que se carecen de procedimientos internos que se los permitan establecer.

Una vez obtenida la curva de demanda máxima diversificada, se comparará con las metodologías utilizadas por los OR más influyentes a nivel nacional, como lo son CODENSA S.A. ESP (10) y EPM ESP. (11)

4. Resultados obtenidos

Los resultados permitieron establecer la energía promedio consumida al mes por usuario de estrato socioeconómico seis, la curva de demanda diaria en los centros de distribución, y la curva de demanda máxima diversificada.

4.1. Energía demanda promedio por usuario estrato socioeconómico seis

El área bajo la curva de la demanda diaria establecida para cada uno de los días de la semana, permite establecer

la energía promedio mensual para un usuario de estrato seis.

$$\text{Energía promedio mes [KWh/mes]} = \frac{30}{7} \times \sum_{i=1}^n E_i [\text{KWh/día}]$$

Ecuación 2

Donde:

n: Día correspondiente a la semana (1,2,3,...,7)

E: Energía diaria calculada a partir de método matemático

Para determinar el consumo diario de energía se utilizaron tres métodos matemáticos distintos, con el fin de tener mayor certeza sobre los resultados obtenidos.

- Aproximación por la regla del rectángulo

$$\text{Energía [KWh/día]} = \sum_{i=1}^n a_n \text{ donde } a = \Delta t \times (P_i)$$

Ecuación 3

Donde:

P: Lectura de potencia activa en punto i.

i: Punto evaluado (1, 2,3,...,144).

n: n-ésima lectura registrada.

Δt : Variación de tiempo (10 minutos)

- Aproximación por regla del trapecio.

$$\text{Energía [KWh/día]} = \Delta t \frac{(P_0) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} (P_i) + (P_n)}{2n}$$

Ecuación 4

Donde:

P: Lectura de potencia activa en punto i

Po: Potencia de punto inicial.

i: Punto evaluado [1, 2,3,...,144).

n: n-ésima lectura registrada.

Δt : variación de tiempo (10 minutos)

- Aproximación por regla de Simpson.

$$\text{Energía [KWh/día]} = \sum_{i=1,3,5...}^{n-2} \frac{1}{3} (P_i + P_{i+1} + P_{i+2}) \Delta t$$

Ecuación 5

Donde:

P: Lectura de potencia activa en punto i

Po: Potencia de punto inicial.

i: Punto evaluado [1, 2,3,...,144).

n: n-ésima lectura registrada.

Δt : variación de tiempo (10 minutos)

Los registros de la superintendencia de servicios públicos domiciliarios muestran que el mes de junio un cliente de estrato socioeconómico seis requirió en promedio 345,27

[kWh/mes], en comparación con el estudio se halla una diferencia de 10,2% por encima, con lo cual se establece coherencia en los resultados obtenidos. El consumo promedio mensual de energía se consigna en la tabla IV.

Energía promedio mes [kWh/mes]		
Regla de los Rectángulos	Regla del Trapecio	Regla de Simpson
380,39	380,21	380,12

Tabla IV: Consumo promedio mensual cliente residencial estrato socioeconómico seis.

4.2. Curvas de factor de potencia, demanda diaria y duración de carga

El factor de potencia, describe la relación entre la potencia activa y la aparente, este parámetro muestra la eficacia en el uso de la energía a la hora de realizar un trabajo.

En el siguiente gráfico, se observa que el valor representativo para el estrato socio-económico seis equivale a 0.88 (-), ya que el 90% del tiempo este valor se mantiene o es superior, dando como resultado una diferencia de 0.2, por debajo de lo establecido por la resolución CREG 108 de 1997 Art 25; que establece que para el sector residencial se debe mantener un FP de 0.90.

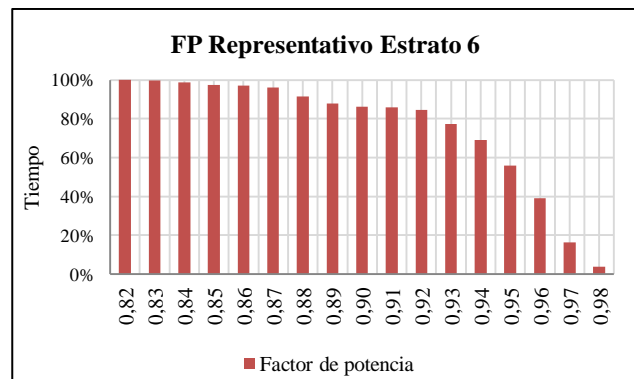


Figura 3: Factor de Potencia

La curva de demanda diaria es una representación hora – hora de la demanda de potencia expresada en por unidad, es posible representar también en [A], [kVA], [kW], [kVAR].

