

URE propiedad horizontal de la zona de influencia de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Espinosa Zamora, Edison Andrés. Fuentes Baquero, Nelson Fabián. Pérez Santos, Alexandra. eaez000@correo.udistrital.edu.co, nffuentesb@correo.udistrital.edu.co, asperezs@udistrital.edu.co Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica. Tecnología en Electricidad

Resumen.

Descripción de Resultados correspondientes al análisis del consumo de energía eléctrica en tres conjuntos residenciales aledaños a la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, durante un periodo de cinco días para la carga residencial y de dos días para la carga asociada a zonas comunes de cada propiedad, haciendo en paralelo, el reconocimiento de los activos eléctricos de nivel 1 de tensión y del estado de estos, para así consolidar recomendaciones acerca del uso racional de la energía, cumplimiento de RETIE¹ y propiedad de activos eléctricos.

Se utiliza el RETIE como reglamento aplicado a las instalaciones eléctricas de la propiedad en general. A los sistemas de iluminación existentes se les aplicará el RETILAP² para así realizar un diagnóstico actual correcto, haciendo énfasis en zonas comunes, que además, con el levantamiento de planos y diagramas unifilares, se convierte en parte importante para crear consciencia sobre el uso racional de la energía.

Palabras clave: Potencia Activa, Energía, instalaciones eléctricas, Normatividad, sistemas de iluminación, iluminancia, Uso racional de energía.

Abstract.

Description of Results about the analysis of electricity consumption in three residential complexes next to the technology department of Universidad Distrital Francisco José de Caldas, for a period of five days for residential load and two days for the load associated with the common areas; at the same time, the recognition of active electrical voltage of tension in level 1 and its status were made, in order to consolidate recommendations about the rational use of energy,

accomplishment of RETIE and the property of electrical assets.

used as a regulation applied to the electrical installations of the property in general. RETILAP will be applied to the current lighting systems in order to make a correct diagnosis by emphasizing in common areas and also making plans and diagrams, it is a very important part to create conscience about the rational use of energy.

Keywords: Active Power, Energy, Electrical, Norms, lighting, illuminance, rational use of energy.

1. Introducción.

En la ciudad de Bogotá D.C. los servicios públicos son cobrados dependiendo del estrato socioeconómico, hablando de la energía eléctrica, su cobro está planteado según la cantidad de kW/hora que sean consumidos por los usuarios en el mes, en este caso, de tipo netamente residencial. El sector de zonas comunes (solo para usuarios que pertenecen a propiedad horizontal) posee un cobro de cada unidad de energía igual al que se le cobraría a un usuario de tipo residencial de estrato cuatro (Pérez Santos & Cepeda Buitrago, 2010), por consiguiente una disminución de consumo energético en el sector de zonas comunes representaría un ahorro monetario para los residentes de las propiedades horizontales. En la actualidad en la gran mayoría de conjuntos residenciales, los sistemas de iluminación se planean y ejecutan de manera incorrecta sin tener en cuenta el lugar ni el tipo de iluminación recomendable para realizar las actividades diarias, sin tener en cuenta los efectos para el estado de ánimo y de seguridad de los usuarios, además de la poca información sobre el daño visual que causa una pobre calidad de iluminación (Ministerio de Minas y Energía, Resolución No 181331, 2009, pág. 9). La selección de luminarias debe garantizar los niveles mínimos de iluminancia

¹ RETIE: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.

² RETILAP: Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público.

permitidos según normatividad actual (RETILAP) y para la disminución del consumo de energía ya que la cantidad de luminarias en el sector de zonas comunes oscila entre las 138 y 194 luminarias para las 3 propiedades objeto de estudio (Ver Tablas IV a VI). Otro aspecto importante para el URE³ está en identificar los fallos en el sistema eléctrico de baja tensión y de los activos presentes en esta, los cuales generan consumos extras que son cobrados normalmente por el operador de red, y que son fuente de pérdidas monetarias para con los usuarios de uso final de la energía eléctrica, sin contar con los efectos que generan, afectando directamente la red eléctrica del país. (5)

2. Propiedades horizontales objeto de estudio.

El análisis está dispuesto para propiedades horizontales de la zona de influencia de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital, donde se tuvo en cuenta la existencia de subestación en el interior del predio, por consiguiente del tablero general de distribución. Ya que en las tres propiedades existe una única subestación para la totalidad de los usuarios residenciales y zonas comunes, se propuso la ubicación del Fluke 435 (Analizador de Calidad de energía eléctrica) directamente en el tablero general de distribución de cada uno de los predios, con el fin de obtener un aproximado del comportamiento eléctrico de la propiedad en la carga de tipo residencial y por aparte en la carga relacionada a zonas comunes, dándole un uso netamente comparativo con el recibo de energía proporcionado mensualmente por el operador de red, tomando como referencia el promedio de consumo energético de los últimos 6 meses.

Para el planteamiento de recomendaciones acerca del estado de las instalaciones eléctricas y cargas especiales se utilizó el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), en cuanto a los sistemas de iluminación y se hizo uso de las indicaciones dadas por el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP), las cuales están como anexo al presente artículo.

Las características más importantes de cada una de las propiedades horizontales y cargas especiales en análisis se presentan a continuación:

Conjunto residencial	Centro de distribución CD	Cientes asociados al CD [#]	Potencia Nominal del transformador [kVA]	Consumo promedio cliente residencial [kWh/mes]	Costo Energía en Zonas Comunes mes x usuario (en pesos \$)
Camino de los Robles	15828	195	300	155,2	3618,80
Robles I	6486	155	300	147,3	4804,74
Robles II	6487	174	300	153	5041,88

Tabla I. Propiedades horizontales analizadas

Conjunto residencial	Energía promedio consumida en zonas comunes [kWh/mes]	Consumo promedio zonas comunes x cliente residencial [kWh/mes]	Bombas electricas # x [kW]	Neveras de uso comercial # x [kW]	Dispensadores de Dulces # x [kW]
Camino de los Robles	2023	10,37	3 x 6,7	1 x 1	No aplica
Robles I	2135	13,77	2 x 6,7 (en mantenimiento)	1 x 1	No aplica
Robles II	2515	14,45	3 x 6,7	1 x 1	1 x 0,36

Tabla II. Cargas asociadas a las zonas comunes

3. Metodología empleada para la construcción de curvas de potencia y el consumo de energía en clientes residenciales y zonas comunes.

Como todo proceso, el registro de datos, el análisis y los resultados se basan principalmente en un conjunto de pasos para la realización y culminación del proyecto. Actividades como la descarga de datos a horas correctas, y la revisión del espacio de trabajo además del estado del equipo en todos sus aspectos deben tenerse en cuenta para el momento de la medición.

