

**CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA DE POTENCIA Y ENERGÍA DE ESTRATO  
SOCIOECONÓMICO 3 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 3 Y URE EN PROPIEDAD HORIZONTAL**

Oscar Hoyos Gutiérrez Código 20011072039  
Estudiante Tecnología en Electricidad

John Robert Romero García Código 20052072066  
Estudiante Tecnología en Electricidad

Alexandra Sashenka Pérez Santos  
Docente

**Universidad Distrital Francisco José de Caldas  
Facultad Tecnológica  
Tecnología en electricidad  
Septiembre de 2010**

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Director

---

Jurado

---

Jurado

**Bogotá, D.C. 15 de Septiembre de 2010**

# Caracterización de la demanda de potencia y energía de estrato socioeconómico 3 y URE en propiedad horizontal

Hoyos Gutiérrez, Oscar., Romero García, John Robert., Pérez Santos, Alexandra.  
*oscar\_hoyos@hotmail.es, johnrromero@hotmail.com, asperezs@udistrital.edu.co*  
*Universidad Distrital Francisco José de Caldas*  
*Facultad Tecnológica. Tecnología en Electricidad*

## Resumen

Se describen los resultados obtenidos al determinar la curva de demanda diaria de potencia y energía asociada al estrato socioeconómico tres en propiedad horizontal en la ciudad de Bogotá, D.C, Colombia, como insumo para el dimensionamiento de transformadores y redes de baja tensión. Identificando la potencia máxima diversificada, a partir del comportamiento de la carga residencial y de zonas comunes a lo largo de ocho días consecutivos de medición. Se confronta los datos obtenidos, con respecto a las diferentes formas de dimensionamiento de transformadores y redes de baja tensión utilizados por las electrificadoras en los mercados más significativos en Colombia.

En forma paralela se realiza en la propiedad horizontal el diagnóstico de las instalaciones eléctricas a la luz de la normatividad vigente y el levantamiento de planos unifilares, que en conjunto con estrategias de uso racional de energía propuestas para cada predio en particular, y que se presentan en forma de anexo, pretenden mejorar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad de Bogotá, D.C.

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

## Abstract

We describe the results obtained in determining the daily demand curve of power and energy associated to socioeconomic three condo in the city of Bogotá, DC, Colombia, as an input for the design of transformers and low voltage networks. Identifying the maximum power diversified from load behavior and residential areas over eight consecutive days of measurement. Obtained data were compared with respect to different ways of sizing transformers and low voltage networks used by power companies in most significant markets in Colombia. In parallel, horizontal property held in the diagnosis of electrical installations in the light of current regulations and the surveying Unifilar, which together with strategies for rational use of energy proposals for each site, in

particular, submitted as an annex, will improve the quality of life of the habitants of the city of Bogotá, D.C.

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

## 1. Introducción

En el área urbana de la ciudad de Bogotá, D.C. los servicios públicos domiciliarios tienen como clientes o suscriptores a personas naturales y jurídicas, para el caso del servicio de energía eléctrica domiciliaria este se presta bajo dos modalidades, residencial y no residencial. El servicio residencial es el que corresponde a los hogares o núcleos familiares, incluyendo las áreas comunes de los conjuntos habitacionales [1]. No existen estudios que describan el comportamiento de la demanda de potencia y energía eléctrica para clientes residenciales, específicamente en propiedad horizontal de estrato socioeconómico tres. Dado que la demanda de un sistema eléctrico se define como la carga que recibe un consumidor en promedio durante un intervalo de tiempo [2], si se quiere identificar la demanda máxima diversificada o modelar la demanda diaria de potencia y energía es necesario recurrir al uso de un equipo con cualidades de registro, capaz de caracterizar el comportamiento de un circuito eléctrico y a su vez almacenar estos datos para un posterior análisis. Este modelamiento permite identificar estrategias de uso racional y eficiente de energía URE, con lo cual se pretende mejorar la calidad de vida de los clientes, y crear conciencia del uso eficiente de la energía con un menor requerimiento de potencia, trayendo consigo beneficios para sí mismos y contribuyendo a la conservación de los recursos naturales, a través de un menor requerimiento de potencia instalada en el País, además se busca identificar la potencia nominal que debe tener un transformador en función del número de clientes a atender, como insumo de diseño en un proyecto de vivienda de estrato socioeconómico 3, las actividades de campo relacionadas con el estudio se realizaron en el mes de febrero.

## 2. Propiedades horizontales objeto de estudio

El estudio se centra en propiedades de tipo horizontal ya que estas agrupan clientes de energía eléctrica del orden de centenas con características socioeconómicas similares (hábitos de consumo, área de la vivienda, equipos de uso final), condición ideal para establecer la curva de demanda diaria de potencia, y la curva de demanda máxima diversificada.

El consumo de energía interno que presentó Colombia para el año 2009 ascendió a 46.356 [GWh/año]. Para este mismo año se contaron con 10.234.900 suscriptores al servicio de energía eléctrica de tipo residencial, que corresponden al 91,30% del total, y consumen el 41,15% de la energía.