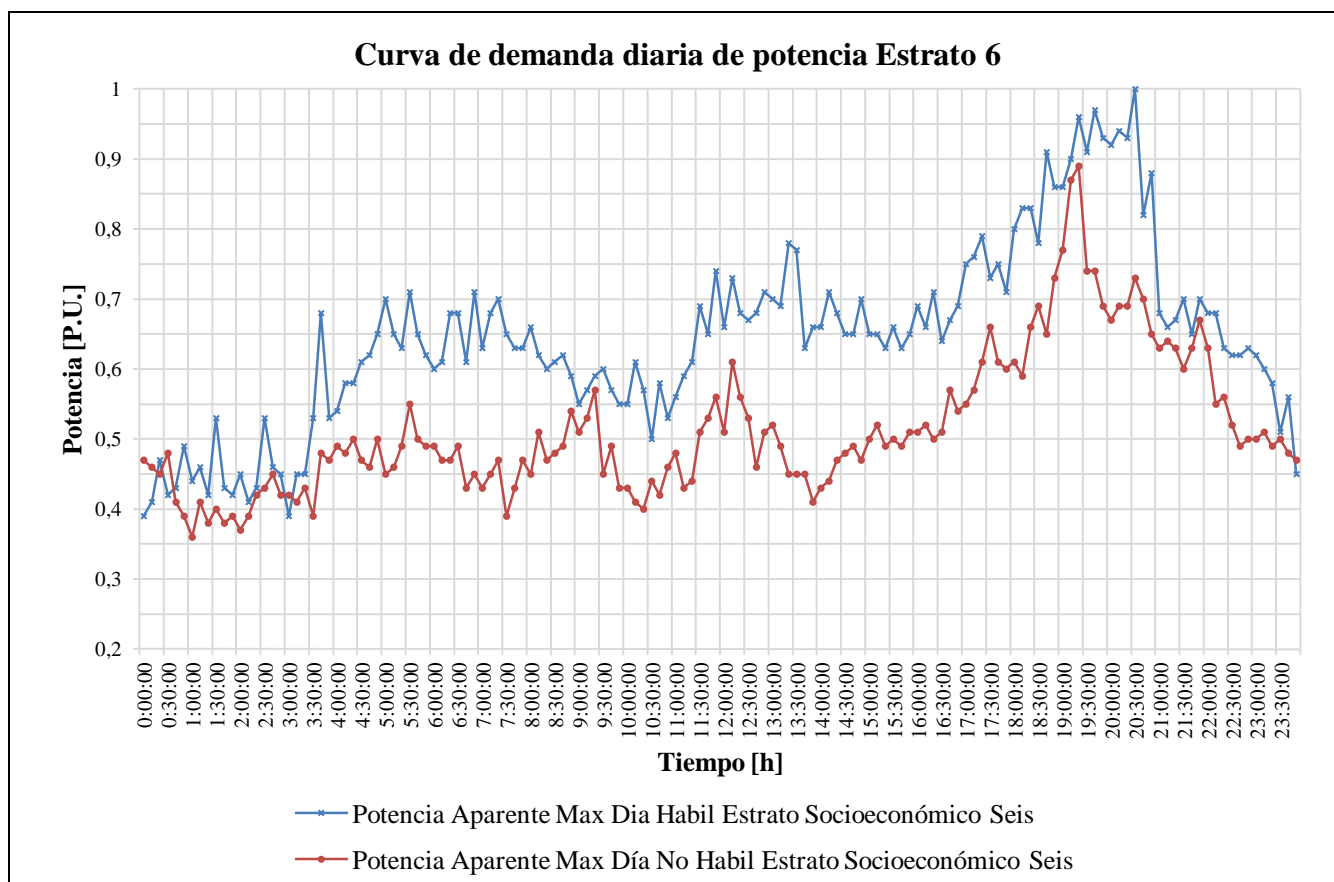


Figura 4: Curva de demanda diaria de potencia estrato socioeconómico seis proyectada a Diciembre.

La curva representativa del día hábil, indica que el punto máximo de la demanda se presenta a las 20:30 horas, un primer pico a las 05:30 horas valor que equivale al 68% de la demanda máxima y un segundo aumento a las 13:30 horas del 77%.

La demanda mínima se presenta cerca de las 03:00 horas del día y corresponde al 39% sobre la demanda máxima.

En este comportamiento, se ve reflejado la cotidianidad de las personas del común, donde su día normal se encuentra regido por ciertos horarios que indican las actividades que requieren una mayor demanda de energía por la misma afluencia de personas que las llevan a cabo, iniciando entre las 05:00 y 06:00 horas, nuevamente entre las 12:00 y 14:00 horas, finalizando la jornada entre las 19:30 y 22:00 horas del día.

De la misma manera, se puede visualizar que existen intervalos de tiempo, que no registran un consumo significativo frente a los horarios mencionados anteriormente, como lo es desde las 23:00 a las 04:00 horas del día, considerado como el tiempo de reposo de las personas.

Adicionalmente se hace relevante mencionar, que en la construcción de la curva se desagregaron los valores correspondientes a las zonas comunes, tanto para días hábiles como no hábiles.

Para días no hábiles la demanda máxima ocurre a las 19:30 horas del día, presenta un segundo pico alrededor de las 05:30 horas del día con una magnitud de 55% sobre la demanda máxima, la demanda mínima ocurre a las 01:00 horas del día y corresponde al 36% de la demanda máxima.

La curva de duración de carga es una representación porcentual de la duración de la demanda expresada en por unidad. Esta herramienta permite desagregar la demanda diaria en tres rangos diferenciados, la demanda considerada alta, la cual se encuentra entre el 80% y el 100% de la demanda máxima, la demanda media, que corresponde a demanda entre el 50% y el 80%, y la demanda inferior que corresponde a demandas por debajo del 50% de la demanda máxima.