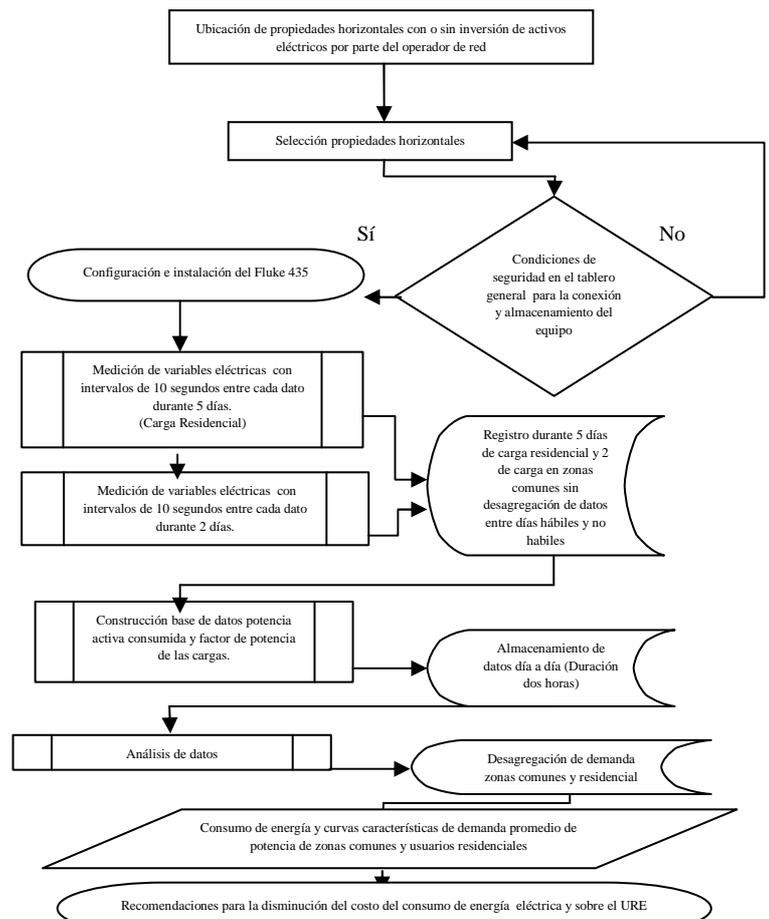


Figura 1. Metodología empleada para el análisis de la demanda de potencia y energía.

³ URE: Uso Racional de la Energía.

3.1 Equipo analizador de calidad de energía eléctrica Fluke 435.

Es un dispositivo semiautomático, capaz de analizar redes eléctricas monofásicas y/o trifásicas en todos los aspectos eléctricos importantes. Su análisis posee una precisión de entrada de tensión de 0,1% conforme a la norma IEC 61000-4-30 2003 clase A, además de la capacidad de almacenamiento de datos de registro y batería propia con lo que se garantiza la mínima interacción del analizador con el consumo energético de la red a analizar. El analizador de calidad de energía fluke 435, accesorios y el cargador de baterías están certificados para trabajos en entornos con clasificación de seguridad CAT IV 600 V y CAT III 1000 V (Fluke Ibérica, S.L., 2004). Como agregado, da la posibilidad al usuario de exportar los datos ya registrados a un programa computacional para su análisis.

3.2 Medición de variables eléctricas y curva de demanda diaria de potencia.

Para el análisis de la red eléctrica de baja tensión se utilizó el Fluke 435 el cual fue conectado en el barraje del tablero general de acometidas, claro está, después de la lectura de los manuales del equipo ya mencionado, donde se configuró en modo tierra interrumpida en estrella y trifásica (3 Φ IT). (2)

Para la conexión del equipo se hizo uso de las distancias de seguridad propuestas por el RETIE (Ministerio de Minas y Energía, Resolución No 18-1294, 2008, pág. 55) además de la utilización del equipo de protección personal para trabajo en línea viva (Ministerio del Trabajo y la Seguridad Social, Resolución No 02400, 1979, pág. 31). (7)

Ya que el Fluke 435 es configurable, el usuario puede escoger los datos que quiere analizar según la labor, para el caso del actual proyecto, el equipo se configuró para el registro de datos como: Potencia Activa [W], Potencia Reactiva [VAr], Potencia Aparente [VA], Tensión y corriente (Pico y/o rms), THD de Tensión [%], THD de Corriente [%], Factor de potencia, Frecuencia [Hz]. (Fluke Ibérica, S.L., 2004)

Los conjuntos residenciales en los que se hicieron las medidas eléctricas se encuentran en la tabla III.

Conjunto residencial	Centro de distribución CD	Cientes asociados al CD [#]	Cientes analizados [#]	Demanda de potencia en zonas comunes analizadas [%]
Camino de los Robles	15828	195	195	100
Robles I	6486	155	155	100
Robles II	6487	174	174	100

Tabla III. Clientes y zonas comunes analizadas

Para que el análisis gráfico, se disminuyó la cantidad de datos de la siguiente manera:

Inicialmente el Fluke 435 se hizo el registro de cerca de 8640 datos de cada una de las variables eléctricas configuradas, de estos datos de potencia se hizo uso del máximo valor, los valores de potencia activa máxima cada 10 minutos fueron el punto de partida para la realización de graficas de demanda de potencia diaria tanto en zona residencial como en zonas comunes. Hay que tener en cuenta que para hallar el valor del kW/Hora (unidad de energía) se debe hacer uso de la totalidad de valores de potencia activa registrados por el analizador de calidad de energía.

Ya que el sector de zonas comunes está constituido por un circuito que se ramifica directamente del barraje principal, no es posible medir estrictamente y por aparte consumo residencial y de zonas comunes, así que es posible (solo en el caso de la potencias) restarle al registro de todo el conjunto, el registro de zonas comunes para así desagregar datos y realizar un análisis correcto. El cálculo de energía es únicamente para la comparación con respecto al promedio de consumo en los últimos 6 meses en el sector de zonas comunes y una muestra del 2% de los usuarios residencial es para así evidenciar la variación de los datos.

3.3 Levantamiento de activos eléctricos.

En todo análisis eléctrico en propiedad horizontal se le debe prestar atención a las cargas conectadas a la red de baja tensión en zonas comunes, ya que tienen un alto consumo de energía eléctrica.

Se revisan los circuitos eléctricos de baja tensión, para así observar que cargas están asociadas al medidor de zonas comunes (motobombas, neveras, luminarias, etc.) indicando posibles mejoras y ajustes. Como agregado, esta revisión sirve como insumo para la construcción de los planos eléctricos de cada propiedad horizontal.

4. Iluminación.

Para todo sitio en el que las personas realizan algún tipo de actividad ya sea trabajo, estudio, recreación u ocio, se requieren unos niveles fotométricos mínimos para así garantizar un aceptable sistema de iluminación, propiciado claro está, el uso racional de la energía (URE).