La ciudad de Bogotá, D.C, consume el 15% del total de la energía del País, y el 21.02% de la energía de uso residencial del País. Cuenta con 2.138.821 suscriptores urbanos, de los cuales el 87,92% son residenciales y de estos el 35,6% son de estrato socioeconómico 3. Los suscriptores de estrato 3 presentan un consumo promedio de 177,24 [kWh/mes], son responsables de consumir el 24,27% 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. Específicamente para el estrato socioeconómico tres el subsidio por consumo de subsistencia es de 15% [5].

En el año 2009 se contó con 1.034.430 predios en propiedad horizontal, donde el 35,42% (366.395), corresponden al estrato socioeconómico tres.

A partir de la base de datos de transformadores existentes en Bogotá, D.C., en la cual se identificaba la existencia de red de baja tensión asociada y la dirección, se procede a visitar y plantear los objetivos del proyecto.

El estudio caracterizó tres propiedades horizontales que agrupan un total de 1.435 viviendas pertenecientes al estrato, donde sus habitantes son clientes del servicio de gas natural domiciliario. En cada una de estas propiedades se centró el estudio en por lo menos uno de los centros de distribución asociados a la misma, de manera que se obtuvo la caracterización de la demanda de potencia utilizando un equipo analizador de calidad; en forma paralela se realizó el diagnóstico técnico de las redes de baja tensión, caracterización de las cargas asociadas a

zonas comunes y se plantearon estrategias URE, los resultados obtenidos para cada una de las propiedades se consignan en los informes anexos. Las principales características de cada una de las propiedades horizontales se presentan en la tabla I y II.

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 de San Carlos SLR-3	180	CD 26163	500	149
	200	CD 26164	500	148
	200	CD 26165	500	219
	220	CD 26169	500	178
Bosque de San Carlos SLR-4	180	CD 26166	500	172
	180	CD 26167	500	147
Recodo de San Felipe V	275	CD 60871	225	147

Tabla I: Conjuntos residenciales objeto de estudio.

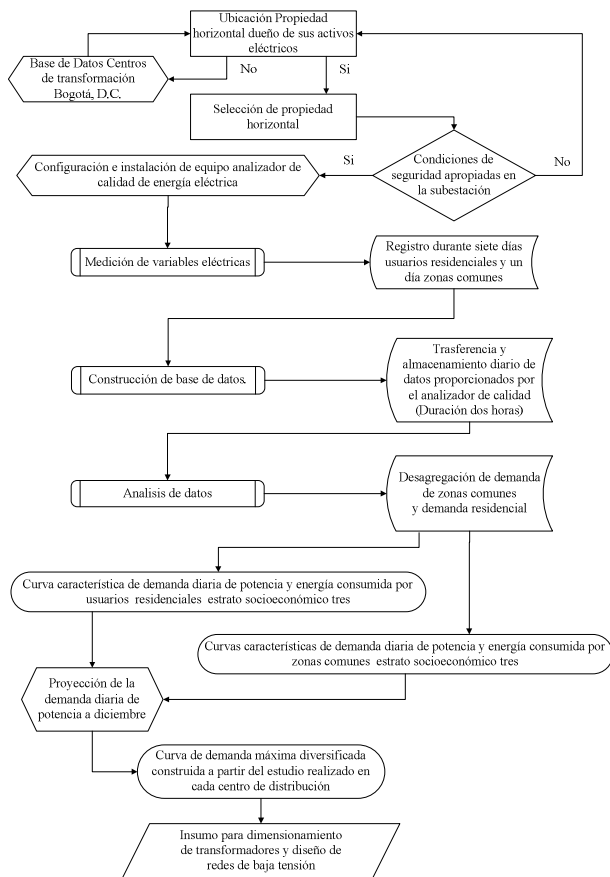
Conjunto Residencial	Energía consumida Zonas Comunes [kWh/mes]	Ascensores # × [kW]	Bombas eléctricas # × [kW]	Neveras de uso comercial # × [kW]
Bosque de San Carlos SLR-3	6.769	--	7 × 5,5	3 × 0,82
Bosque de San Carlos SLR-4	2.429	--	4 × 9	3 × 0,82
Recodo de San Felipe V	6.976	6 × 5,5	4 × 7,5	1 × 0,82

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 clientes residenciales

La construcción de la curva de demanda de potencia exige la configuración e instalación de un equipo analizador de calidad eléctrica, capaz de realizar registro y almacenamiento de variables eléctricas que constituyen el insumo para la construcción de base datos, y su interpretación.

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 en una ciudad como Bogotá, D.C., de alta densidad poblacional.



**Figura 1: Metodología empleada para la caracterización de la demanda de potencia**

### 3.1. Variables eléctricas a evaluar.

Las medidas de las variables eléctricas necesarias se obtienen utilizando un equipo analizador de calidad eléctrica instalado en uno de los barrajes de baja tensión ubicado en el tablero general de acometidas perteneciente al centro de distribución en estudio de la propiedad horizontal. El equipo es el analizador de calidad eléctrica Fluke 435. Dentro de sus características principales de destaca la medición de los parámetros del sistema de alimentación eléctrica, como tensión y corriente de verdadero valor eficaz, frecuencia, alimentación, consumo eléctrico, desequilibrio y flicker [6]. 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 [6]. El tiempo de medida se ajusta en 10 segundos, de esta manera se garantiza que las medidas conformen una base de datos útil para este

estudio, y para futuros estudios asociados a calidad de la potencia.