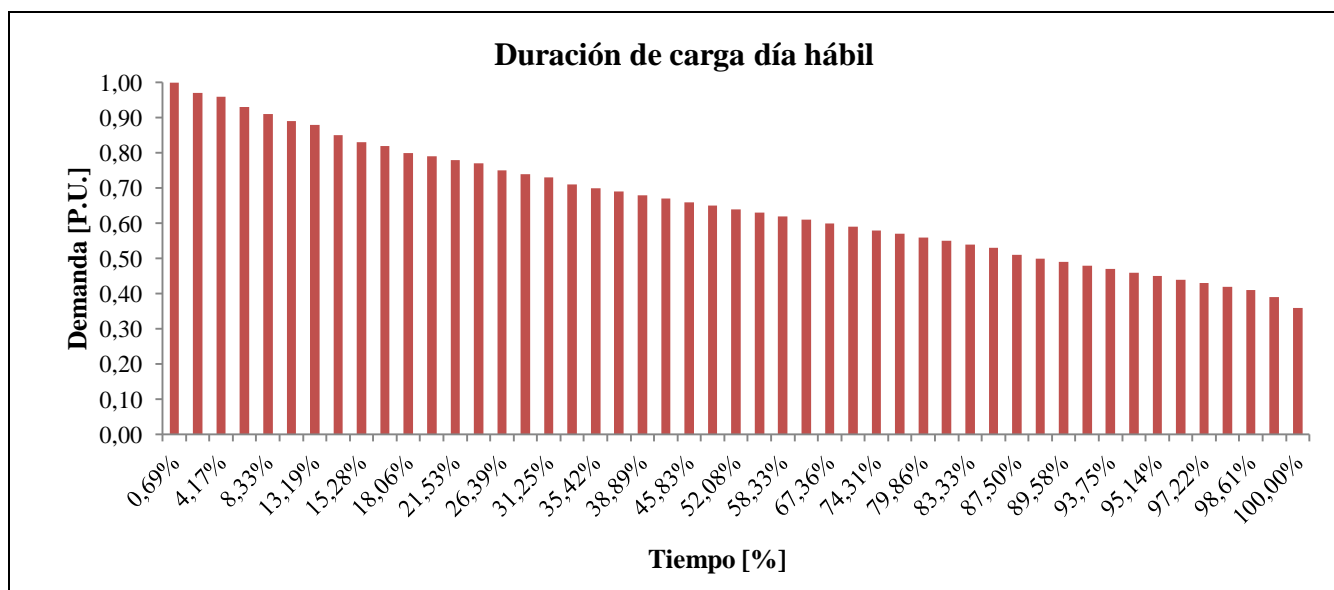


Figura 5: Duración de carga día hábil para el estrato socioeconómico seis.

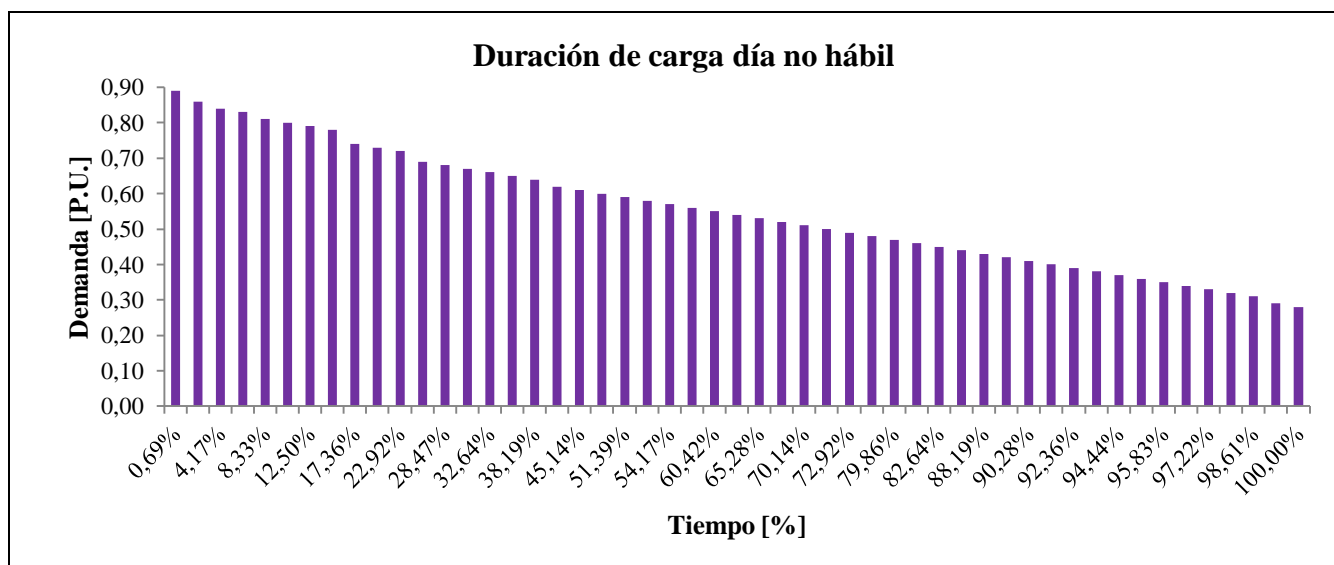


Figura 6: Duración de carga día hábil para el estrato socioeconómico seis

La curva de duración de carga representativa para el día hábil nos indica que el 18,06% del tiempo la demanda es alta, 70,14 % del tiempo la demanda es media y el 29,86% del tiempo la demanda es baja y para los días no hábiles los porcentajes de duración son 9,03%, 61,81% y 38,19% respectivamente.

4.3. Demanda máxima diversificada

La proyección de la demanda diaria de potencia del mes de junio al mes de diciembre, identifica la demanda máxima factible de ocurrir en cada uno de los centros de distribución, esto permite modelar la demanda máxima

diversificada a través de una curva, la ecuación descrita se muestra a continuación.

$$\text{Demanda máxima diversificada } DMd(c) = 7,457 c^{-0,32} \text{ [kVA/cliente]}$$

Coefficiente de Determinación $R^2 = 0,967$
c: Número de clientes

Ecuación 6

El operador de red CODENSA S.A. ESP., establece una demanda máxima diversificada en el dimensionamiento de redes de baja tensión en estrato seis, con existencia de energético sustituto gas natural como se muestra a continuación:

$$\text{Demanda máxima diversificada } DMd(c) = 4,462 c^{-0,25} [\text{kVA/cliente}]$$

Ecuación 7

Y para efectos de selección de la potencia nominal del transformador aplica:

Potencia nominal del transformador [kVA]	Número de clientes asociados al transformador	CODENSA S.A. ESP. [kVA/cliente]
15	18	0,83
30	33	0,91
45	54	0,83
75	81	0,93
112,5	129	0,87
150	177	0,85
225	225	1,00
300	260	1,15
400	467	0,86

Tabla V: Demanda máxima diversificada estrato 6 sin cargas comunes CODENSA S.A. ESP.