El diseñador del sistema de iluminación debe tener muy en cuenta la estructura física del predio con el fin de sacarle el mayor provecho a la iluminación natural disminuyendo costos y utilizando luminarias acordes a la situación única y exclusivamente donde estas sean necesarias (Ministerio de Minas y Energía, Resolución No 18 1331, 2009, pág. 33). Cuando un sistema de iluminación ya está diseñado y ejecutado, se puede hacer un análisis enfocándose directamente en el tipo de bombilla y la eficiencia de esta, además de la utilización de dispositivos de control automático donde estos sean necesarios.

4.1 Metodología empleada para el análisis de los sistemas de iluminación.

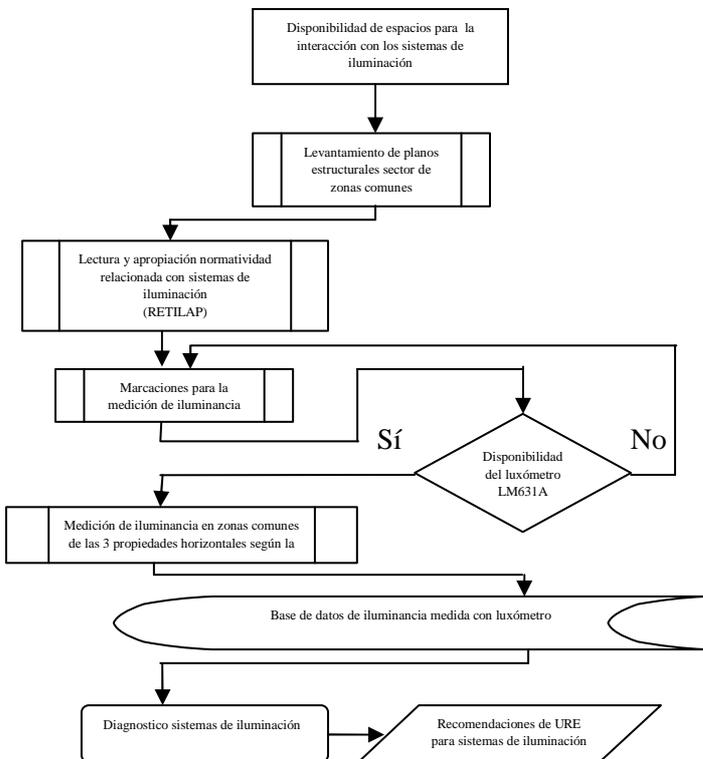


Figura 2. Metodología empleada para el análisis de los sistemas de iluminación.

4.2 Sectores Analizados.

La ubicación de luminarias en el sector de zonas comunes de las propiedades horizontales objeto de estudio son de suma importancia, ya que garantizan la seguridad y la armonía de los habitantes del conjunto (Ministerio de Minas y Energía, Resolución No 18 1331, 2009, pág. 37), además de minimizar los accidentes por falta de visibilidad nocturna en el caso de pasillos, escaleras y de zonas generales de circulación. En el análisis realizado, se pudo observar similitudes en las tres propiedades horizontales. La descripción del tipo de bombilla encontrada en cada sector en estudio se presenta a continuación:

CAMINO DE LOS ROBLES						
Sector analizado	Cantidad de Luminarias	Tipo de Bombilla	Potencia Nominal Bombilla [W]	Area [m ²]	Luminaria/m ²	Potencia instalada [W]/m ²
Administración	2	T12	39	24	0,125	5,75
	1	incandescente	60			
Celaduría	3	incandescente	60	10,4	0,29	17,31
Strip Telefonico	2	incandescente	60	14,5	0,14	8,28
Pasillos	110	incandescente	60	249	0,44	26,51
Zonas de transito peatonal	43	incandescente	60	4544,27	0,01	0,92
	4	Reflector	400			
Gimnasio	4	T12	39	36	0,22	11
	4	incandescente	60			
Salon Comunal	14	T12	40	168,96	0,12	5,80
	7	incandescente	60			

Tabla IV. Características generales luminarias existentes zonas comunes en Camino de los Robles

ROBLES I						
Sector analizado	Cantidad de Luminarias	Tipo de Bombilla	Potencia Nominal Bombilla [W]	Area [m ²]	Luminaria/m ²	Potencia instalada [W]/m ²
Administración	1	T12	39	9,3	0,22	10,65
	1	incandescente	60			
Celaduría	1	incandescente	100	6,05	0,33	19,83
	1	Fluorescente compacta	20			
Cuarto General	1	incandescente	60	5,941	0,17	10,10
Pasillos y escaleras	90	incandescente	60	224,1	0,40	24,10
	26	incandescente	60			
Zonas de transito peatonal	2	incandescente	100	2330	0,01	1,13
	1	Fluorescente compacta	70			
	2	Reflector	400			
	7	T12	39			
Salon comunal	5	incandescente	100	81,1	0,15	9,53
	7	T12	39			

Tabla V. Características generales luminarias existentes zonas comunes en Robles I

ROBLES II						
Sector analizado	Cantidad de Luminarias	Tipo de Bombilla	Potencia Nominal Bombilla [W]	Area [m ²]	Luminaria/m ²	Potencia instalada [W]/m ²
Administración	1	T12	39	5,824	0,17	6,70
Celaduría	6	incandescente	40	4,5198	1,99	
	3	LED				
Cuarto General	2	incandescente	40	11,882	0,17	6,73
Pasillos	110	incandescente	60	273,9	0,40	24,10
Zonas de transito peatonal	46	incandescente	60	2653,05	0,02	1,49
	3	Reflector	400			
Salon comunal	6	T12	39	54,15	0,11	4,32

Tabla VI. Características generales luminarias existentes zonas comunes en Robles II

Se puede inferir, que el sector de alumbrado perimetral o exterior de las unidades habitacionales, está compuesto principalmente por bombillas de tipo incandescente las cuales poseen una baja eficiencia ya que convierten la energía eléctrica principalmente en calor (Ministerio de Minas y Energía, Decreto 2331, 2007). Las recomendaciones acerca de este tema están como anexos al artículo.

4.3 Sistemas automáticos de iluminación de zonas comunes.

Dómotica se le denomina a la incorporación de elementos automáticos para el URE en sistemas de iluminación, siendo estos conformados por las comunicaciones, el control y la gestión para que el ahorro energético se vea reflejado en menor costo de la energía eléctrica (Ministerio de Minas y Energía, Resolución 181331, 2009, pág. 109 y 110). En las propiedades analizadas, estos sistemas son utilizados en el sector de pasillos y escaleras donde las personas hacen uso de iluminación de manera constante.

Se pudo observar el uso de sistemas temporizados para el control de iluminación en los corredores de escaleras, con lo cual se consigue que la bombilla permanezca encendida durante un corto periodo de tiempo, apagándose automáticamente. Se encontraron sistemas de interruptores con *sensores de presencia*, los cuales se encienden en el momento que las personas transitan por el lugar.

