

**ANÁLISIS DE INCIDENCIA DE CARGAS PARÁSITAS EN INSTALACIONES
ELÉCTRICAS RESIDENCIALES**

EDINSON FABIÁN FLÓREZ VESGA

JULIÁN ANDRÉS DUARTE ISIDRO



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES**

BUCARAMANGA

2015

**ANÁLISIS DE INCIDENCIA DE CARGAS PARÁSITAS EN INSTALACIONES
ELÉCTRICAS RESIDENCIALES**

EDINSON FABIÁN FLÓREZ VESGA

JULIÁN ANDRÉS DUARTE ISIDRO

Trabajo de Grado para optar al título de:

Ingeniero Electricista

Director:

Manuel José Ortiz Rangel

Ingeniero Electricista, MsC.

Codirector:

Gabriel Ordóñez Plata

Ingeniero Electricista, PhD.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES**

BUCARAMANGA

2015

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	22
1. JUSTIFICACIÓN.....	26
2. MARCO TEÓRICO.....	30
2.1. CARGA PARÁSITA.....	30
2.2. SECTOR ELÉCTRICO RESIDENCIAL.....	30
2.2.1. Consumo de energía eléctrica en Colombia.....	30
2.2.2. Consumo de energía eléctrica en Santander.....	42
2.3. IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS E INCIDENCIA DEL CONSUMO DE ENERGÍA DE LAS CARGAS PARÁSITAS EN EL SECTOR RESIDENCIAL EN COLOMBIA.....	49
3. CARGAS ELÉCTRICAS EN EL SECTOR RESIDENCIAL.....	51
3.1. CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS ELÉCTRICAS SEGÚN SU APLICACIÓN.....	51
3.2. CARGAS ELÉCTRICAS PARÁSITAS EN EL SECTOR RESIDENCIAL.....	53
3.2.1. Consumo de energía en las cargas eléctricas parásitas.....	55
3.2.2. Dispositivos usados para apagar las cargas eléctricas de uso residencial....	62
3.2.3. Modelos eléctricos para los electrodomésticos considerados cargas parásitas.....	63
3.2.4. Clasificación de las cargas parásitas según su uso.....	66

3.3. ELECTRODOMÉSTICOS NO CONSIDERADOS CARGAS PARÁSITAS EN EL SECTOR RESIDENCIAL.....	68
3.3.1. Modelos eléctricos de los electrodomésticos no considerados cargas parásitas.....	70
4. CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LAS CARGAS PARÁSITAS RESIDENCIALES.....	73
4.1. EQUIPOS UTILIZADOS PARA TOMAR MEDIDAS.....	73
4.1.1. Características del analizador trifásico de calidad eléctrica y energía eléctrica Fluke 435 Serie II.....	73
4.2. PROCESO DE MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS.....	75
4.2.1. Toma de muestras.....	76
4.2.2. Evaluación de la incertidumbre en la medición.....	81
5. INCIDENCIA DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS MEDIDOS EN LAS CARGAS PARÁSITAS EN EL SECTOR RESIDENCIAL.....	82
5.1. TENSIÓN ELÉCTRICA.....	83
5.2. CORRIENTE ELÉCTRICA.....	84
5.3. POTENCIA APARENTE.....	86
5.4. POTENCIA ACTIVA.....	86
5.5. POTENCIA NO ACTIVA.....	88
5.6. FACTOR DE POTENCIA.....	92
5.7. DISTORSIÓN ARMÓNICA DE TENSIÓN.....	92
5.8. DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE.....	93

6. PERFILES DE DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LAS CARGAS PARÁSITAS.....	100
6.1. PARÁMETROS DE USO DE LAS CARGAS ELÉCTRICAS PARÁSITAS.....	100
6.1.1. Usuario tipo del sector residencial.....	100
6.2. CUANTIFICACIÓN E INCIDENCIA DE LAS CARGAS PARÁSITAS.....	102
6.3. INCIDENCIA DE LAS CARGAS PARÁSITAS EN EL REQUERIMIENTO DE POTENCIA ACTIVA.....	118
6.3.1. Incidencia del requerimiento de potencia activa en un usuario de cada estrato.....	119
6.3.2. Incidencia en el suministro de energía eléctrica de una empresa prestadora del servicio de energía eléctrica.....	120
6.3.3. Incidencia del consumo de energía eléctrica a nivel nacional.....	122
6.4. INCIDENCIA DE LAS CARGAS PARÁSITAS EN EL REQUERIMIENTO DE POTENCIA NO ACTIVA.....	124
6.4.1. Incidencia del requerimiento de potencia no activa en un usuario tipo de cada estrato.....	125
6.4.2. Incidencia en el requerimiento de potencia no activa de una empresa prestadora del servicio de energía eléctrica.....	126
6.4.3. Incidencia del consumo de la energía requerida de potencia no activa por parte de las cargas parásitas a nivel nacional.....	127
7. SOLUCIONES AL CONSUMO DE POTENCIA DE LAS CARGAS PARÁSITAS.....	128
7.1. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS.....	128
7.2. COMPONENTE SOCIAL Y CULTURAL.....	133

7.3. PERSPECTIVA DESDE EL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA.....	134
8. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	137
8.1. CONCLUSIONES.....	137
8.2. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	140
BIBLIOGRAFÍA.....	141
ANEXOS.....	145

LISTA FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Consumo de energía eléctrica en Colombia.....	32
Figura 2. Usuarios de los sectores eléctricos en Colombia.....	33
Figura 3. Tarifa media del consumo de energía eléctrica en Colombia.....	37
Figura 4. Usuarios en cada estrato en el sector residencial eléctrico.....	38
Figura 5. Tarifas medias en el sector eléctrico residencial colombiano por estrato..	39
Figura 6. Proyección de demanda sectorial de energía eléctrica.....	40
Figura 7. Demanda de energía del sector residencial, histórica y proyección.....	41
Figura 8. Energía que suministra la ESSA E.S.P. a cada uno de los sectores.....	44
Figura 9. Usuarios en el sector residencial eléctrico por estrato de la ESSA ESP ...	45
Figura 10. Clasificación electrodomésticos.....	51
Figura 11. Diagrama de un transformador sin carga conectada al secundario.....	55
Figura 12. Corriente de magnetización causada por el flujo en el núcleo del transformador.....	56
Figura 13. Corriente total de excitacion.....	58
Figura 14. Modelo de un transformador real.....	59
Figura 15. Circuito de un cargador de laptop HP referencia PPP009H.....	60
Figura 16. Modelo eléctrico de apagado entre el transformador y el rectificador de un electrodoméstico.....	65