EPM ESP. Establece una demanda máxima diversificada tanto para el dimensionamiento de redes como para el dimensionamiento de transformadores de distribución.

De manera general se describen lo más significativo en la tabla VI.

Número de clientes	EPM ESP. [kVA/cliente]	Potencia nominal del transformador [kVA]
6	2,50	15
15	2,00	30
25	1,80	45

Tabla VI: Demanda máxima diversificada estrato 6 sin cargas comunes EPM ESP.

Para diseño de redes de baja tensión, la metodología propuesta por los operadores de red, como la propuesta en el estudio, se muestran en la figura 7.

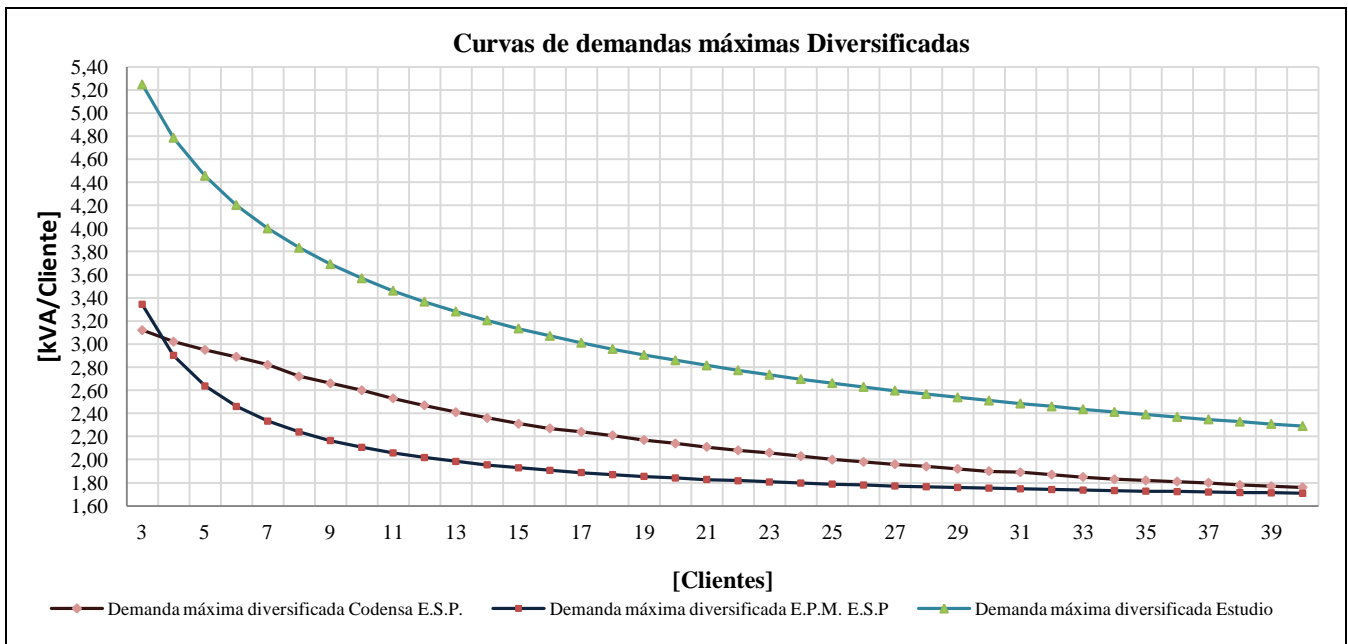


Figura 7: Demandas máximas diversificadas para diseño de redes de baja tensión.

En esta figura, se puede evidenciar la marcada diferencia que existe entre el resultado de la curva de la demanda diversificada obtenida dentro del desarrollo del proyecto, confrontada con las curvas de demanda de las Empresas CODENSA S.A. ESP y EPM, lo cual denota que en el diseño de redes de baja tensión, se utilizan demandas promedio por usuarios inferiores.

Con lo anterior se prevé que existiría una posible sobrecarga sobre la red de baja tensión en horario pico.

4.3.1. Selección de potencia nominal de transformador

Como se indicó anteriormente, los OR tienen estipulados parámetros internos que son utilizados a la hora de efectuar el cálculo para el dimensionamiento de la red de baja tensión y de los transformadores a instalar, para este último caso precisan utilizar el parámetro que establece un número máximo de clientes asociados a un centro de distribución, dichas metodologías son evaluadas frente a los resultados conseguidos en el estudio. Figura 8.