En el caso de alumbrado perimetral, el encendido de estas bombillas estaba restringido hasta las 6 pm donde el personal de seguridad activa interruptores termo magnético de manera manual y los desactiva a las 6 am.

4.4. Luxómetro digital LM631A.

Es un dispositivo utilizado para la medición de iluminancia proveniente de fuentes luminosas, este instrumento certificado según norma EN61326-1. Su precaución principal radica en nunca encender este instrumento en atmosferas explosivas. Este instrumento es un fotómetro digital portable, de 3 dígitos y medio, lectura en unidades lux. El funcionamiento del dispositivo consiste en retirar la cubierta del sensor una vez el aparato este encendido y ubicar la iluminación a analizar teniendo cuidado con afectarla con la sombra del que tenga el sensor en ese momento. Asegurarse que

la luz afecte totalmente el cabezal – sensor para tener unos datos óptimos. Tiene la capacidad de aumentar de rango de medición de 20 luxes a 20000 luxes, además de cambio de función instantáneamente con una resolución cercana a los 0,01 luxes. El sensor esta calibrado de fábrica con una luz de tungsteno de 2856° K por lo tanto cualquier medición de una fuente luminosa distinta deberá corregirse. (Amprobe, Data sheet). (1)

4.5. Medición de Iluminancia Media.

La iluminancia se le denomina a la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie, la iluminancia es una característica importante en bombillas de todo tipo. Ya que los valores mínimos de esta variable ya están normalizados para cualquier tipo de sector, podemos hacer uso de la iluminancia para la revisión de un sistema de iluminación en cuestión.

Para diagnosticar un sistema de iluminación ya existente, es fundamental la toma de medidas fotométricas, en este caso se hizo uso del luxómetro Digital LM631A, que es un dispositivo medidor de iluminancia.

Ya que las zonas comunes (Administración, celaduría, escaleras, perímetro de la propiedad, etc.) no poseen una estructura geométrica definida o similitud una con otra, se hizo mediciones de iluminancia en cada sector por aparte, ubicando la mayor cantidad de recuadros de 0.6 m X 0,6 m en el área a analizar, un ejemplo se muestra en la siguiente figura:

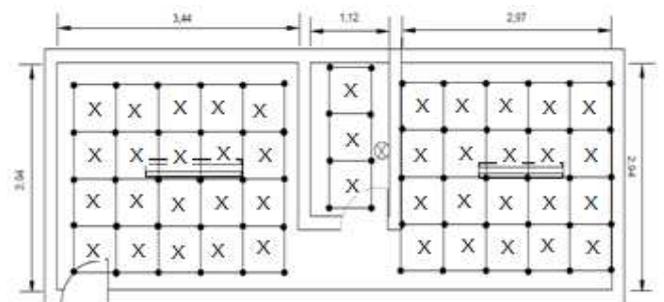


Figura 2: Esquema general para medición de iluminancia con el luxómetro digital LM631A

El luxómetro es colocado en el centro de cada cuadro y se toma medidas de iluminancia en luxes (lx), a una altura de 0,8 metros para sectores en los que se realicen labores de pie, y de 0,7 metros para sectores en los que se realicen trabajos sentados, finalmente se hace un

promedio aritmético de los valores de iluminancia ya medidos. (Ministerio de Minas y Energía, Resolución No 18 1331, 2009, pág. 116)

5. Instalaciones eléctricas.

Una instalación eléctrica se le denomina al conjunto de componentes para la generación, transmisión, distribución y uso final de la energía eléctrica. Cabe destacar que la energía eléctrica posee infinidad de ventajas, y su correcto uso genera armonía en el sistema y ahorro económico importante. En el actual análisis, se hizo uso de normatividad vigente para diagnosticar el estado de las instalaciones eléctricas, dirigido especialmente a las cargas conectadas en los circuitos relacionados a zonas comunes.

5.1. Metodología empleada para el análisis de las instalaciones eléctricas y cargas especiales.

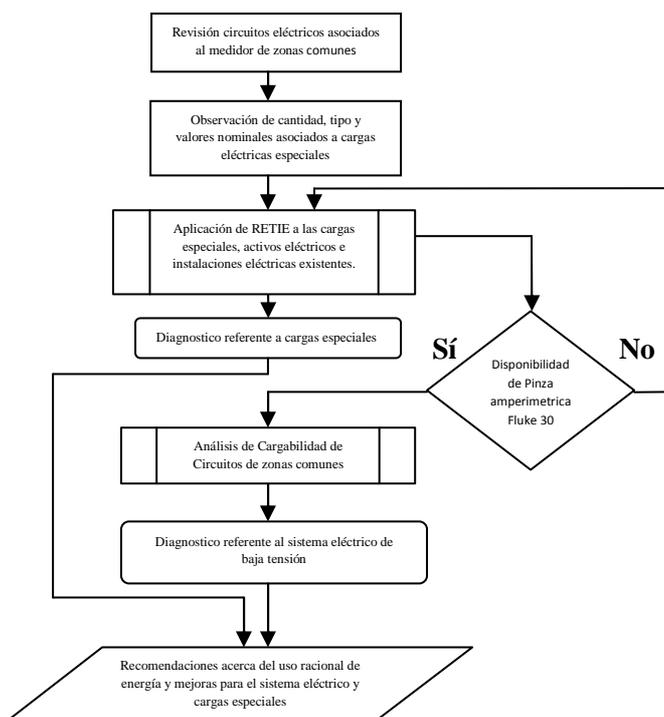


Figura 3: Metodología empleada para el análisis de instalaciones eléctricas y cargas especiales

5.2 Revisión de las instalaciones eléctricas y cargas especiales.

Inicialmente se hace un recorrido físico del predio, para observar las cargas especiales asociadas al circuito de zonas comunes, datos nominales y la forma en que dichas cargas están conectadas al sistema eléctrico.

Como inicio al diagnóstico se toma en cuenta la revisión del tablero general de distribución, ya que en este se distribuyen la totalidad de circuitos eléctricos de baja tensión de la propiedad. Se hace revisión de las conexiones entre conductores y barrajes, sin dejar de lado la simbología de riesgo eléctrico. (Ministerio de Minas y Energía, Resolución No 18-1294, 2008, págs. 92-93)

En el caso de los conductores para la distribución de la energía eléctrica en el interior de la propiedad, se hizo uso de los valores máximos admisibles de corriente indicados por CENTELSA, empresa que posee los mayores estándares de calidad en Colombia para conductores utilizados en trabajo eléctrico, además de las indicaciones sobre el manejo de conductores y ductos propuestas por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).(4)

Las cargas especiales son todas las cargas que tienen un alto consumo de energía eléctrica, entre otras podemos encontrar: Planchas, Lavadoras, Neveras comerciales, Duchas, Motores, etc. Para el análisis de cargas especiales en las propiedades, únicamente se revisó a las cargas en el sector de zonas comunes de cada propiedad (Ver Tabla II). Se planteó un conjunto de recomendaciones acerca del mejoramiento de las cargas especiales en cuanto a su mantenimiento y mejoras de tipo eléctrico.