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

Las medidas realizadas en los diferentes centros de distribución se realizan siguiendo la normatividad de trabajo en línea viva, y la posibilidad de instalación del equipo, es por eso que en las subestaciones los clientes caracterizados no son el total asociados al centro de distribución. Los parámetros que hacen parte de la base de datos construida empleando el analizador de calidad eléctrica requeridos para el estudio son: 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.

Los centros de distribución en los cuales se realizaron medidas se relacionan en la tabla III.

Conjunto Residencial	Centro de distribución CD	Cientes asociados al CD	Cientes caracterizados	Demanda de potencia en Zonas comunes caracterizadas [%]
Bosque de San Carlos	26164	200	200	100
SLR-3	26165	200	100	50
Bosque de San Carlos	26166	180	100	56
SLR-4	26167	180	80	44
Recodo de San Felipe V	60871	275	275	100

**Tabla III: Cientes 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 a plena carga de trabajo para el transformador de distribución dentro de sus condiciones diarias de trabajo.

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 el fin de obtener una curva de demanda diaria residencial más general, se combinan las curvas pertenecientes a días hábiles (lunes a viernes) y se combinan las curvas pertenecientes a días no hábiles (sábado y domingo), creando respectivamente una envolvente a partir de los valores máximos registrado 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 febrero al mes de más alta demanda de potencia, que en Colombia corresponde a diciembre, se utiliza los porcentajes de variación mes a mes propuestos en el Plan de Expansión 2009-2023 [7], lo cual corresponde a una aumento del 4,62%.

### 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 económico específico, en este caso el 3, 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

A y b: Son constantes.

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.” [8]. 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, altura sobre el nivel del mar. Es de resaltar que el operador de red Codensa S.A, establece tablas para el dimensionamiento de

transformadores y el criterio de demanda máxima diversificada para clientes con disponibilidad de energético sustituto, para los cálculos de cargabilidad de conductores en redes de baja tensión asociadas al transformador, en función del número de clientes a lo largo del circuito de baja tensión.

El resto de OR’s utiliza el criterio de demanda máxima diversificada para las dos tareas anteriormente mencionadas, o carecen de metodologías de cálculo en su normatividad.

La curva de demanda máxima diversificada construida en el estudio, se confronta con lo establecido en norma de cada uno de los operadores de red: Codensa S.A. E.S.P. [9] y EPM E.S.P. [10] para el dimensionamiento de transformadores.

### 3.4. Levantamiento de activos eléctricos

En forma paralela al levantamiento de las medidas de los parámetros eléctricos necesarios para la caracterización de la demanda de potencia y energía, se realiza el levantamiento de las redes de baja tensión pertenecientes a cada una de las propiedades horizontales objeto de estudio, el cual permite establecer estrategias de uso racional de energía, como también inspeccionar las condiciones de trabajo y seguridad de los diferentes equipos asociados a las redes. Este levantamiento se realiza a partir de un seguimiento de cada uno de los circuitos derivados desde el tablero general de acometidas hasta los armarios de medidores de energía pertenecientes a cada una de las unidades habitacionales de la propiedad horizontal. A su vez este levantamiento permite realizar un diagnóstico de los diferentes equipos asociados a la red de baja tensión, donde se identifican problemas de riesgo eléctrico y la necesidad de una actualización de cada centro de distribución, teniendo como referencia las normatividad vigente y aplicable.

## 4. Resultados obtenidos

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

### 4.1. Energía demandada en promedio por cliente de estrato socioeconómico tres

El área bajo la curva de la demanda diaria de potencia establecida para cada uno de los días de la semana, permite establecer la energía promedio mensual para un cliente de estrato tres.

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

#### Ecuación 2

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

P: Lectura de potencia activa en punto i.  
i: Punto evaluado (1, 2,3,...,144).  
n: n-ésima lectura registrada.  
 $\Delta t$ : 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

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.  
 $\Delta t$ : variación de tiempo (10 minutos)

- Aproximación por regla de Simpson.

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

#### Ecuación 5

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.  
 $\Delta t$ : variación de tiempo (10 minutos)

El consumo promedio mensual de energía se consigna en las tablas en la tabla IV y V.

Los registros de la superintendencia de servicios públicos domiciliarios [3], muestran que el mes de febrero un cliente de estrato socioeconómico tres requirió en promedio 160,78 [kWh/mes], en comparación con el estudio se halla una diferencia de 4,63% por encima, con lo cual se establece coherencia en los resultados obtenidos. Para cada uno de los centros de distribución se

estima un consumo promedio por cliente para el mes de febrero, el cual se relaciona en la tabla IV.

Conjunto Residencial	Centro de distribución CD	Energía consumida por cliente [kWh/mes]
Bosque de San Carlos SLR-3	26164	161,68
Bosque de San Carlos SLR-4	26165	152,74
Recodo de San Felipe V	26166	153,48
	26167	206,8
	60871	168,28

Tabla IV: Consumo promedio mensual por centro de distribución.