Figura 17. Modelo eléctrico de apagado entre el rectificador y la carga de un electrodoméstico.....	66
Figura 18. Modelo eléctrico de un electrodoméstico en encendido (modo ON) de funcionamiento electrónico.....	70
Figura 19. Modelo eléctrico de un electrodoméstico en encendido (modo ON).....	71
Figura 20. Modelo eléctrico de apagado en el devanado primario del transformador de un electrodoméstico.....	71
Figura 21. Modelo eléctrico de apagado de un artefacto de uso doméstico mediante un interruptor.....	72
Figura 22. Analizador de la energía y de la calidad eléctrica 435 serie II Fluke.....	74
Figura 23. Pinzas i5sPQ3.....	75
Figura 24. Representación vectorial de la potencia reactiva definida por Budeanu.....	97
Figura 25. Curva de demanda diaria de un usuario tipo estrato 1 y 2.....	104
Figura 26. Curva de demanda diaria de un usuario tipo estrato 3.....	107
Figura 27. Curva de demanda diaria de un usuario tipo estrato 4.....	109
Figura 28. Curva de demanda diaria de un usuario tipo estrato 5.....	113
Figura 29. Curva de demanda diaria de un usuario tipo estrato 6.....	118
Figura 30. Conserve Power Switch™.....	129
Figura 31. Conserve Socket™.....	129
Figura 32. Conserve Switch™.....	130
Figura 33. Floureon® Programable Digital Timer Socket Switch.....	131
Figura 34. Ankuoo NEO Wi-Fi Smart Switch.....	131
Figura 35. Ankuoo NEO PRO Wi-Fi Smart Switch.....	132

Figura 36. Curva de demanda diaria del sector residencial en el estrato 1 y 2...191

Figura 37. Curva de demanda diaria del sector residencial en el estrato 3.....191

Figura 38. Curva de demanda diaria del sector residencial en el estrato 4.....192

Figura 39. Curva de demanda diaria del sector residencial en el estrato 5.....192

Figura 40. Curva de demanda diaria del sector residencial en el estrato 6.....193

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Consumo de energía eléctrica en Colombia.....	31
Cuadro 2. Usuarios de los sectores eléctricos en Colombia.....	32
Cuadro 3. Tarifa media del consumo de energía eléctrica en Colombia.....	37
Cuadro 4. Energía que suministra la ESSA ESP a cada uno de los sectores.....	44
Cuadro 5. Clientes por sector de la ESSA ESP.....	45
Cuadro 6. Componentes del costo unitario variable y fijo de la ESSA E.S.P. en julio de 2014.....	47
Cuadro 7. Subsidios y contribuciones aplicados por la ESSA E.S.P.....	48
Cuadro 8. Tarifa del kWh de la ESSA E.S.P. para cada sector residencial en julio de 2014.....	49
Cuadro 9. Cargas eléctricas de uso doméstico.....	52
Cuadro 10. Cargas eléctricas parásitas de uso doméstico.....	54
Cuadro 11. Coeficiente de proporcionalidad o la resistividad de algunos materiales.....	62
Cuadro 12. Dispositivos de apagado de los electrodomésticos.....	63
Cuadro 13. Cargas eléctricas parásitas de conexión permanente a la red.....	67
Cuadro 14. Cargas eléctricas parásitas de conexión esporádica a la red.....	68
Cuadro 15. Electrodomésticos no considerados cargas parásitas en el sector residencial.....	69
Cuadro 16. Datos de placa de cada uno de los electrodomésticos medidos.....	77

Cuadro 17. Medidas realizadas con el analizador de redes Fluke 435 serie II.....	79
Cuadro 18. Valores promedio de cada uno de los parámetros medidos.....	79
Cuadro 19. Ejemplo del cálculo de incertidumbre.....	81
Cuadro 20. Niveles de tensión de diseño de la ESSA E.S.P.....	83
Cuadro 21. Medidas de tensión de mayor magnitud obtenidas en las carga eléctrica parásita.....	84
Cuadro 22. Medidas de corriente de mayor magnitud obtenidas en las carga eléctrica parásita.....	85
Cuadro 23. Medidas de potencia aparente de mayor magnitud obtenidas en las carga eléctrica parásita.....	86
Cuadro 24. Medidas de potencia activa de mayor magnitud obtenidas en las carga eléctrica parásita.....	87
Cuadro 25. Potencia no activa de mayor magnitud obtenida en las cargas eléctricas parásitas.....	91
Cuadro 26. Medidas de factor de potencia de mayor magnitud obtenidas en las carga eléctrica parásita.....	92
Cuadro 27. Límites de distorsión de tensión recomendados por la IEEE 519.....	93
Cuadro 28. Medidas de distorsión armónica de tensión de mayor magnitud obtenidas en las carga eléctrica parásita.....	93
Cuadro 29. Medidas de distorsión armónica de corriente de mayor magnitud obtenidas en las carga eléctrica parásita.....	96
Cuadro 30. Calculo de potencia de distorsión D de mayor magnitud obtenida en las cargas eléctricas parásitas.....	99
Cuadro 31. Características de los habitantes por residencia.....	101

Cuadro 32. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario tipo estrato 1 y 2.....	103
Cuadro 33. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo encendido en un usuario tipo estrato 1 y 2.....	103
Cuadro 34. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario tipo estrato 3.....	105
Cuadro 35. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo encendido en un usuario tipo estrato 3.....	106
Cuadro 36. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario tipo estrato 4.....	107
Cuadro 37. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo encendido en un usuario tipo estrato 4.....	108
Cuadro 38. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario tipo estrato 5.....	110
Cuadro 39. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo encendido en un usuario tipo estrato 5.....	112
Cuadro 40. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario tipo estrato 6.....	114
Cuadro 41. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo Encendido en un usuario tipo estrato 6.....	116
Cuadro 42. Cuantificación del consumo de energía eléctrica en kilo watt hora en un usuario tipo de cada estrato.....	119
Cuadro 43. Costo del consumo de energía eléctrica por parte de las cargas parásitas en un usuario tipo de cada estrato.....	120