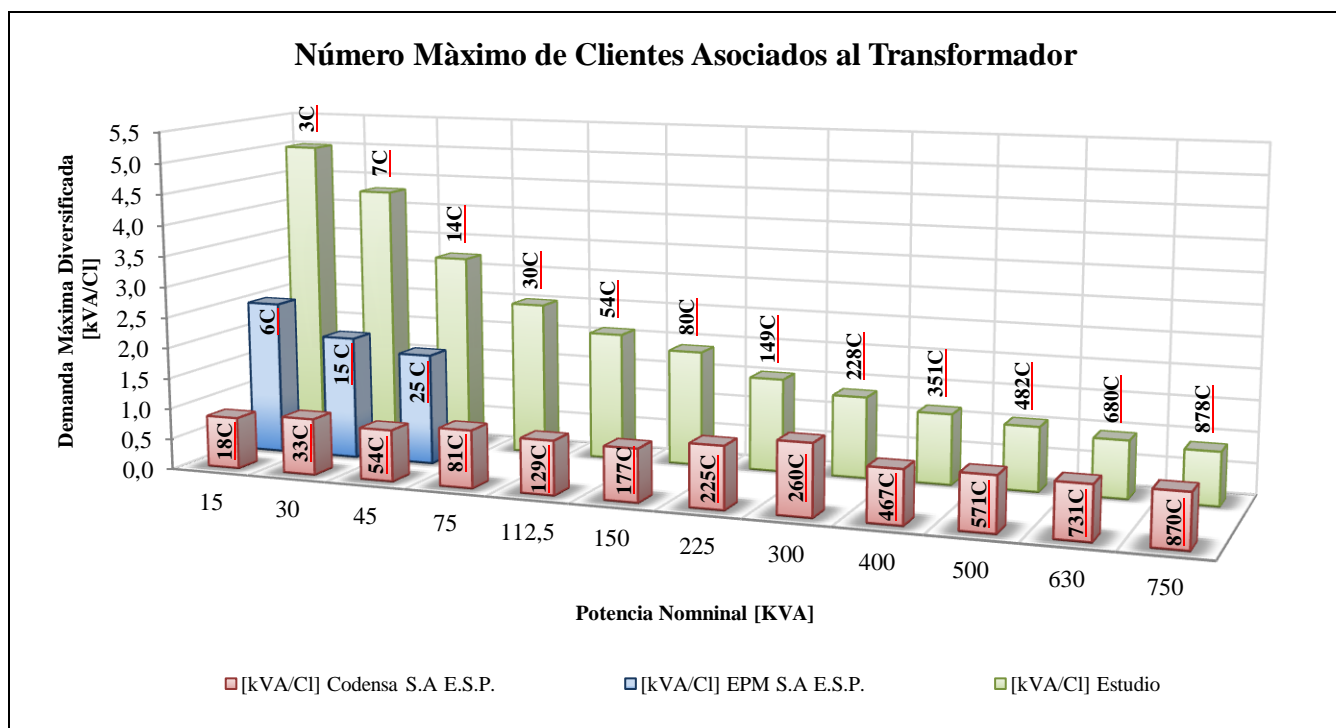


Figura 8: Clientes máximos por transformador de distribución.

Mediante la gráfica anterior, se puede evidenciar claramente las grandes diferencias que existen dentro de las metodologías aplicadas por cada uno de los OR, es así como para el caso de un transformador de 15 [kVA] CODENSA S.A. ESP estipula una carga para 18 clientes, mientras EPM ESP contempla 6 clientes y lo obtenido a través del estudio, formula que solamente se podría llegar a ofrecer un buen servicio a tan solo 3 clientes pertenecientes al estrato socioeconómico 6.

Por parte del operador de red EPM ESP, esta comparación se realiza con tan solo 3 datos, la razón es que la metodología empleada por ellos, utiliza la demanda máxima asociada a 40 clientes actuando en conjunto para un total de 68,32 kVA].

Haciendo referencia a la información suministrada por la empresa de energía CODENSA S.A. ESP, se observa que los transformadores que se encuentran dentro del rango de 15 [kVA] y 150 [kVA], presentan una demanda máxima en promedio de 0,87 [kVA/cliente], lo anterior denota que no existe una relación proporcional entre las variables demanda vs N° de clientes. Esta situación repercute, en la vida útil del equipo, así como también, en la calidad del suministro de energía debido a que su buen funcionamiento se vería afectado por una posible sobrecarga.

Continuando con la metodología usada por el OR CODENSA SA ESP, la demanda diversificada más alta es

de 1,15 [kVA/cliente] la cual se estima cuando se asigna un transformador de 300 [kVA], no obstante, para nuestro caso particular se encontró que para esta potencia nominal la demanda diversificada corresponde a 1,32 [kVA/cliente], evento que persiste en la posible sobrecarga del transformador.

Siguiendo con el rango de los transformadores, comprendido entre 400 [kVA] y 750 [kVA] existe una demanda máxima diversificada constante promedio de 0,87 [kVA/cliente], siendo igual al valor obtenido entre el rango considerado entre 15 [kVA] y 150 [kVA], nuevamente se presenta la anomalía de sobrecarga del transformador, salvo el caso del transformador de 750 [kVA] en el cual la demanda diversifica es de 0,86 [kVA/cliente], frente a nuestro estudio que arroja un 0,85 [kVA/cliente], situación que converge en la preservación de la vida útil del transformador, al no afectarse por el número de clientes asociados.

Tal como se refleja en la gráfica, frente al procedimiento utilizado por EPM ESP, se hace mención a una demanda diversificada hasta para 40 usuarios, con lo que se precisa el uso de transformadores de 15, 30, y 45 [kVA].

Para un transformador de 15 [kVA] según esta metodología la demanda máxima diversificada es de 2,5 [kVA/cliente], para un transformador de esta potencia nominal se estimó que la demanda máxima diversificada

debe estar en 5,00 [kVA/cliente] ya que la norma esta publicada desde el año 2000, sugiere una actualización.

Para un transformador de 30 [kVA] la demanda diversificada que se presume según esta metodología, es de 2,00 [kVA/cliente], en este punto se sigue evidenciando la posible operación en sobrecarga para el transformador de distribución, presentándose así los mismos problemas de sobrecarga y menor vida útil. Para un transformador de 45 [kVA] la demanda estimada por el operador de red es de 1,80 [kVA/cliente] en tanto el encontrado por el estudio para este transformador es de 3,21 [kVA/cliente].

5. URE (Uso Racional de Energía)

La cultura del uso racional de energía, consiste en aprovechar al máximo la energía sin sacrificar el nivel de calidad de vida que nos brindan los servicios que recibimos de ella, obteniendo de su práctica beneficios de tipo individual, social y ambiental. (12)

Cuando se piensa en el desarrollo de la economía de un país, inmediatamente se asocia con el aumento proporcional de su consumo de energía en todos sus campos a saber: residencial, industrial, comercial, entre otros; situación que ocasiona una mayor demanda de requerimientos energéticos. Bajo este panorama, la premisa más relevante es el uso racional y eficiente de la energía a la hora de pensar en el crecimiento de un país. Es decir, una mayor demanda en el consumo eléctrico implica necesariamente una mayor disposición de éste recurso energético para poder ser consumido.