El consumo promedio para un cliente de estrato socioeconómico tres se obtiene a partir del estimado en cada uno de los centros de distribución donde se instaló el equipo, este se halla al promediar los consumos mensuales estimados de cada centro de distribución.

Energía promedio mes [kWh/mes]		
Regla de los Rectángulos	Regla del Trapecio	Regla de Simpson
168,59	168,58	168,59

Tabla V: Consumo promedio mensual cliente residencial estrato socioeconómico tres.

## 4.2. Curvas de demanda diaria y curva de duración de carga

La curva de demanda diaria (figura 2) es una representación hora – hora de la demanda de potencia expresada en por unidad, es posible representar también en [A], [kVA], [kW], [kVAr].

La curva representativa del día hábil, indica que la demanda máxima en el estrato socioeconómico 3 ocurre alrededor de las 05:50 horas, se presenta un segundo aumento de la demanda a las 20:10 horas, con una magnitud de 77% sobre la demanda máxima. La demanda mínima se presenta cerca de las 03:00 horas del día y corresponde al 23% sobre la demanda máxima. Para el día no hábil.

Para días no hábiles la demanda máxima ocurre a las 20:00 horas del día, presenta un segundo pico alrededor de las 10:30 horas del día con una magnitud de 82% sobre la demanda máxima, la demanda mínima ocurre a las 04:10 horas del día y corresponde al 30% de la demanda máxima.



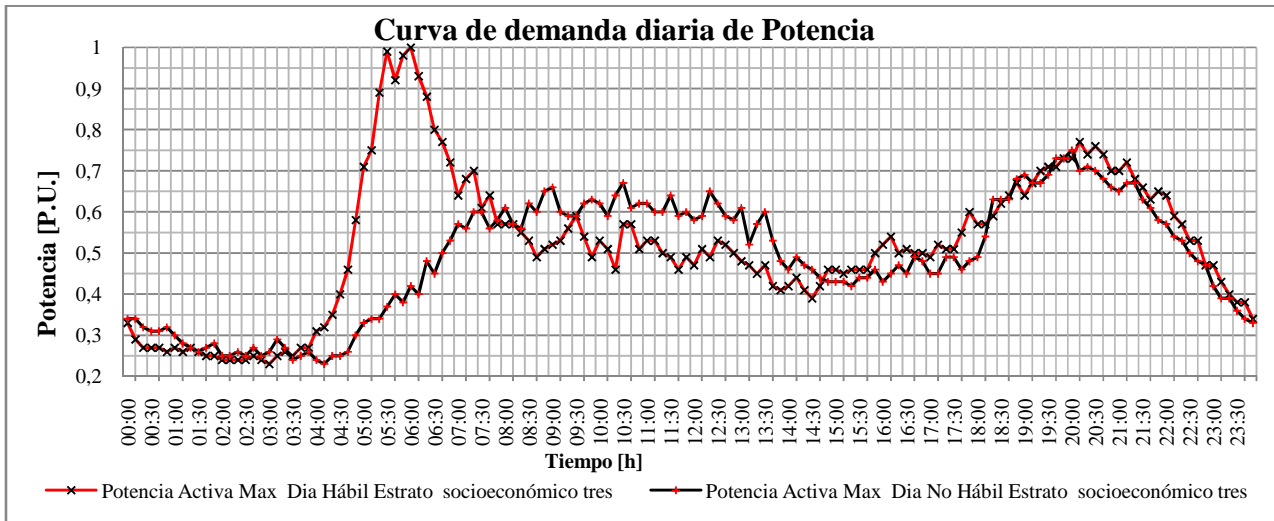


Figura 2: Curva de demanda diaria de potencia estrato socioeconómico tres.

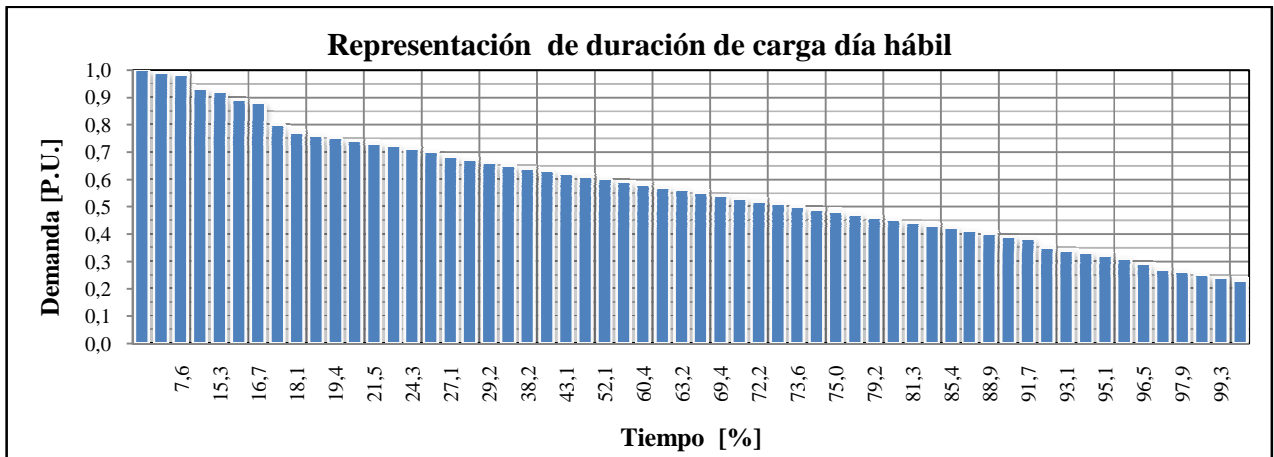


Figura 3: Curva de duración de carga día hábil para el estrato socioeconómico tres.