Cuadro 44. Suministro de energía eléctrica a las cargas parásitas por parte de la ESSA E.S.P. a cada estrato del sector residencial por mes.....	121
Cuadro 45. Porcentaje de suministro energía eléctrica a las cargas parásitas por mes.....	122
Cuadro 46. Consumo de energía eléctrica por parte de las cargas parásitas a nivel nacional por mes.....	123
Cuadro 47. Porcentaje de consumo de energía eléctrica en las cargas parásitas a nivel nacional por mes.....	123
Cuadro 48. Consumo de la potencial energía requerida para suplir la potencia no activa por parte de un usuario tipo de cada estrato social.....	125
Cuadro 49. Suministro de energía no utilizada por requerimientos de la potencia no activa a las cargas parásitas por parte de la ESSA E.S.P. a cada estrato del sector residencial por mes.....	126
Cuadro 50. Consumo de la energía requerida por la potencia no activa por parte de las cargas parásitas a nivel nacional por mes.....	127
Cuadro 51. Consumo de energía eléctrica en Colombia por sectores en kWh.....	145
Cuadro 52. Usuarios de los sectores eléctricos en Colombia por empresa.....	146
Cuadro 53. Tarifa media del consumo de energía eléctrica en Colombia por empresa en pesos/kWh.....	147
Cuadro 54. Usuarios en cada estrato en el sector residencial eléctrico por empresa.....	148
Cuadro 55. Tarifas medias en el sector eléctrico Residencial Colombiano por sector de cada empresa en pesos/kWh.....	149
Cuadro 56. Demanda nacional de energía para el sector residencial, entre los años 2000-2030.....	150

Cuadro 57. Especificaciones técnicas del analizador de redes Fluke 435.....	151
Cuadro 58. Especificaciones pinza i5sPQ3.....	154
Cuadro 59. Valores promedios de potencia activa en modo encendido con su respectiva incertidumbre.....	166
Cuadro 60. Valores promedios de tensión y corriente con su respectiva incertidumbre.....	169
Cuadro 61. Valores promedios de parámetros de potencia con su respectiva incertidumbre.....	172
Cuadro 62. Valores promedios de distorsión armónica con su respectiva incertidumbre.....	175
Cuadro 63. Medidas de tensión obtenidas en cada carga eléctrica parásita organizadas de mayor a menor.....	178
Cuadro 64. Medidas de corriente obtenidas en cada carga eléctrica parásita organizadas de mayor a menor.....	179
Cuadro 65. Medidas de potencia aparente obtenidas en cada carga eléctrica parásita organizadas de mayor a menor.....	181
Cuadro 66. Medidas de potencia activa obtenidas en cada carga eléctrica parásita organizadas de mayor a menor.....	182
Cuadro 67. Potencia no activa en cada carga eléctrica parásita organizadas de mayor a menor.....	184
Cuadro 68. Medidas de factor de potencia obtenidas en cada carga eléctrica parásita organizadas de mayor a menor.....	185
Cuadro 69. Medidas de distorsión armónica de tensión obtenidas en cada carga eléctrica parásita organizadas de mayor a menor.....	187

Cuadro 70. Medidas de distorsión armónica de corriente obtenidas en cada carga eléctrica parásita organizadas de mayor a menor.....	188
Cuadro 71. Calculo de potencia de distorsión D en cada carga eléctrica parásita organizadas de mayor a menor.....	189
Cuadro 72. Potencia no activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario tipo estrato 1 y 2.....	194
Cuadro 73. Potencia no activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario tipo estrato 3.....	194
Cuadro 74. Potencia no activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario tipo estrato 4.....	195
Cuadro 75. Potencia no activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario del estrato 5.....	197
Cuadro 76. Potencia no activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario del estrato 6.....	199

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Caracterización del sector residencial eléctrico.....	146
Anexo B. Especificaciones técnicas del analizador trifásico de energía y calidad de la energía eléctrica fluke 435 serie ii.....	152
Anexo C. Especificaciones pinza i5sPQ3.....	155
Anexo D. Definiciones de cada uno de los parámetros eléctricos a evaluar.....	156
Anexo E. Norma IEC 61000-4-30.....	161
Anexo F. Desarrollo del plan de muestreo.....	163
Anexo G. Resultado del proceso de incertidumbre.....	167
Anexo H. Medidas de los parámetros eléctricos de las cargas parasitas.....	179
Anexo I. Curvas de demanda diaria del sector residencial.....	192
Anexo J. Requerimiento de potencia no activa de los usuarios tipo en horas del día.....	195
Anexo K. Anexos digitales.....	202

RESUMEN

TITULO: ANÁLISIS DE INCIDENCIA DE CARGAS PARÁSITAS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES*.

AUTORES: EDINSON FABIÁN FLÓREZ VESGA - JULIÁN ANDRÉS DUARTE ISIDRO**.

PALABRAS CLAVE: Carga Parasita, electrodoméstico, curva de demanda, sector residencial.

CONTENIDO:

Los grandes avances tecnológicos presentes en la sociedad moderna han encaminado a que los artefactos domésticos adopten en su principio de funcionamiento el uso de dispositivos electrónicos, los cuales no garantizan que el electrodoméstico tenga un consumo energía igual a cero después de ser apagado.