5.1. Eficiencia energética

La eficiencia energética relaciona la cantidad de energía que es consumida y los productos o servicios que se obtienen de esta, cuando nos referimos a eficiencia energética se trabaja en la optimización de este recurso, por lo general es necesario la implementación de equipos y estrategias aplicadas en diferentes aspectos.

Las mejoras a nivel tecnológico, la reestructuración en los procesos que impliquen el uso de energía y los hábitos en la cultura de la sociedad, son practicas fundamentales cuando hablamos de eficiencia energética, actualmente estamos enfrentados a una realidad que ha llevado cada día a buscar nuevas alternativas en nuestro hogar, en la industria y en todos los escenarios que permitan contribuir en una reducción del consumo de energía.

En otras palabras la eficiencia energética es obtener la misma producción con menos consumo energético o producción incrementada utilizando la misma cantidad de energía. (13)

5.2. URE en el Hogar

A partir del uso apropiado de los equipos eléctricos en el hogar, se puede aportar a un uso racional y eficiente de la energía, beneficio que no sólo contribuirá de manera particular, sino que tendrá una connotación de carácter social. Es decir, que cuando se desarrollan las labores cotidianas, se deben tener en cuenta el proceder de forma adecuada, concientizándonos que el consumo sea expresamente lo que realmente se requiere para suplir nuestra necesidad, si se tiene en cuenta que los electrodomésticos son los equipos cuya demanda de energía es más representativa.

Si bien la ejecución de este tipo de medidas, requieren una previa inversión, cuando se compara con el ahorro sobre el costo de energía será compensada de manera considerable.

Es así como de manera sencilla, con el solo hecho de tener en cuenta a la hora de adquirir un electrodoméstico a parte sus especificaciones técnicas su nivel de consumo de energía.

En Colombia, se desarrolló el programa CONOCE (Programa Colombiano de Normalización, Certificación, Acreditación y Etiquetado de Equipos de Uso Final de la Energía), mediante el cual se generó una etiqueta URE que permite: (14)

- Generar cultura en eficiencia energética.
- Poner a disposición de los usuarios tecnología energéticamente eficiente.
- Brindar a los usuarios información oportuna y adecuada, útil en la toma de decisiones.
- Disminución en la facturación energética.

Adicionalmente, es conveniente recordar que por virtud del Decreto 3450 de 2008, a partir del 1° de enero de 2011 no se permitirá en el territorio de la República de Colombia la importación, distribución, comercialización y utilización de fuentes de iluminación de baja eficacia lumínica (15), entendida ésta como, la relación entre el flujo luminoso emitido por la fuente y la potencia eléctrica absorbida por esta (Lúmenes / Vatios) L / W (12).

Las siguientes, son algunas de las medidas de ahorro energético con las que se puede dar inicio a la implementación de URE en el hogar:

TV: Desconectar el televisor cuando no sea utilizado, ya que al dejarlo en estado de Stand-by (apagado sólo con el control remoto, dejando encendida la luz roja del panel), consume electricidad. En este caso lo mejor es que se apague por completo desconectándolo desde el toma corriente.

DVD – HOME TEATHER: El DVD, como todos los electrodomésticos que tienen un reloj digital funcionando aún cuando están “apagados”, consumen energía. Ante ausencias prolongadas es conveniente desconectarlos desde el toma corriente, porque además de evitar que consuman energía, estarán protegidos de posibles sobretensiones.

LAVADORA: Otra forma de ahorrar energía es utilizando racionalmente la lavadora. Por un lado, se debe acumular la ropa para lavar y usarla cuando la carga esté completa, maximizando su capacidad. Por el otro, conectar el agua fría y agua caliente, así el aparato no tiene que usar sus resistencias para calentar el agua. Además, no se debe utilizar más jabón que el estipulado, para evitar los enjuagues innecesarios.

PLANCHA: La plancha es uno de los electrodomésticos que más energía utiliza, por lo que se debe tratar de usar una vez, con la mayor cantidad de ropa posible, ya que si se prende muchas veces, el sólo hecho de calentarla, hace consumir energía. Además, no se debe dejar la plancha conectada mientras se hacen otras tareas, ni secar la ropa con la plancha, porque representa un consumo excesivo y es peligroso.

NEVERA: Se debe cuidar el no abrir la nevera permanentemente, ya que perderá frío y su motor deberá arrancar más seguido. Además hay que controlar que sus puertas cierren bien, y si no poseen descongelamiento automático, se debe controlar periódicamente para evitar el sobreconsumo, que se produce cuando hay exceso de hielo en sus paredes interiores. Por otro lado, las rejillas posteriores deben estar aireadas y limpias y a no menos de 15 cm de paredes y muebles. También es conveniente ubicar la nevera lejos de fuentes de calor como también no guardar comidas cuando todavía están calientes.

PC: Las computadoras son aparatos que utilizan mucha energía, por lo que si deben funcionar muchas horas, procesando datos sin necesidad de estar supervisando, se debe apagar el monitor, que es el componente que más consume.

ILUMINACIÓN:

Según un estudio desarrollado por la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Colombia y la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), el consumo de energía eléctrica en iluminación corresponde en promedio al 21% del pago mensual por energía eléctrica (16), es por esto que al utilizar de una manera adecuada las fuentes de iluminación que se tengan en el hogar y de una sustitución apropiada se obtendrán beneficios de tipo económico en el hogar.