5.3 Estudio de cargabilidad de circuitos relacionados a zonas comunes.

Las pérdidas de energía eléctrica son debidas a muchos factores, perdidas que se ven reflejadas directamente en el costo de la energía eléctrica. Malas acciones de diseño y/o mal dimensionamiento de conductores según la corriente en el sistema, son causas importantes de pérdidas de energía y difícil de ver a simple vista.

Para el análisis de carga de los conductores relacionados a los circuitos de zonas comunes, se hizo uso de una herramienta fundamental para la medición de corriente en valores eficaces (rms) llamada pinza multiamperimétrica Fluke 30, capaz de tomar datos de tensión y corriente eficaces, con rango de 0 a 600 [V] y de 0 a 400 [A].

Esta medición se realizó en horas de la tarde (cuando se activa la iluminación perimetral de zonas comunes)

para así observar el valor de corriente que circulaba por los conductores más importantes en el peor escenario. Teniendo estos valores de corriente ya registrados, se hizo uso de tablas publicadas por CENTELSA para así relacionar valores de corriente con tipo y calibre de conductor, consolidando recomendaciones acerca del mantenimiento y el conductor ideal para los circuitos eléctricos de zonas comunes.

5.4 Regulación de tensión.

La caída de tensión en un conductor se origina por el efecto de la resistencia eléctrica del mismo, la cual depende de la longitud del material y de la temperatura del conductor.

Para circuitos monofásicos está dado por dos veces el producto de la impedancia eficaz por la longitud de la línea y por la corriente del circuito.

$$\Delta V_{Fase-Neutro} = Z_{ef} \times 2 \times L \times I$$

6. Resultados Obtenidos.

Inicialmente nos indican el consumo promedio de energía de un cliente de cada predio analizado, además de la gráfica característica de potencia consumida en el sector residencial y zonas comunes. En el análisis de iluminación, los datos de iluminancia promedio de cada sector de zonas comunes analizado, recomendaciones generales para su mejoramiento y URE.

6.1. Consumo promedio de Energía para cliente Residencial.

La energía consumida, es el área bajo la curva de la señal de potencia activa, encontrada para 5 días de zona residencial y 2 de zonas comunes, esto para efecto del presente análisis.

$$Energía\ promedio\ mes \left[\frac{kWh}{mes} \right] = \left(\frac{30}{7} \right) \times \sum_{i=1}^n E_i \left[\frac{kWh}{dia} \right]$$

Ecuación 3: Energía promedio consumida en un mes

Donde n es el día de la semana (1, 2, 3,...7) y E corresponde al valor de la energía calculada matemáticamente. Cabe aclarar que en el análisis realizado, se hizo desagregación de datos de zona residencial y zonas comunes, así que se halló 2 valores de energía. Para hallar el valor de la energía consumida,

se utilizó tres aproximaciones matemáticas denominadas: Aproximación por Regla de Rectángulos, por Regla de Trapecios y por Regla de Simpson

- Aproximación por Regla de Rectángulos:

$$Energía \left[\frac{kWh}{dia} \right] = \sum_{i=1}^n a_n \text{ donde } a = \Delta t \times [P]_i$$

- P = Potencia Activa en el punto i
- i = Punto evaluado
- n = enésima lectura registrada
- Δt = Variación de tiempo

Ecuación 4: Energía calculada por el método de los rectángulos

- Aproximación por Regla de Trapecios:

$$Energía \left[\frac{kWh}{dia} \right] = \Delta t \frac{(P_0) + 2 \sum_{i=1}^{n-1} (P_i) + (P_n)}{2n}$$

- P = Potencia Activa en el punto i
- Po = Potencia en el punto inicial
- i = Punto evaluado
- n = enésima lectura registrada
- Δt = Variación de tiempo

Ecuación 5: Energía calculada por el método de los trapecios

- Aproximación por Regla de Simpson:

$$Energía \left[\frac{kWh}{dia} \right] = \sum_{i=1}^{n-2} \left[\frac{1}{3} (P_i) + P_{i+1} + P_{i+2} \right] \Delta t$$

- P = Potencia Activa en el punto i
- Po = Potencia en el punto inicial
- i = Punto evaluado
- n = enésima lectura registrada
- Δt = Variación de tiempo

Ecuación 6: Energía calculada por el método de los trapecios

Para cada uno de los centros de distribución, la energía promedio mensual de tipo residencial y zonas comunes se muestra en la tabla VII y VIII:

Conjunto Residencial	Centro de Distribución (CD)	Energía promedio mensual de tipo Residencial [kWh/mes]	Energía promedio mensual de tipo Residencial Aprox. Simpson [kWh/mes]
Camino de los Robles	15828	155,2	148,17
Robles I	6486	147,3	140,78
Robles II	6487	153	148,83

Tabla VII: Comparación entre consumos promedio de energía usuario residencial, según el operador de red y por el método de aproximación de Simpson.

Conjunto Residencial	Centro de Distribucion (CD)	Energía promedio mensual de Zonas comunes [kWh/mes]	Energía promedio mensual de Zonas comunes Aprox. Simpson [kWh/mes]
Camino de los Robles	15828	2023	2066,96
Robles I	6486	2135	2047,42
Robles II	6487	1515	1448,07

Tabla VIII: Comparación entre consumos promedio de energía zonas comunes, según el operador de red y por el método de aproximación de Simpson.

Ya que las diferencias entre los valores proporcionados por el operador de red y el cálculo matemático no superan el 5% en ninguno de los casos, los datos de potencia y energía son acordes con la realidad, teniendo como base que en los datos relacionados para el análisis de energía, no se desagregó datos de día hábil y día no hábil.

6.2. Curvas de demanda diaria de potencia en zona residencial y zonas comunes.

La curva de demanda diaria de potencia es la representación gráfica de la relación *Potencia vs Tiempo*, la cual sirve como indicador del tiempo en el que más cantidad de cargas están encendidas, además como base para porcentajes de ahorro energético al aplicar estrategias URE.

Las gráficas de demanda diaria de potencia del conjunto residencial “Camino de los Robles” se muestran en la Figura 3 y 4 (para Robles I y II: Ver anexos).