En los hogares actualmente es muy común encontrar dispositivos como: televisores, equipos de sonido, laptops, celulares, hornos microondas, consolas de videojuegos, entre otros; los cuales permanecen conectados al suministro de energía eléctrica demandando cierta cantidad de potencia innecesaria debido a que el electrodoméstico no está prestando su función principal, a este tipo de cargas se les denomina cargas parásitas. Este consumo de energía eléctrica es indeseado por los usuarios del sector residencial ya que es cuantificada y cobrada por la empresa que suministra el servicio, además este tipo de cargas también requieren de potencia no activa (potencia reactiva y potencia de distorsión), la cual influye en disminuir el factor de potencia del sistema eléctrico, elevar la corriente y por lo tanto aumentar las pérdidas de energía eléctrica y disminuir la capacidad de transportar energía eléctrica a través de las líneas de distribución y transmisión, siendo situaciones que el operador de red evita para poder hacer uso racional de la energía.

El objetivo de este proyecto de grado consistió en cuantificar la incidencia que las cargas parásitas tienen en el perfil de carga de los usuarios residenciales, incluyendo el análisis de las formas de onda de diversos tipos de cargas parásitas de uso cotidiano en ámbitos residenciales. Para el desarrollo de este proyecto se definieron usuarios tipo de cada estrato residencial donde se muestra los parámetros de uso de las cargas parásitas, consumo y costo de la energía eléctrica debidos a estas cargas y posibles soluciones a la problemática de este consumo de energía indeseado.

*Proyecto de grado.

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director, MsC. Manuel José Ortiz Rangel. Codirector, PhD. Gabriel Ordóñez Plata.

ABSTRACT

TITLE: ANALYSIS OF THE IMPACT OF PARASITIC LOADS IN RESIDENTIAL ELECTRICAL INSTALLATIONS *.

AUTHORS: EDINSON FABIAN FLOREZ VESGA - JULIAN ANDRES DUARTE ISIDRO **.

KEYWORDS: Parasitic loads, electrical appliance, demand curve, residential sector.

DESCRIPTION:

Major technological advances present in modern society have aimed domestic artifacts to adopt in its operating principle the use of electronic devices, which do not allow appliances to consume zero energy after being shut down.

Nowadays, it is very common to find in homes, devices such as : televisions, stereos, laptops, cell phones, among others; which remain plug in to the power supply temporary o permanently during the day, even though they are not been used, demanding certain amount of unnecessary power. These loads are called Parasitic Loads. The active power consumption is unwanted by users as it is collected by the company that supplies the service. Besides these type of loads also consume no active power (reactive power and distortion power according to Budeanu), which affects the electrical system lowering its power factor, current increasing and therefore the increase of losses, also decreasing the power carrying capacity through the transmission and distribution lines, been these situations that the network operator avoids to make rational use of energy.

The objective of this research was to quantify the impact that Parasitic Loads have in the load profile of residential users, including analysis of the waveforms of various kinds of Parasitic Loads that are daily use in residential areas. For the development of this project, different types of residential users were defined, where the Parasitic Loads parameters of use, consumption and cost effective power due to these charges were shown and possible solutions to the problem of this unwanted power consumption.

*Bachelor Thesis.

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director, MsC. Manuel José Ortiz Rangel. Codirector, PhD. Gabriel Ordóñez Plata.

INTRODUCCIÓN.

La tecnología incide en todos los factores de las sociedades modernas y ha resultado ser un motor de cambios culturales importantes. La electrónica de consumo es el efecto de una fuerza global presente en todos los ámbitos cotidianos. Los fabricantes de electrodomésticos han aprovechado la integración de múltiples funcionalidades con opciones de costos favorables como resultado de las estrategias de masificación global y de las economías de escala. Los dispositivos fijos y portátiles de uso personal y doméstico dependen del suministro de energía por medio de fuentes las cuales se energizan convenientemente de los sistemas eléctricos residenciales. El uso de estas fuentes de alimentación y de algunos artefactos supone una cantidad de energía consumida en horas donde no se requiere la demanda, por ejemplo si la rutina de carga de un dispositivo móvil se realiza en horas nocturnas, durante el día la fuente de alimentación estará conectada generando un consumo innecesario. Cada equipo o carga parásita se convierte a gran escala en un consumo que reduce la capacidad de suministro de los sistemas.

La evolución tecnológica de los artefactos de uso residencial ha cambiado constantemente su funcionamiento hasta llegar a usar actualmente casi en su totalidad dispositivos electrónicos, los cuales no interrumpen completamente el flujo de energía a través del circuito eléctrico propio del electrodoméstico por medio de un interruptor. El ejemplo más sencillo es un bombillo, cuando se le apaga se presiona un interruptor el cual asegura que no hay ningún flujo de corriente a través de él y por consiguiente se puede estar seguro que no habrá ningún consumo de energía eléctrica en el del mismo, los electrodomésticos no se apagan bajo este mismo mecanismo ya que funcionan con componentes electrónicos los cuales se mantiene conectados a la red eléctrica consumiendo cierta cantidad de energía después de ser apagados.

Este trabajo de grado estudia las cargas eléctricas parásitas en el sector residencial. Este tipo de cargas se definen¹ como aquellos dispositivos que se encuentran conectados a la red eléctrica apagados (modo off) o en espera (modo standby) y en definitiva no están cumpliendo su función principal mientras se encuentran conectados.

Estas cargas son conocidas con este nombre porque al estar conectadas a la red eléctrica sin estar cumpliendo con su función principal consumen cierta cantidad de energía eléctrica no deseada tanto por el usuario como por el operador de red.

Para analizar y cuantificar este consumo de energía eléctrica no deseada de este tipo de cargas es necesario tener en cuenta que los dispositivos electrónicos son los que presentan este consumo de energía ya que internamente están compuestos por transformadores reductores y rectificadores de tensión AC/DC, los cuales continúan conectados a la red eléctrica y el consumo de energía eléctrica se ve reflejado en las pérdidas de energía de estos dispositivos.

Este trabajo de grado se realizó porque en la actualidad la gran mayoría de las cargas eléctricas en el sector residencial son dispositivos electrónicos que permanecen conectados al suministro de la red eléctrica, sin conocerse si hay un consumo de energía significativo por parte de estos electrodomésticos que están apagados o en espera y sin realizar su función principal.