En el momento de comprar una bombilla, se garantiza una duración aproximada en horas. Las bombillas incandescentes son las de menor durabilidad y los tubos fluorescentes compactos son los de mayor duración. La duración de las bombillas disminuye cuando se apagan y prenden con mayor frecuencia. También se reduce si se energiza a una tensión superior para la cual está diseñada.

La duración aproximada de las bombillas incandescentes es de 1.000 horas, seguidas por las halógenas con 3.000 horas, en tercer lugar las fluorescentes compactas con una duración de 9.000 horas y por último los tubos fluorescentes con una duración de 20.000 horas.

Para adquirir una bombilla fluorescente compacta se debe hacer una inversión inicial alta, mientras que si se compra una bombilla incandescente se debe invertir menos. Sin embargo, habría que comprar 10 bombillas incandescentes antes de tener que reponer una bombilla fluorescente compacta durante el tiempo en que ésta funciona. Por tanto la alta inversión en la bombilla fluorescente compacta se compensa por no tener que cambiarla frecuentemente. (12)

Por último, se hace un comparativo entre las principales variables: consumo, costo y vida útil, que se tienen en cuenta a la hora de adquirir un producto cuyo beneficio sea el ahorro.

Bombilla	Potencia [W]	Uso diario [horas]	Uso mensual [horas]
INCANDESCENTE	100	4	120
TUBO FLUORESCENTE	27	4	120
FLUORESCENTE COMPACTA	23	4	120

Energía mensual [kWh/mes]	Costo mensual [\$ /mes]	Contribución [\$ /mes]	Total factura [\$ /mes]	Ahorro [%]
12	4.183,92	836,78	5.020,70	-
3,24	1.129,66	225,93	1.355,59	73,0
2,76	962,30	192,46	1.154,76	77,0

Tabla VII: Consumo, costo y ahorro de las bombillas

*Costo unitario (CU): 348,65 \$/kWh Tarifa aplicada por el operador de red CODENSA S.A. ESP para el mes de Mayo de 2011.

Se puede concluir, que si bien las bombillas incandescentes tienen un costo menor, también lo es su vida útil, ejemplificando: se tendrían que remplazar 10 bombillas incandescentes antes de remplazar una fluorescente compacta, lo que equivale a un ahorro del 77% en el costo de la energía anual consumida.

5.3 URE en Zonas comunes

Las oportunidades de mejora en las zonas comunes, obedecen en una primera instancia al tipo de equipos que se tengan dispuestos para su funcionamiento de zonas comunes, seguido de la infraestructura de la propiedad horizontal y por consiguiente del estrato socioeconómico al que pertenece.

Las zonas comunes en propiedad horizontal, son espacios que permiten implementar de manera eficaz estrategias URE, por ser responsabilidad directa de una administración, que dentro de sus funciones más importantes, se encuentra velar porque los recursos sean designados apropiadamente buscando optimizarlos y así generar un beneficio en común, representado en el ahorro y mejor inversión, que se podría realizar sobre las demás instalaciones y servicios del conjunto residencial.

Dentro de los aspectos más importantes que se pueden tener en cuenta a la hora de implementar estrategias de Uso Racional de Energía en Zonas comunes se encuentran:

- Sustituir la iluminación existente en pasillos y escaleras, por bombillas fluorescentes compactas.
- Para iluminación exterior escoger bombillos de sodio en lugar de mercurio.
- Reducir el nivel de iluminación en áreas de depósito.
- Existen motores que debido a su uso constante, presentan deficiencias en los contactos o en las conexiones, esto hace que se produzcan pérdidas

de energía en los elementos reduciendo su eficiencia.

- Revisar periódicamente las conexiones y contactos de los motores.
- Desconectar los motores no empleados durante un proceso.
- Garantizar que la capacidad de la instalación y equipo eléctrico, sea el adecuado para la carga a suministrar.

Mantenimiento en motores de bombas de agua

- Verificar que la potencia nominal del motor sea igual a la requerida por la bomba.
- El motor debe estar perfectamente alineado con la bomba y montado sobre una superficie que reduzca las vibraciones.
- Detectar a tiempo chispas en los contactos, suciedad, terminales flojos y mantener los elementos eléctricos y mecánicos en buen estado.

Mantenimiento en motor de ascensor

- El consumo de energía de los ascensores está asociado a la velocidad del movimiento. Verificar que tenga un dispositivo limitador de velocidad y disminuirlo sin llegar a afectar el tiempo de espera de los usuarios.

Así como la iluminación en las unidades residenciales juega un papel de vital importancia en la implementación de estrategias URE, estas mismas acciones se pueden considerar en el caso de la iluminación en zonas comunes y en el caso particular de la iluminación perimetral, como lo podemos ver en la siguiente tabla.

Bombilla	Potencia [W]	Uso diario [horas]	Uso mensual [horas]	Energía mensual [kWh/mes]
MERCURIO	125	10	300	37,5
SODIO	70	10	300	21
MERCURIO	250	10	300	75
SODIO	150	10	300	45
MERCURIO	400	10	300	120
SODIO	250	10	300	75

Costo mensual [\$ /mes]	Contribución [\$ /mes]	Total factura [\$ /mes]	Ahorro [%]
13.074,75	2.614,95	15.689,70	-
7.321,86	1.464,37	8.786,23	44,0%
26.149,49	5.229,90	31.379,39	-
15.689,70	3.137,94	18.827,63	40,0%
41.839,19	8.367,84	50.207,03	-
26.149,49	5.229,90	31.379,39	37,5%

Tabla VIII: Consumo, costo y ahorro de las bombillas

*Costo unitario (CU): 348,65 \$/kWh Tarifa aplicada por el operador de red CODENSA S.A. ESP para el mes de Mayo de 2011.