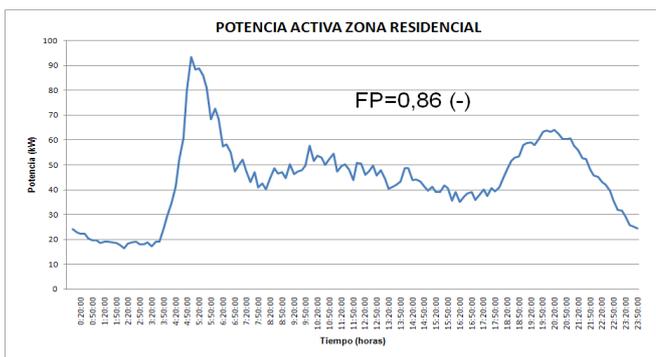


Figura 3: Curva de Potencia activa para zona Residencial Camino de los Robles (Potencia vs Tiempo).

La curva de demanda de potencia asociada a carga residencial indica que desde las 12 pm y hasta las 4 am, el valor de potencia está a un 19,3% horas en las que las personas no realizan actividades de uso eléctrico importante. Cerca de las de las 8 am y hasta las 5pm, el comportamiento de la gráfica son relativamente estables

llegando a un valor del 48,38% de la potencia máxima registrada. Los valores máximos de potencia registrados están entre las 4 y 6:30 am horas en las que los usuarios inician sus actividades diarias, donde el valor máximo de potencia registrado aparece aproximadamente a las 5:00 am. Otro periodo de tiempo importante es el comprendido entre las 5 pm y las 9 pm, periodo en el cual la potencia activa alcanza cerca del 64% de la potencia máxima registrada en un día.

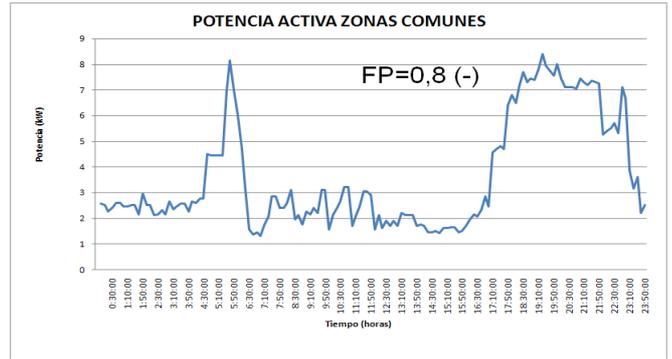


Figura 4: Curva de Potencia activa para Zonas Comunes Camino de los Robles (Potencia vs Tiempo)

La curva de potencia asociada a carga en zonas comunes muestra que a las 5:30 am y a las 6:00pm, se alcanza el valor máximo de potencia activa en el día (aproximadamente 8,1 kW), a causa del encendido de la iluminación de zonas comunes ya que como se ha indicado, la cantidad de luminarias ubicadas en este sector es de 194. Ya que entre las 7am y las 4pm la luz del día es muy utilizada, la potencia consumida por este sector es de un 30,8% de la potencia máxima registrada en el día.

6.3. Análisis de los sistemas de iluminación.

Los datos obtenidos de iluminancia, sirven como insumo para indicar mejoras en el sistema de iluminación ya existente, los datos de iluminancia promedio obtenida para cada sector de Zonas comunes de cada predio se resumen en la Tabla IX:

	ILUMINANCIA PROMEDIO DE ZONAS COMUNES						
	Administración (LUX)	Salón comunal (LUX)	Celaduría (LUX)	Pasillos (LUX)	Escaleras (LUX)	Cuarto Tablero general (LUX)	Gimnasio (LUX)
Camino de los Robles	148,3	156,14	22,05	14,21	20,15	44,35	14,84
Robles I	145	150	40	14,21	20,15	51,03	NO APLICA
Robles II	163,2	134,51	35,03	14,21	20,15	11,25	NO APLICA
Según el RETILAP	300-750	300	100-150	100	150	150	300

Tabla IX: Iluminancia promedio en zonas comunes desagregado por sector y niveles de Iluminancia según el RETILAP

Análisis por cada sector:

ADMINISTRACION: La Tabla IX indica que en la Administración de las propiedades horizontales en estudio, el nivel de iluminancia promedio está entre los 148 y 163 luxes, niveles que, a la luz del RETILAP son muy inferiores al mínimo indicado para “oficinas de tipo general, mecanografía y computación” que debe ser de un valor entre 300 y 750 luxes. La recomendación principal para el mejoramiento del entorno administrativo radica en el aumento del número de luminarias, utilizando bombillas fluorescentes compactas de 25 [W] ubicándolas simétricamente en el techo.

SALON COMUNAL: La Tabla IX indica que en los salones comunales de los predios intervenidos, la iluminancia promedio oscila entre los 150 y 170 luxes valores inferiores a los recomendados por el RETILAP para el sector denominado “salas de conferencia”, que debe ser como mínimo de 300 luxes. Como recomendación, se sugiere la eliminación de bombillas incandescentes donde las hay y el remplazo de estas por fuentes luminosas más eficientes, para el caso donde existan bombillas tubulares tipo T12 o similares, se recomienda disminuir la altura de la luminaria con respecto al plano de trabajo para conseguir que el flujo luminoso no se disipe en el ambiente. Se sugiere mantenimiento a las luminarias dañadas y remplazo de estas para mantener un nivel de iluminancia conveniente y uniforme.

CELADURIA: La Tabla IX indica que en la celaduría de las 3 propiedades horizontales, el nivel de iluminancia oscila entre los 22 y 40 luxes. Como recomendaciones, el cambio de bombillas incandescentes por fluorescentes compactas, disminución de la altura de las luminarias con respecto al plano de trabajo y mayor cantidad de luminarias que las existentes, contribuirá a que el trabajo de seguridad sea más eficiente.

CUARTO DE TABLERO GENERAL: La Tabla IX indica que en la Administración de las propiedades horizontales en estudio, el nivel de iluminancia promedio está entre los 41 Y 51 luxes. Siendo el tablero general el lugar en donde se alojan circuitos eléctricos de baja tensión derivados de la red de media tensión, su nivel de iluminancia debe ser comparable al que dicta el RETILAP para sectores de generales, con niveles entre

los 100 y 200 luxes, con el fin de evitar accidentes graves por la falta de visibilidad de los componentes eléctricos. Como recomendación, aumentar la cantidad de fuentes luminosas, con altos niveles de iluminancia y eficiencia, además de la limpieza del cuarto referente a elementos que no sean de tipo eléctrico.

GIMNASIO: Este sector posee los niveles más bajos de iluminancia de todo el análisis, con un valor de 14,84 luxes. Ya que en su área están dispuestas 3 luminarias tipo T12 de 2 bombillas de 39 W cada una, se sugiere el mantenimiento y cambio de bombillas por T8, T5 o fluorescentes compactas o T8 (Ministerio de Minas y Energia, Resolucion No 18-1331, 2009, pág. 44), además de la ubicación de luminarias extra para una iluminancia más uniforme. Cabe resaltar que la totalidad de bombillas tenían una iluminación deficiente. (3)

ALUMBRADO PERIMETRAL (Corredores viales): Ya que las tres propiedades horizontales utilizan algunos reflectores para iluminar un amplio sector, los niveles de iluminancia promedio son de valores cercanos a 0, niveles poco comparables con los mínimos indicados por el RETILAP.