¹ Juan Van Roy and Johan Driesen, A Profile-Based Identification of Standby and Useless Electricity Consumption in Buildings. University of Leuven. 2013. p. 1

Profundizar en el estudio del consumo de energía eléctrica no deseada de estas cargas parásitas es un interés por parte de las políticas públicas nacionales como el Uso Racional de la Energía - URE², que busca el aprovechamiento óptimo de la energía en la distribución por parte del operador de red y consumo del usuario, otro ente interesado en el uso eficiente de la energía es el Ministerio de Minas y Energía el cual crea El Programa De Uso Racional Y Eficiente De Energía Y Fuentes No Convencionales en Colombia más conocido por sus siglas PROURE³; el cual sigue las políticas globales del uso racional y eficiente de la energía para poder asegurar el abastecimiento energético demandado por el consumidor como interés de conveniencia nacional.

Para realizar este trabajo de grado se realizaron medidas de los parámetros eléctricos: Corriente, tensión, distorsión armónica (THD) y parámetros de potencia; para caracterizar las formas de onda de cada una de las cargas parásitas.

Para definir los parámetros de uso de este tipo de cargas se tomó como ejemplo el comportamiento de apagado y encendido en horas del día de estos dispositivos en un usuario tipo de cada estrato socio económico del sistema residencial, generando curvas de demanda de las cargas cuando están consumiendo energía encendidos y cuando se encuentra apagados considerados como cargas parásitas.

En el desarrollo de los objetivos del trabajo de grado, se elaboró el presente documento que está conformado por nueve capítulos. El primero justifica la realización del trabajo de grado, dando a conocer las motivaciones para el desarrollo del mismo, donde se muestran algunos datos de estudios del consumo

² Congreso de Colombia, Ley 697 de 2001. República de Colombia. 2001. p. 1

³ Prias Omar, Hacia un nuevo concepto de la Eficiencia Energética.

de energía eléctrica de las cargas parásitas. El segundo capítulo muestra un marco de referencia donde se caracteriza el sector eléctrico residencial siendo la población de estudio del proyecto. El tercer capítulo habla específicamente de las cargas eléctricas parásitas definiendo los criterios de identificación y clasificación de las mismas. En los capítulos cuarto y quinto se hace referencia al proceso de adquisición de medidas de los parámetros eléctricos de este tipo de cargas y su incidencia en el sector residencial. En el sexto capítulo se muestran perfiles de carga calculados con los parámetros de uso definidos para un usuario tipo de cada estrato socioeconómico, también mostrando un posible consumo de energía eléctrica y la potencial energía no activa requerida por los usuarios a nivel nacional. En el capítulo siete se muestran posibles soluciones al consumo indeseado de energía eléctrica por parte de los electrodomésticos considerados cargas parásitas. En el capítulo ocho se encuentran las conclusiones, producto del trabajo de grado y en el capítulo nueve se proponen posibles trabajos futuros relacionados con las cargas parásitas.

1. JUSTIFICACIÓN.

La mayoría de los hogares en el mundo tienen ciertos electrodomésticos en común tales como televisores, equipos de sonido, DVD, computadoras de escritorio, cargadores de laptops, cargadores de celulares, cajas decodificadores de televisión, entre otros, que comúnmente permanecen conectados a la red eléctrica aun así sin que se encuentren en uso.

En un principio se ha despreciado o no se ha tenido en cuenta la energía que pueden estar consumiendo estos dispositivos al estar en espera (modo standby) o apagados (modo off). Con la evolución de la tecnología electrónica, los bajos costos y fácil adquisición de los mismos hace que en la actualidad haya muchos de estos dispositivos electrónicos conectados a la red eléctrica, sin conocer si hay un consumo de energía significativo por parte de estos electrodomésticos cuando se encuentran conectados y no se están usando para su función principal.

El consumo de energía eléctrica de una carga parásita se define como el consumo de potencia eléctrica de un aparato cuando no está cumpliendo su función principal y se encuentra en espera o apagado. Según el artículo publicado en la IEEE por Juan Van Roy y Johan Driesen⁴, las pérdidas de energía eléctrica se estiman y en general son pequeñas para cada aparato, pero ya no son insignificantes cuando se suman todas las pérdidas de las cargas.

⁴ Juan Van Roy and Johan Driesen, A Profile-Based Identification of Standby and Useless Electricity Consumption in Buildings. University of Leuven. 2013. p. 1

Según la International Energy Agency ⁵, estudios del consumo de energía de dispositivos en standby en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) representa entre 3% y el 13 % del consumo anual de electricidad de un hogar. Para un hogar medio, esto significa una demanda de potencia continua de 20W a 60W.

El artículo publicado por Alan y Alain⁶ da a conocer que: Estudios independientes indican que el consumo de energía en los electrodomésticos en modo standby es responsable de 20W a 60 W por hogar en los países desarrollados. El consumo de energía de los dispositivos en modo standby es responsable de aproximadamente el 2% del consumo total de electricidad en los países de la OCDE y genera casi el 1% de sus emisiones de carbono. La sustitución de los electrodomésticos existentes con los aparatos que tengan el modo de espera más bajo reduciría el consumo total de energía de standby en más del 70%.

De acuerdo con Van Roy y Johan Driesen⁷: En Bélgica, el consumo de energía en standby es responsable del 8% del consumo anual de electricidad de un hogar. Para los hogares de Europa, las pérdidas de standby representan el 14% en los hogares, mientras que en los consumos de energía de California representa del 5% al 26% del consumo total de electricidad.

Con base en estos estudios y debido a que los usuarios cada vez adquieren nuevos dispositivos y electrodomésticos nace la necesidad de cuantificar estos valores en

⁵ International Energy Agency, Things that go Blip in the Night: Standby Power and How to Limit it. Paris, France: OECD, 2001. p. 11

⁶ B. Lebot, A. Meier, and A. Anglade, "Global Implications of Standby Power Use," in Proc. of ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, California, United States, Jun. 2000. p. 1.

⁷ Juan Van Roy and Johan Driesen, A Profile-Based Identification of Standby and Useless Electricity Consumption in Buildings. University of Leuven. 2013. p. 1

nuestro entorno, puesto que el comportamiento de los usuarios varía dependiendo de las regiones en donde se encuentren. En Colombia no se han desarrollado estudios de cuantificación e incidencia de este tipo de cargas teniendo como consecuencia una incertidumbre y subestimación de estos valores de potencia. Este trabajo de grado aporta es un aporte inicial para nuevos estudios e investigaciones y un posible desarrollo de un marco legal relacionado con las cargas parásitas.