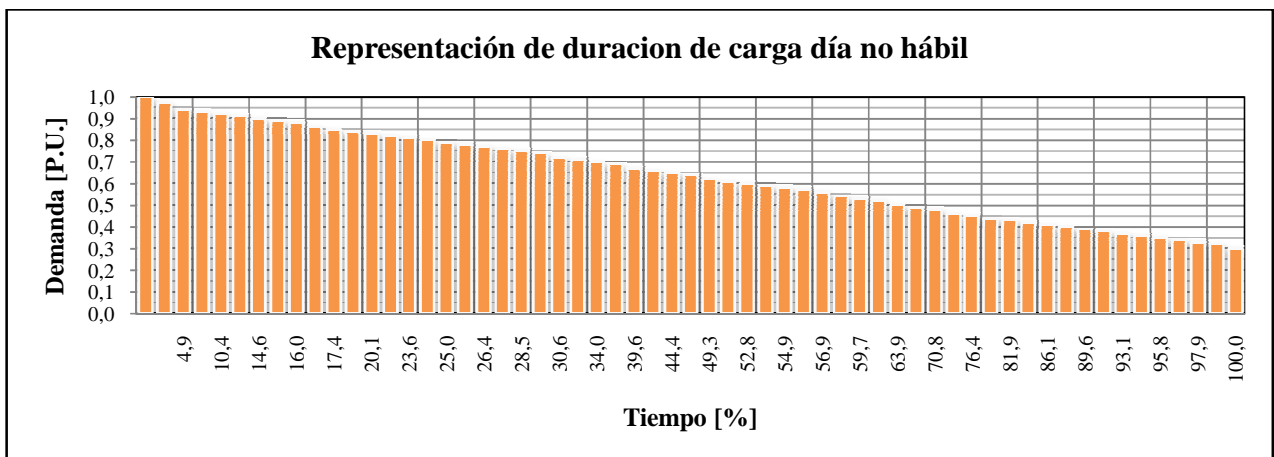


Figura 4: Curva de duración de carga día hábil para el estrato socioeconómico tres.

La curva de duración de carga (figura 3) es una representación porcentual de la duración de la demanda expresada en por unidad. Esta herramienta permite desagregar la demanda diaria en tres rangos diferenciables, 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.

La curva de duración de carga representativa para el día hábil (figura 3) indica que el 17,36% del tiempo la demanda es alta, 56,25 % del tiempo la demanda es media y el 26,39% del tiempo la demanda es baja y para los días no hábiles (figura 4) los porcentajes de duración son 24,31%, 39,58%, 36,11% respectivamente.

### 4.3. Demanda máxima diversificada

La proyección de la demanda diaria de potencia del mes de febrero 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 descriptiva por el estudio se muestra a continuación.

$$\begin{aligned} \text{Demanda máxima diversificada } DMd(c) \\ = 4,211 c^{-0,311} \text{ [kVA/cliente]} \end{aligned}$$

#### Ecuación 6

c: Número de clientes

El operador de red Codensa S.A. E.S.P. establece una demanda máxima diversificada en el dimensionamiento de redes de baja tensión en estrato tres, con existencia de energético sustituto gas natural que se muestra a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Demanda máxima diversificada } DMd(c) \\ = 2,889 c^{-0,19} \text{ [kVA/cliente]} \end{aligned}$$

#### Ecuación 7

El operador de red Codensa S.A. E.S.P. Para efectos de selección de la potencia nominal del transformador aplica los valores consignados en la tabla VI.

EPM E.S.P. 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 VII.

Potencia nominal del transformador [kVA]	Número de clientes asociados al transformador	Codensa S.A. E.S.P. [kVA/cliente]
15	38	0,39
30	71	0,42
45	113	0,40
75	175	0,43
112,5	276	0,41
150	367	0,41
225	488	0,46
300	564	0,53
400	957	0,42

Tabla VI: Carga máxima para el sector residencial Codensa S.A. E.S.P.

Número de clientes	EPM E.S.P. [kVA/cliente]	Potencia nominal del transformador [kVA]
12	15	2,57
27	30	1,86
41	45	1,33

Tabla VII: Zonas de demanda EPM E.S.P.

Para diseño de redes de baja tensión, tanto los procedimientos dispuestos por los operadores de red, como el propuesto en el estudio, se muestran en la figura 5.