En este caso el cambio de tecnología de lámparas de Mercurio por sodio de alta presión se ve reflejado en un ahorro considerable, vemos como al remplazar una lámpara de mercurio de 125 [W], por una de 70 [W], se obtendría un ahorro de aproximadamente 44,0 %, lo mismo pasaría al remplazar lámparas de 250 [W], por 150 [W] y 400 [W], por 250 [W], obteniendo así un ahorro de 40,0 % y 37,5 % respectivamente.

6. Conclusiones

A partir de la información recopilada para el estrato socioeconómico seis con el equipo FLUKE 435, se hace posible caracterizar en cualquier momento la calidad del servicio de energía eléctrica para dicho estrato, sin recurrir a la toma de nuevos registros, debido a la confiabilidad del equipo y del proceso en la toma de medidas.

El comportamiento de la curva de demanda de potencia, refleja el nivel de actividades diarias dependiendo si este es un día hábil o no hábil. Al considerar que para esta primera situación se refleja un aumento proporcional en razón a las diferentes actuaciones que se llevan a cabo, frente a un número menor registradas para los días no hábiles.

De acuerdo con la curva de demanda diaria de potencia, se evidenció que en el estrato socioeconómico seis, el lapso de consumo en horas de la noche resulta ser más significativo que el correspondiente al horario de la mañana, lo cual indica, que es durante esta jornada donde se concentran una mayor cantidad de actividades que requieren el uso de energía.

Con base en el gráfico Clientes máximos por transformador, se logran evidenciar las diferencias que existen entre las metodologías empleadas por los OR's para el dimensionamiento de transformadores, donde se observa que la operatividad presentaría inconvenientes de sobrecarga frente a lo concluido en el estudio, situación que sugiere la revisión y claridad de los procedimientos utilizado por los OR's.

La cultura que actualmente se socializa sobre el URE, se encuentra enfocada en su utilización óptima; esta iniciativa aún no ha sido interiorizada pues no es visible su efecto económico a corto plazo y mucho menos existe una conciencia ambiental al no ser considerada como una obligación, siendo necesario empezar por convertirla en

un deber para nosotros, nuestra comunidad y nuestro planeta.

Se hace necesario que el Gobierno promulgue e incremente el número de campañas acerca del URE, con el fin familiarizar estrategias de implementación apoyadas con material didáctico, según sea requerido para cada estrato y grupo social.

Resulta ser más eficaz la divulgación sobre el uso racional de la energía en propiedad horizontal, debido a que existe un ente administrativo, que aparte de velar por su mantenimiento, puede suscitar el interés de buenas prácticas entre los residentes, que otorguen beneficios en el hogar y más aún en las zonas comunes, instalaciones que dependen directamente de su gestión.

6. Referencias

1. **Pérez Santos, Alexandra Sashenka.** *Características de la carga. Notas de clase.* Bogotá : Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2005.
2. **UPME, Unidad de Planeación Minero Energética.** *Plan de expansión de referencia Generación - Transmisión 2010 - 2024.* Bogotá : Scripto Ltda., 2010.
3. **Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.** Sistema Único de Información de Servicios Públicos. *Energía Eléctrica.* [En línea] 01 de Junio de 2010. [Citado el: 01 de Junio de 2010.] <http://www.sui.gov.co>.
4. **Resolución 0355.** *Por la cual se modifica el consumo de subsistencia del servicio de energía eléctrica.* Bogotá, D.C. : Unidad de Planeación Minero Energética, 2004.
5. **Resolución CREG 108.** *Por la cual se señalan criterios generales sobre protección de los derechos de los usuarios de los servicios públicos domiciliarios de energía eléctrica y gas combustible por red física.* Bogotá, D.C.; Colombia : Comisión Nacional de Energía y Gas, 1997.
6. **Proyecto de Acuerdo 344.** Consulta de la Norma. [En línea] [Citado el: 15 de Diciembre de 2010.] <http://www.alcaldiabogota.gov.co>.

7. **Habitabilidad en Bogotá y Bienestar del ciudadano y calidad de vida.** [En línea] [Citado el: 18 de Diciembre de 2010.] <http://www.encolombia.com>.

8. **Fluke Ibérica, S.L.** Fluke Ibérica. *Fluke Ibérica*. [En línea] 2006. [Citado el: 18 de Enero de 2010.] <http://www.fluke.es>.

9. **Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC.** *Código eléctrico colombiano – NTC 2050 Primera Actualización, sección 220-37*. Bogotá, D.C. : Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC, 2002.

10. **Departamento Normas Técnicas CODENSA S.A. E.S.P.** *Carga Máxima para el sector Residencial*. Bogotá, D.C. : CODENSA S.A. E.S.P., 2010.

11. **Empresas Públicas de Medellín EPM E.S.P.** *Zonas de demanda*. Medellín : Empresas Públicas de Medellín EPM S.A. E.S.P., 2000.

12. **UPME, Unidad de Planeación Minero Energética.** *Guía Didáctica para el Buen uso de la Energía*. Bogotá : POLIGRAMA, 2007. ISBN:978-958-98138-9-8.

13. **UPME, Unidad de Planeación Minero Energética.** [En línea] International Finance Corporation, 12 de Mayo de 2011. [Citado el: 8 de Julio de 2011.] http://www.upme.gov.co/Eventos/URE_2011/Daniel_Shepherd_IFC_SEF.pdf.

14. **UPME, Unidad de Planeación Minero Energética.** *Sistema de Información de Eficiencia Energética y Energías Alternativas*. [En línea] [Citado el: 18 de Enero de 2011.] <http://www.si3ea.gov.co>.

15. **Decreto 3450.** *Por el cual se dictan medidas tendientes al uso racional y eficiente de la energía*. Bogotá, D.C. : Ministerio de Minas y Energía , 2008.

16. **UPME – Universidad Nacional de Colombia.** *Caracterización de las bombillas para uso interior*

comercializadas en Colombia. Bogotá, Colombia : s.n., 2008.