En la dinámica de la economía global, el Uso Racional y Eficiente de Energía ha evolucionado hacia la eficiencia energética como un concepto de cadena productiva, en permanente cambio de acuerdo con los nuevos enfoques del desarrollo sostenible en relación con la disminución de los impactos ambientales, el incremento de la productividad, el manejo eficiente de los recursos, su impacto en las organizaciones y en los procesos productivos⁸, por lo tanto generar estrategias y restricciones para reducir el consumo de energía eléctrica de las cargas parasitas en el sector residencial es importante, debido a que en este sector se presenta el mayor consumo de energía y cuenta con el mayor número de usuarios en el país.

El gobierno de Colombia en la ley 1715⁹ expedida el 13 de mayo de 2014 por el congreso de la republica promueve la autogeneración distribuida y a pequeña escala con el uso de fuentes no convencionales de energía, donde el usuario en ciertos momentos tomaría el papel de generador de energía eléctrica cuando entregue sus excedentes de generación a la red de distribución, esta energía seria cuantificada mediante medidores bidireccionales, motivando a que este tipo de usuario genere estrategias para suprimir el consumo de energía eléctrica de sus cargas parásitas, de tal manera que no consuma esta energía innecesaria debido a

⁸ Prias Omar, Hacia un nuevo concepto de la Eficiencia Energética

⁹ Ley 1715 del 13 de mayo de 2014. Congreso de la república de Colombia.

que no está presentando ningún trabajo útil y al contrario si se puede ver beneficiado ya que podría venderla.

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se realiza una revisión de los aspectos teóricos requeridos para la realización del trabajo de grado.

2.1 CARGA PARÁSITA

Las cargas parásitas son aquellos dispositivos electrónicos que se encuentran conectados a la red eléctrica y están consumiendo energía cuando están apagados (modo off) o cuando están en espera (modo standby) y no están cumpliendo con su función principal. Por ejemplo cuando un cargador de teléfono celular se encuentra conectado a la red eléctrica sin que lo esté cargando. Otro ejemplo muy común es un televisor que se encuentra apagado pero aun así está conectado a la red. Este consumo de energía eléctrica es debido a que los transformadores y rectificadores de tensión AC/DC de estos dispositivos electrónicos continúan conectados a la red sin ninguna interrupción de flujo de corriente a través de ellos, por lo tanto el consumo de energía eléctrica se ve reflejado en las pérdidas de energía de los mismos.

2.2 SECTOR ELÉCTRICO RESIDENCIAL

En este apartado se realiza una descripción del sector eléctrico en Colombia para contextualizar el impacto que puede tener las cargas parásitas.

2.2.1 Consumo de energía eléctrica en Colombia. El suministro de energía eléctrica en Colombia es suministrado por diferentes empresas a nivel nacional y es distribuida a los sectores residencial, industrial, comercial, entre otros, además el sector residencial está dividido en estratos, esta información será especificada a continuación:

2.2.1.1 Consumo de energía eléctrica en el sector residencial en Colombia.

Según la información suministrada por el reporte actualizado en julio de 2014 del Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios donde se encuentra la información de todas las empresas que ofrecen el servicio de venta del suministro de energía eléctrica en Colombia los sectores a los cuales estas empresas distribuyen es el residencial, Industrial, comercial, entre otros. Actualmente el sector residencial consume 1.798.099.202 [kWh] al mes lo cual lo ubica como el sector de mayor consumo de energía eléctrica con un 41% del total de energía demandada por el país como lo muestra el Cuadro 1 y la Figura 1. En el Cuadro 51 se muestra la energía eléctrica que suministra cada empresa comercializadora de energía, teniendo en cuenta las nuevas construcciones y edificaciones de viviendas debido a la tasa de crecimiento poblacional el número de suscriptores a este servicio cada año sigue en aumento, lo cual demuestra que el consumo de energía eléctrica en el sector residencial se puede mantener como uno de los más importantes.

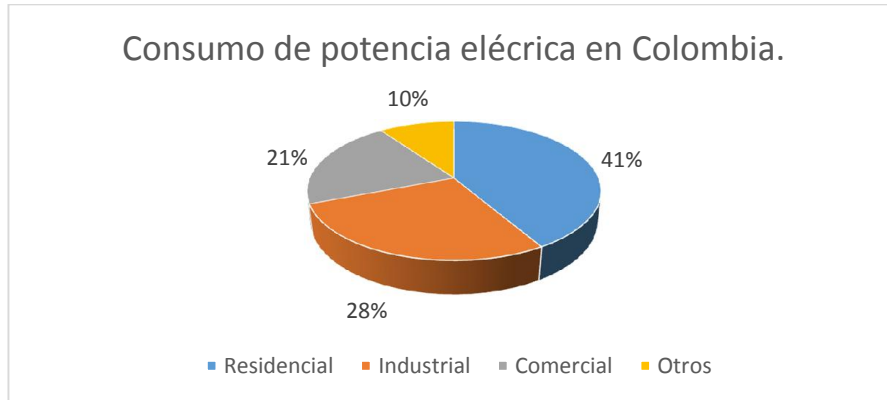
Cuadro 1. Consumo de energía eléctrica en Colombia.

Sector	Residencial	Industrial	Comercial	Otros
Energía [kWh]	1.798.099.202	1.197.552.262	907.273.774	428.557.809
Porcentaje	41%	28%	21%	10%

Fuente: Sistema Único de Información (SUI)¹⁰.

¹⁰ SUI [en línea] http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_094 [citado en septiembre de 2014].

Figura 1. Consumo de energía eléctrica en Colombia.



Fuente: Sistema Único de Información (SUI).