La curva de demanda máxima diversificada propuesta por el presente estudio, se muestra por encima de las curvas de demanda máxima diversificada de los operadores de red, lo cual indica que en el diseño de redes de baja tensión, se estaría realizando con demandas promedio por cliente inferiores.

Se puede presumir que la red de baja tensión, presentaría condiciones de sobrecarga en hora pico.

#### 4.3.1. Selección de potencia nominal de transformador

El procedimiento empleado para el dimensionamiento del transformador en un proyecto de vivienda por cada uno de los operadores de red, establece el número de clientes máximos asociados a un transformador de distribución, Cada uno de los procedimientos propuestos por los operadores de red, son evaluadas a partir de los resultados obtenidos por el estudio. Figura 6.

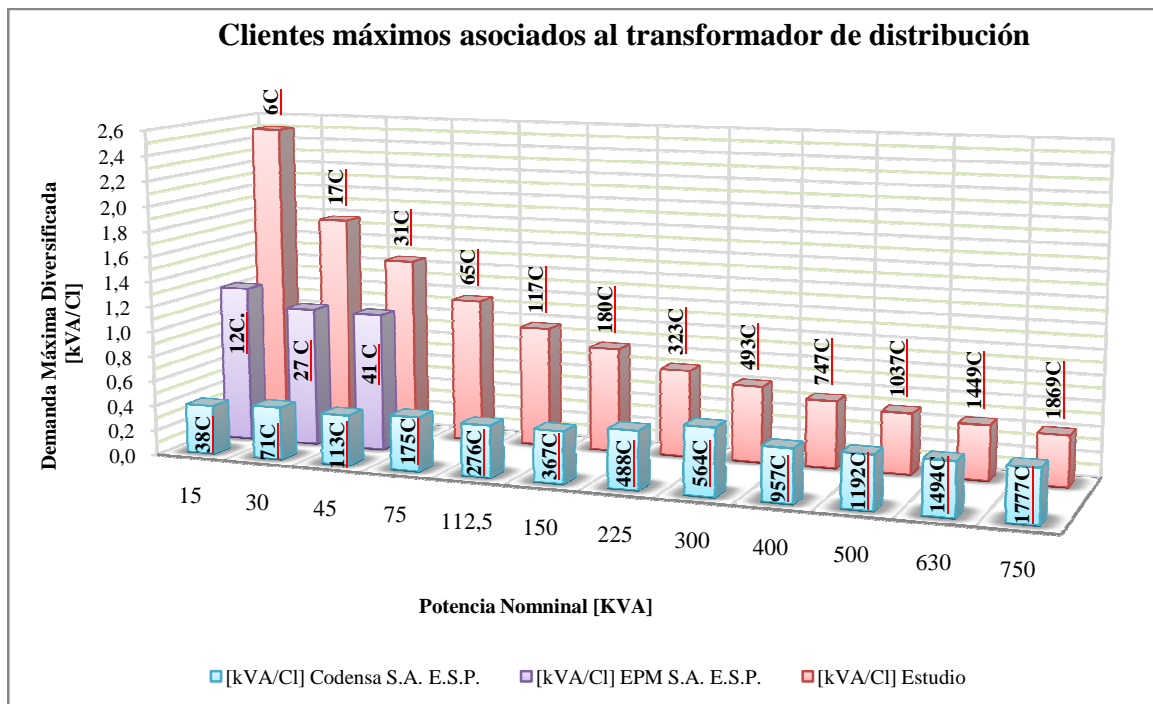


Figura 5: Clientes máximos por transformador de distribución.

En este procedimiento inicialmente se observó que existe una notable diferencia en los transformadores de baja potencia, para un transformador de 15 [kVA] Codensa S.A. E.S.P. asigna 38 clientes, EPM E.S.P. le asigna 12 clientes, se encontró que este se satura con 6 clientes, Dado que las normas de zonas de demanda publicadas por el operador de red EPM S.A. E.S.P. se realiza la comparación en tres de ellos únicamente, ya que dentro de esta norma se contemplan la demanda máxima efectuada por 50 clientes actuando en conjunto para un total de 53,75 [kVA].

En los transformadores de entre 15 [kVA] y 225 [kVA] asignados por la metodología del operador de red Codensa S.A. E.S.P. presentan una demanda máxima diversificada en promedio de 0,41 [kVA/cliente], Esto refleja que la estimación de la demanda máxima diversificada se realiza sin tener en cuenta la variación que esta presenta en función de la cantidad de clientes actuando en conjunto, lo que implica directamente en la variación de la cargabilidad sobre el transformador. Si se dimensiona un transformador con estas características, este puede llegar a operar bajo condición de sobrecarga, disminuyendo así su vida útil promedio además de afectar en la calidad del servicio a los clientes asociados a él.

La demanda diversificada más alta asignada por esta metodología es de 0,53 [kVA/cliente] la cual se estima

cuando se asigna un transformador de 300 [kVA] para un transformador de esta potencia nominal se encontró que la demanda diversificada corresponde a 0,61 [kVA/cliente], con lo cual se sigue presentando el caso de posible sobrecarga sobre el transformador de distribución.