Estudio de cargabilidad.

Un estudio de cargabilidad puede indicar si un circuito tiene la posibilidad de en un futuro ser modificado aumentando su carga. Para efectos del presente artículo se tomaron datos relacionados al conjunto residencial “Camino de los Robles”, los cuales se presentan a continuación:

Circuito	Conductor existente (THHN)	Capacidad de corriente máxima según centelsa [A]	Corriente en el circuito [A]	Capacidad de carga a futuro [%]
Bloque 1 y 3	Calibre 14 AWG	25	4,8	80,8
Bloque 2	Calibre 14 AWG	25	2,9	88,4
Bloque 4	Calibre 14 AWG	25	2,9	88,4
Bloque 5	Calibre 14 AWG	25	2,8	88,8
Bloque 6	Calibre 14 AWG	25	2,7	89,2
Bloque 7	Calibre 14 AWG	25	1,3	94,8
Bloque 8	Calibre 14 AWG	25	2,6	89,6
Bloque 9	Calibre 14 AWG	25	2,3	90,8
Bloque 10	Calibre 14 AWG	25	1,8	92,8
Administración	Calibre 14 AWG	25	1,2	95,2
Celaduría	Calibre 14 AWG	25	6	76
Salones Comunales	Calibre 14 AWG	25	3,9	84,4
Reflectores	Calibre 12 AWG x Fase	30	2,7	91

Tabla XI: Corriente en los circuitos relacionados a zonas comunes y calibre de conductores.

Lo cual indica que la totalidad de circuitos relacionados a zonas comunes del conjunto residencial “Camino de los Robles”, tienen la posibilidad de aumentar su carga aproximadamente en un 80%, posiblemente para efectos de mejoras en la iluminación.

Regulación de Tensión.

La caída de tensión en el conductor se origina debido a la resistencia eléctrica al paso de la corriente. Esta resistencia depende de la longitud del circuito, el material, el calibre y la temperatura de operación del conductor. El calibre seleccionado debe verificarse por la caída de tensión en la línea. (CENTELSA, 2005)

CAMINO DE ROBLES							
Circuito	Zeficaz	COS ϕ	SEN ϕ	Longitud (Km)	I (A)	Caída de Tension	% caída de tensión
Bloque 1 y 3	8,25	0,8	0,6	0,0869	4,8	6,9	5,7
Bloque 2	8,25	0,8	0,6	0,0536	2,9	2,6	2,1
Bloque 4	8,25	0,8	0,6	0,0344	2,9	1,6	1,4
Bloque 5	8,25	0,8	0,6	0,0495	2,8	2,3	1,9
Bloque 6	8,25	0,8	0,6	0,0327	2,7	1,5	1,2
Bloque 7	8,25	0,8	0,6	0,0497	1,3	1,1	0,9
Bloque 8	8,25	0,8	0,6	0,0768	2,6	3,3	2,7
Bloque 9	8,25	0,8	0,6	0,0461	2,3	1,7	1,5
Bloque 10	8,25	0,8	0,6	0,0364	1,8	1,1	0,9
Administración	8,25	0,8	0,6	0,0498	1,2	1,0	0,8
Celaduría	8,25	0,8	0,6	0,0138	6	1,4	1,1
Salones Comunes	8,25	0,8	0,6	0,0331	3,9	2,1	1,8
Reflectores (F-F)	5,3542	0,8	0,6	0,0728	2,8	1,9	1,6
Motobombas (F-F)	5,3542	0,8	0,6	0,045	25,3	10,6	8,8

Tabla XII: Porcentaje caída de tensión por circuito.

Se recomienda mejorar las condiciones del circuito de motobombas ya que existe una alta caída de tensión ya que por norma (NTC 2050), no debería superar el 3 % y en el caso de alumbrado no debe superar el 5%.

URE en Zonas comunes.

Las zonas comunes de una propiedad horizontal, son zonas en las cuales los residentes tienen la posibilidad de ingresar ya que pertenecen a toda la propiedad y su mantenimiento corre por cuenta de la administración del predio que a su vez es financiada por los residentes.

La aplicación de URE en las zonas comunes fue dirigida hacia el sistema de iluminación, haciendo revisión sobre el tipo de bombilla y tipo de luminaria existente. Ya que las 3 propiedades horizontales analizadas tienen similitudes en este tema, se concluyó que mantienen el mismo tipo de luminarias en zonas perimetrales, compuestas de una bombilla de 60 W y una carcasa metálica giratoria de color blanco. Al consultar con la administración de cada propiedad se encontró un daño común, relacionado a fundición

prematura de bombillas sin causa aparente, donde se pudo recomendar el cambio masivo de bombillas por fluorescentes compactas y de carcasas ya que en inviernos prolongados su estructura promueve el paso de agua hacia la base de la roseta provocando cortocircuitos en los circuitos de iluminación. Se indicó para el caso de cargas especiales, contar con circuitos independientes para cada carga y eliminar a toda costa multitomas, regletas, adaptadores y extensiones de mala calidad para la conexión de estas cargas, sin dejar de lado el mantenimiento preventivo. Para el caso del URE en pasillos y escaleras, se recomienda a las familias utilizar esta iluminación cuando sea necesario, una actividades sencilla como el desplazamiento de la mayor cantidad personas de una familia a la vez, garantiza un menor uso de los sensores de presencia o de los dispositivos de iluminación automáticos en pasillos y escaleras, disminuyendo el consumo de energía de cada bombilla. Se pudo percibir uno de los problemas del uso de Reflectores en iluminación perimetral, basado en el deslumbramiento por un mal diseño de iluminación y se recomendó el cambio de estos por 2 luminarias fluorescentes con una carcasa de buenas condiciones reflectivas.

Finalmente se recomendó el manejo de residuos de luminarias no mezclándolos con la basura convencional sino almacenándolos aparte e indicando al servicio de basuras sobre el riesgo toxico de este tipo de residuos.

URE.

URE es uso racional de energía y son el conjunto de estrategias relacionadas con la disminución del consumo de la energía eléctrica, pero, sin dejar de lado las actividades cotidianas. Con la aplicación del URE, se logra un impacto con beneficios económicos y ambientales(Unidad de Planeacion Minero Energetica, UPME., pág. 4).

Resultados obtenidos del URE.

Los resultados físicos y de disminución del valor monetario de la energía serán vistos a partir de la puesta en marcha de las recomendaciones indicadas, y con una recuperación de la inversión a corto plazo (Ver anexos).