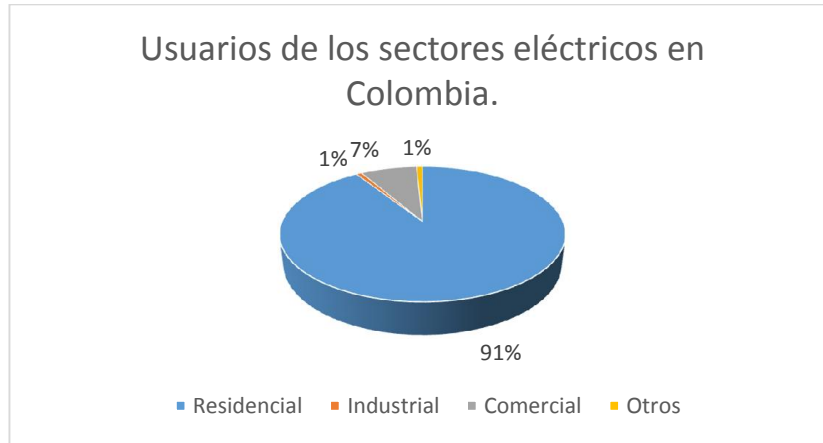
2.2.1.2 Usuarios del sector residencial eléctrico en Colombia. El sistema residencial además de ser el mayor consumidor de energía eléctrica en el país, es quien tiene el mayor número de usuarios inscritos con un total de 11.074.711 registrados en la fecha de julio de 2014 por el SUI como lo muestra la el Cuadro 2 y la Figura 2. En el Cuadro 52 se especifica cuantos usuarios tiene cada empresa distribuidora de energía por sectores.

Cuadro 2. Usuarios de los sectores eléctricos en Colombia.

Sector	Residencial	Industrial	Comercial	Otros
Usuarios	11.074.711	91.327	925.431	99.396
Porcentaje	91%	1%	7%	1%
Fuente: Sistema Único de Información (SUI) ¹¹ .				

¹¹ SUI. [en línea] http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_094 [citado en septiembre de 2014].

Figura 2. Usuarios de los sectores eléctricos en Colombia.



Fuente: Sistema Único de Información (SUI).

2.2.1.3 Tarifa media del consumo de energía eléctrica en Colombia. Las tarifas aplicadas mensualmente a los clientes de las empresas comercializadoras de energía eléctrica están reguladas mediante el artículo 4 de la resolución CREG 119 de 2007, la cual es citada a continuación:

“Artículo 4. Costo Unitario de Prestación del Servicio de Energía Eléctrica. El Costo Unitario de Prestación del Servicio consta de un componente variable de acuerdo con el nivel de consumo, expresado en \$/kWh, y un componente fijo, expresado en \$/factura, según se indica a continuación:

$$CUv_{n,m,i,j} = G_{m,i,j} + T_m + D_{n,m} + Cv_{m,i,j} + PR_{n,m,i,j} + R_{m,i} \quad (1)$$

$$CUf_{m,j} = Cf_{m,j} \quad (2)$$

Donde:

n : Nivel de tensión de conexión del usuario.

m : Es el mes para el cual se calcula el Costo Unitario de Prestación del Servicio.

i : Comercializador Minorista.

j : Es el Mercado de Comercialización.

$CUv_{n,m,i,j}$: Componente variable del Costo Unitario de Prestación del Servicio (\$/kWh) para los usuarios conectados al nivel de tensión n , correspondiente al mes m , del Comercializador Minorista i , en el Mercado de Comercialización j .

$G_{m,i,j}$: Costo de compra de energía (\$/kWh) para el mes m , del Comercializador Minorista i , en el Mercado de Comercialización j , determinados conforme se establece en el Capítulo III sobre costos de compra de energía de la resolución CREG 119 de 2007.

T_m : Costo por uso del Sistema Nacional de Transmisión (\$/kWh) para el mes m determinado conforme al Capítulo IV sobre costos de transmisión y distribución de la resolución CREG 119 de 2007.

$D_{n,m}$: Costo por uso de Sistemas de Distribución (\$/kWh) correspondiente al nivel de tensión n para el mes m , determinados conforme al Capítulo IV sobre costos de transmisión y distribución de la resolución CREG 119 de 2007.

$Cv_{m,i,j}$: Margen de Comercialización correspondiente al mes m , del Comercializador Minorista i , en el Mercado de Comercialización j que incluye los costos variables de la actividad de comercialización, expresado en (\$/kWh) y determinado conforme al Capítulo V sobre costos de comercialización de la resolución CREG 119 de 2007.

$PR_{n,m,i,j}$: Costo de compra, transporte y reducción de pérdidas de energía (\$/kWh) acumuladas hasta el nivel de tensión n , para el mes m , del Comercializador Minorista i , en el Mercado de Comercialización j , determinado conforme se establece en el Capítulo VII sobre costos de pérdidas de la resolución CREG 119 de 2007.

$R_{m,i}$: Costo de Restricciones y de Servicios asociados con generación en \$/kWh asignados al Comercializador Minorista i en el mes m , conforme al Capítulo VI sobre costos de restricciones de la resolución CREG 119 de 2007.

$CUf_{m,j}$: Componente fija del Costo Unitario de Prestación del Servicio (\$/factura) correspondiente al mes m para el Mercado de Comercialización j .

$Cf_{m,j}$: Costo Base de Comercialización (\$/factura) correspondiente al mes m , para el Mercado de Comercialización j .

Parágrafo 1: El costo máximo del servicio en un período dado corresponderá a la suma de:

i) el producto entre el consumo en kWh en dicho período y el componente variable del costo unitario $CUv_{n,m,i,j}$; y