En los transformadores de entre 400 [kVA] y 750 [kVA] asignados por el procedimiento del operador de red Codensa S.A. E.S.P. presentan una demanda máxima diversificada constante de 0,42 [kVA/cliente], y al igual que en los anteriores persiste la posible condición de operación en sobrecarga, exceptuando al transformador de 750 [kVA] en el cual la demanda diversifica es de 0,40 [kVA], condición aceptable de funcionamiento, ya que en esta condición se prevé una proyección de la demanda a varios años, además que la vida útil del transformador no se ve afectada gravemente.

En el procedimiento empleado por el operador de red Empresas Publicas de Medellín EPM S.A. E.S.P. se encuentra publicada la demanda diversificada hasta para 50 clientes únicamente con los que únicamente se puede estimar con certeza los transformadores de 15 [kVA], 30 [kVA] y 45 [kVA].

Para un transformador de 15 [kVA] según este procedimiento la demanda máxima diversificada es de 0,53 [kVA/cliente], para un transformador de esta potencia

nominal se estimó que la demanda máxima diversificada debe estar en 1,37 [kVA/cliente] ya que la norma esta publicada desde el año 2000, sugiere una revisión o actualización. Para un transformador de 30 [kVA] la demanda diversificada que se presume según este procedimiento, es de 1,11 [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 1,1 [kVA/cliente] en tanto el encontrado para este transformador es de 1,45 [kVA/cliente].

## **5. Uso racional y eficiente de energía URE**

El uso racional de energía actualmente se toma como una práctica voluntaria por parte del sector residencial, la desinformación, y la falta de asesoramiento, hacia los clientes residenciales crea un impedimento para una implementación adecuada que genere algún tipo de beneficio, las propiedades horizontales presentan la cualidad de agrupar clientes residenciales con características socioeconómicas similares, condición que puede ser beneficiosa al momento de establecer estrategias de uso racional y eficiente de energía.

### **5.1. URE en unidades habitacionales**

El uso racional y eficiente de la energía debe entenderse como el aprovechamiento óptimo de los recursos energéticos, de modo que las estrategias propuestas no siempre están encaminadas en la renovación equipos con baja eficiencia o de inversiones por parte del cliente, el buen uso de la energía se encamina en generar una conciencia tendiente a mejorar el uso final de la energía eléctrica.

Debido a que el consumo de energía en una vivienda no es homogéneo ni constante, en las diferentes áreas de esta se requieren niveles diferentes de energía para suplir las necesidades de consumo habitual, las practicas que contribuyen con el uso racional y eficiente de la energía para una vivienda de estrato socioeconómico tres se presentan en los informes anexos al presente artículo. En ellas se identifica las zonas y se sugieren recomendaciones para las mismas con las cuales se contribuyan a una implementación adecuada de URE.

Uno de los aspectos más importantes de gran aporte dentro de una planeación de URE es en la iluminación, práctica que se debe realizar teniendo como premisa principal el nivel adecuado de iluminación, labores realizadas por las personas, tipo de luz, tecnología aplicar, eficiencia, y porcentaje de ahorro que se ofrece. La

principal fuente de iluminación artificial por parte de un cliente residencial de estrato socioeconómico tres se basa en lámparas incandescentes, tecnología de baja eficiencia aproximadamente el 10% de la energía consumida por una lámpara incandescente es transformada en luz la energía restante se transforma en calor, razón por la cual se sugiere realizar un cambio de este tipo de bombillas por otro tipo de tecnología la cual ofrezca una mayor eficiencia y un nivel adecuado de iluminación, además que el decreto 3450 de 2008 reglamenta la prohibición en la importación, distribución, comercialización y utilización de fuentes de iluminación de baja eficacia lumínica [11]. A cada unidad habitacional se dan recomendaciones generales y específicas (ver informes anexos), que orientan a las personas sobre tecnologías de iluminación tendientes al ahorro de energía eléctrica.

Se puede llegar a disminuir el consumo de energía por parte de la iluminación en un porcentaje considerable, en el caso de una lámpara incandescente de 100 [W] al reemplazarla por una lámpara fluorescente compacta de 25 [W], que emite la misma cantidad de luz, el porcentaje de ahorro es de 75 %, además que estas ofrecen mayor vida útil y diferentes tonos de luz con el que se logra mejorar el confort del área iluminada.

### **5.2. URE en Zonas comunes**

Las propuestas para la implementación del uso racional de energía en zonas comunes en propiedades horizontales, dependen de su infraestructura, el año de puesta en marcha y mantenimiento en equipos asociados a servicios comunes. Los puntos principales del estudio se centraron en iluminación y diferentes tipos de motores, ya que estos caracterizan principalmente las demandas en zonas comunes.

Físicamente se realizó un seguimiento sobre la infraestructura de las propiedades horizontales de manera que se identificaron los puntos en los cuales se puede implementar técnicas de URE y así reducir y mejorar la eficiencia de estos equipos, la implementación propuesta para mejorar la eficiencia requiere de una inversión inicial, como cada una de las zonas comunes presentan una infraestructura diferente, estas fueron analizadas separadamente (ver anexos), aunque con la misma metodología. Inicialmente se avaluaron las condiciones de las redes de distribución desde el tablero general de acometidas hasta los armarios de medidores, este seguimiento permitió realizar de manera precisa el diagnóstico de las redes de baja tensión y caracterizar las cargas asociadas a zonas comunes, verificando simultáneamente su estado y correcto funcionamiento.