Los presupuestos acerca de más eficientes sistemas de iluminación esperan disminuir el consumo de energía, mostrando la inversión inicial y los beneficios que a

futuro serán vistos, lo cual es el objetivo primordial del proyecto, además de concientizar a la comunidad sobre el URE.

En base al análisis gráfico sobre la curva de demanda de potencia de las propiedades horizontales se pueden generar algunas recomendaciones puntuales para el URE:

- No sobrecargar tomacorrientes, evitando la conexión de más de 2 aparatos eléctricos para tomas dobles y no más de un aparato para toma sencilla. Esto se logra dimensionando la cantidad de aparatos eléctricos para una familia típica del sector al momento del diseño.
- Realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de aparatos eléctricos, para así evitar cortocircuitos, incendios y daños inesperados de los elementos.
- Desconectar los aparatos eléctricos de la casa en el caso de que exista un corte del suministro eléctrico, esto evita el daño de los aparatos eléctricos debido a transitorios de corriente en el mismo momento en que el suministro eléctrico se reanuda.
- Utilizar la plancha, horno y lavadora el menor tiempo posible para así garantizar normalidad en el fluido eléctrico y un normal consumo de energía.
- El cambio de bombillas incandescentes por fluorescentes compactas logra un ahorro energético y por consiguiente monetario del 73 al 75% con respecto a bombillas incandescentes de 100 W, aunque se debe hacer una inversión inicial la cual es recuperable a corto plazo por gracias al ahorro energético.

En el caso de zonas comunes las recomendaciones generales de iluminación y de instalaciones eléctricas se plantean a continuación:

- Intercambio de reflectores por fuentes luminosas más eficientes y menos consumidoras de energía, para así eliminar factores como

deslumbramiento y quemaduras a causa de la disipación de calor que los reflectores producen.

- Cambio masivo de bombillas incandescentes por fluorescentes compactas, T12, T5 O T8, para la disminución del consumo energético.
- Al momento de colocar bombillas ahorradoras verificar que estas sean del tipo A que son más eficaces que las demás bombillas.
- Apagar los electrodomésticos que no se estén utilizando.
- Cuando compres electrodomésticos cerciérate de su desempeño energético.
- Sitúa el congelador alejado de fuentes de calor como estufas horno ventanas y con suficiente ventilación para el condensador.
- Aprovecha al máximo la luz natural.
- Mantén tus bombillas limpias programa el tiempo de su limpieza el polvo reduce su capacidad de iluminación.
- Usa colores claros en las paredes, suelos y techos la luz se refleja mejor en ellos así se requiere menos energía para iluminarlos.
- Si tienes cocina eléctrica sustitúyela por una a gas consumirá la 4 parte de energía para obtener el mismo servicio.
- Mantenimiento del sistema de control en corredores y escaleras para iluminación para eliminar encendidos automáticos cuando estos no sean necesarios.
- Prolongar la vida útil de circuitos e interruptores termo magnéticos, utilizando tapas para las cajas donde estos se alojan, además cubrimiento de cajas de empalmes para así evitar posibles cortocircuitos.

- Mantenimiento preventivo y correctivo para motores trifásicos relacionados a bombas de agua, y de sus sistemas de control.
- Limpieza por parte de personal idóneo y autorizado del tablero general de acometidas, evitando cortocircuitos o desconexiones por mal contacto entre barrajes y conductores a causa del polvo y las filtraciones.
- Garantizar información de riesgo eléctrico en la parte frontal del tablero general de acometidas, con símbolos de peligro o advertencia, sin dejar de lado la fácil intervención al tablero, sin interrupción del paso por elementos impropios del tablero general.
- Aumento de cantidad de tomacorrientes donde estas sean necesarias, evitando sobrecargas prolongadas.
- Ya que el efecto de las cargas existentes en la propiedad generaron un factor de potencia inferior a 9.0, se recomienda el mejoramiento de este factor haciendo uso de bancos de condensadores y/o demás elementos disponibles en el mercado actual.

7. Conclusiones.

- La curva de demanda de potencia sirve como indicador de las actividades cotidianas del sector residencial y de zonas comunes según el tiempo de evaluación.
- Teniendo presente todos los datos obtenidos con el analizador de calidad de energía, se pueden hacer análisis con respecto a tipos de cargas asociadas a la red y efectos de estas para el sistema eléctrico.
- La curva de demanda de potencia indica un alto consumo energético en la mañana y en la noche, tanto en zona residencial como en zonas comunes.

- En el sector de zonas comunes es fácil e ideal la implementación de estrategias URE ya que un simple cambio de bombillas, genera ahorro energético y monetario a corto y a largo plazo.
- Actividades sencillas en el hogar como la desconexión de equipos eléctricos cuando no estén en uso, cambio de bombillas por fuentes luminosas más eficientes o unificar tareas cotidianas durante un pequeño periodo de tiempo pueden contribuir al ahorro energético y al bienestar social
- El mantenimiento de aparatos eléctricos, genera disminución del consumo eléctrico y mayor vida útil del elemento, promoviendo menores costos económicos de la energía eléctrica.
- Es primordial la socialización de resultados con respecto al URE, ya que en la actualidad los usuarios de la energía eléctrica no se atreven a mejorar sus hábitos de consumo de energía.

Bibliografía.

1. Amprobe, Data sheet. (s.f.). LM631A, Digital Light Meter. Recuperado el 10 de Mayo de 2011, de LM631A, Digital Light Meter:
<http://www.amprobe.com/specsheets/LM631A.pdf>
2. Fluke Ibérica, S.L. (2004). Fluke Ibérica, S.L. Obtenido de Fluke Ibérica, S.L.:
www.fluke.com.es
3. Ministerio de Minas y Energía, Resolución 181331. (06 de Agosto de 2009). Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público, (RETILAP). Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público, (RETILAP). Bogotá D.C, Colombia: Ministerio de Minas y Energía.
4. Ministerio de Minas y Energía, Resolución No 18-1294. (06 de Agosto de 2008). Reglamento Técnico de Instalaciones

- Eléctricas,(RETIE). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, (RETIE). Bogotá D.C, Colombia: Ministerio de Minas y Energía.
5. Pérez Santos, A. S., & Cepeda Buitrago, C. V. (Junio de 2010). Base de Datos Costo Unitario Mercado Codensa S.A. Bogotá, D.C: Centro de Investigación y Desarrollo Científico - Universidad Distrital.
 6. Unidad de Planeación Minero Energética, UPME. (s.f.). Guía didáctica para el buen uso de la energía. Guía didáctica para el buen uso de la energía. Unidad de Planeación Minero Energética.
 7. Ministerio del Trabajo y la Seguridad Social, Resolución No 02400. (22 de Mayo de 1979). Estatuto de seguridad Industrial. Estatuto de seguridad Industrial. Bogotá D.C, Colombia: Ministerio del Trabajo y la Seguridad Social.