En algunos motores (ver anexos) se optó por realizar mantenimientos correctivos inmediatos, ya que algunos de ellos se encuentran con un funcionamiento inadecuado.

La iluminación perimetral se puede manejar realizando cambios masivos de bombillos, en conjunto con un mantenimiento de las luminarias, ya que en las tres propiedades se realiza la iluminación perimetral con lámparas de vapor de mercurio que en comparación con las de vapor de sodio presentan una eficiencia baja, siendo así una inversión adecuada de rápida recuperación.

## 6. Resultados obtenidos Uso racional de energía

De primera mano los resultados obtenidos por las estrategias propuestas se ven reflejados en el tiempo, estos dependen principalmente del porcentaje de ahorro que se desea obtener, y el costo de la inversión inicial. Actualmente lo que se realizó es presumir el impacto y los resultados que se pueden obtener en base a las diferentes propuestas (ver anexos), esto también con el objetivo de ilustrar a la propiedad horizontal acerca de la inversión inicial, y el beneficio brindado. Cada uno de las propuestas se basa estrictamente en los diagnósticos realizados en las tres propiedades horizontales, (ver anexos).

En los clientes residenciales se puede generalizar el mismo resultado final, ya que las condiciones socioeconómicas que presentan son similares para cualquiera de estos.

- Si un cliente promedio distribuye sus labores cotidianas a diferentes horas del día se logrará reducir los picos de demanda máxima en el sector residencial.
- El mantenimiento en equipos electromecánicos residenciales, garantiza una operación eficiente de los mismos, equipos como neveras, lavadoras, secadoras, aspiradoras, deben tener un mantenimiento periódico.
- Los equipos electrónicos operando en modo de espera, deben ser desenergizados ya que estos en este modo operan con un consumo entre el 10% y 20% que en funcionamiento normal.
- En la parte de iluminación se encontró que se puede lograr una reducción de 75% tan solo reemplazando una lámpara incandescente por una de tipo fluorescente compacta, la cual brinda las mismas características de flujo luminoso.

A partir de la socialización de los resultados en las diferentes propiedades horizontales se busca que se adopten iniciativas y se cree una conciencia de uso racional de energía, que traiga consigo un mejoramiento

en el nivel de vida, como también en costos de facturación de energía eléctrica, factor que hace más fácil las labores de implementación de estrategias URE, ya que es el primer indicador en el cual los clientes confirman que es útil realizar este tipo de prácticas.

## 7. Conclusiones

La demanda de potencia se puede caracterizar de manera más aproximada, si esta se realiza separadamente para días hábiles y días no hábiles, ya que depende directamente de las labores cotidianas realizadas por las personas y en días no hábiles el comportamiento es totalmente atípico.

La demanda máxima se presumía en horas de la noche, se encontró que la demanda máxima ocurre en horas de la mañana, revelando que la mayor parte de las actividades que requieren el uso de energía eléctrica por parte del sector residencial se hacen en este periodo.

La demanda máxima diversificada para un estrato socioeconómico tres con el servicio de gas natural domiciliario usada como insumo para dimensionamiento de transformadores, muestra que actualmente un transformador de distribución asignado según la metodología del operador de red Codensa S.A. E.S.P. o EPM S.A. E.S.P. se encuentra operando en condiciones de sobrecarga, razón por la cual se hace necesario una revisión o ajuste específicamente a este tipo de normatividad.

Debido a la falta de conocimiento técnico por parte de los clientes residenciales, estos optan por no realizar prácticas de uso racional y eficiente de energía, haciendo necesario la creación de ayudas didácticas que ilustren de manera breve y concisa los beneficios que conlleva el aprovechamiento en el uso final de la energía eléctrica.

Las zonas comunes de propiedades horizontales facilitan la implementación de estrategias URE ya que la implementación de estas dependen de gestiones administrativas, las cuales con la adecuada información y asesoría indicada pueden optar por su ejecución.

Con la totalidad de los datos registrados por el analizador de calidad eléctrica, es posible realizar un análisis de calidad de potencia para estrato socioeconómico tres, con la cual se pueda describir la calidad del servicio de energía eléctrica para clientes residenciales, sin realizar nuevamente las labores de campo.

## 8. Referencias

[1]. **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.

[2]. **Pérez Santos, Alexandra Sashenka.** *Características de la carga. Notas de clase.* Bogotá : Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2005.

[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]. **Ley 142.** *Por la cual se establece el Régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios y se dictan otras disposiciones.* Bogotá, D.C. : Ministerio de Minas y Energía , 1994.

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

[7]. **Unidad de Planeación Minero Energética UPME.** *Plan de Expansión de Referencia Generación-Transmisión 2009-2023.* Bogotá, D.C. : Ministerio de Minas y Energía, 2009.

[8]. **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.

[9]. **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.

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

[11]. **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.