ii) El valor del componente fijo del costo unitario $CUf_{m,j}$.¹²

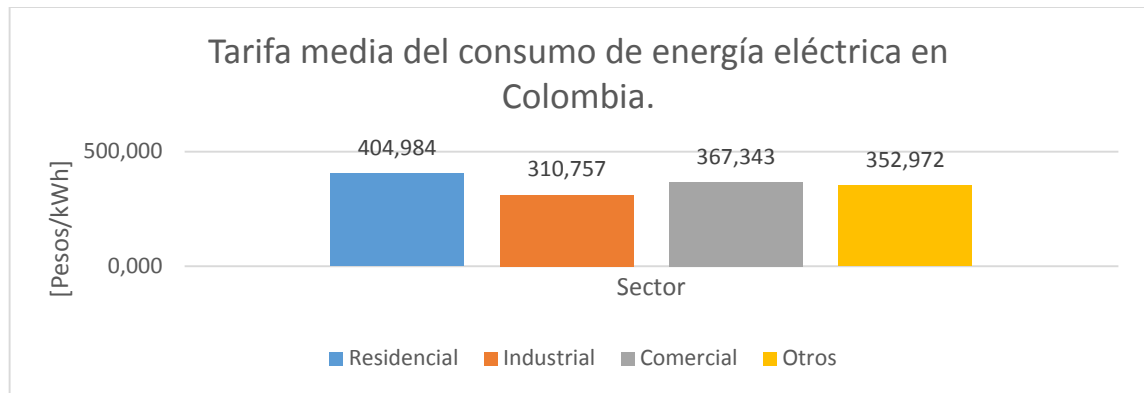
Según la información suministrada por la SUI en la fecha de julio de 2014 la tarifa media para los sectores a que las electrificadoras a nivel nacional distribuyen el suministro de energía eléctrica en Colombia se especifica y muestran en la Figura 3 y Cuadro 3, en el Cuadro 53 se especifica las tarifas medias por sector en cada empresa.

¹² Resolución CREG 119 de 2007. Artículo 4.

Cuadro 3. Tarifa media del consumo de energía eléctrica en Colombia.

Sector	Residencial	Industrial	Comercial	Otros
Tarifa media [\$/KWh]	404,984	310,757	367,343	352,972
Fuente: Sistema Único de Información (SUI) ¹³ .				

Figura 3. Tarifa media del consumo de energía eléctrica en Colombia.

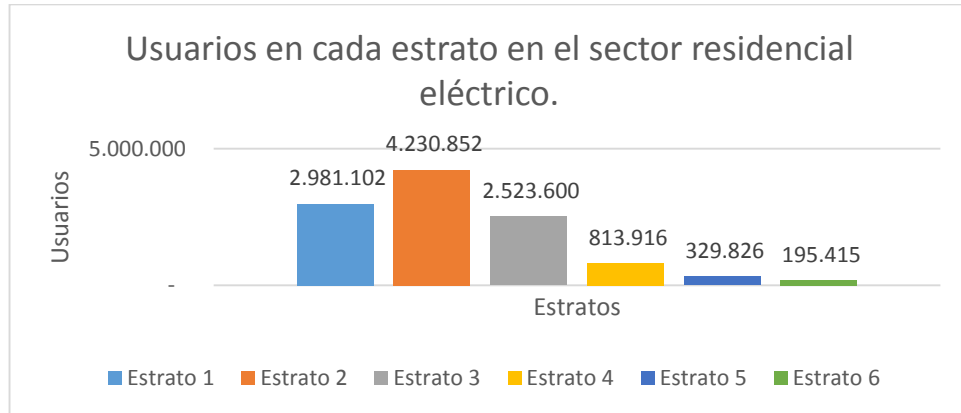


Fuente: Sistema Único de Información (SUI).

2.2.1.4 Estratos en el sector residencia eléctrica en Colombia. En Colombia el sector residencial eléctrico se divide en 6 estratos los cuales dependen del sector socio económico en el cual se ubiquen las viviendas, en la Figura 4 se muestra los usuarios que tiene cada estrato según la información recopilada por la SUI en la fecha de julio de 2014. En el Cuadro 54 se muestran el número de usuarios en cada estrato del sector residencial por empresa.

¹³ SUI. [en línea] http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_094 [citado en septiembre de 2014].

Figura 4. Usuarios en cada estrato en el sector residencial eléctrico.

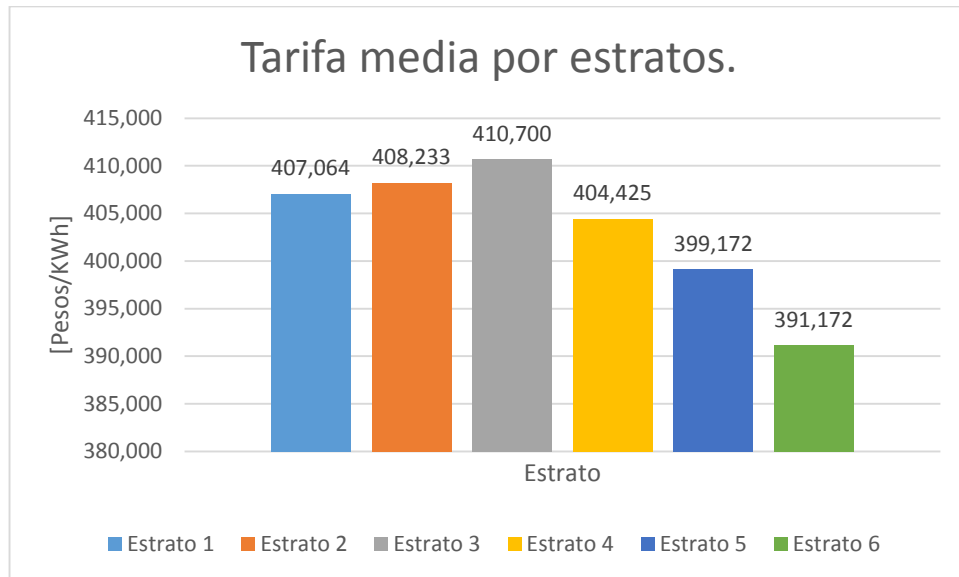


Fuente: Sistema Único de Información (SUI)¹⁴.

2.2.1.5 Tarifas medias en los estratos del sector eléctrico residencial colombiano. El SUI muestra las tarifas promedio en pesos por kilo watt hora [\$/kWh] del sector residencial eléctrico por estrato de la fecha julio de 2014 en la Figura 5, El Cuadro 55 muestra específicamente la tarifa media por empresa comercializadora de energía eléctrica a nivel nacional.

¹⁴ SUI.[en línea] http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_094 [citado en septiembre de 2014].

Figura 5. Tarifas medias en el sector eléctrico residencial colombiano por estrato.



Fuente: Sistema Único de Información (SUI)¹⁵.

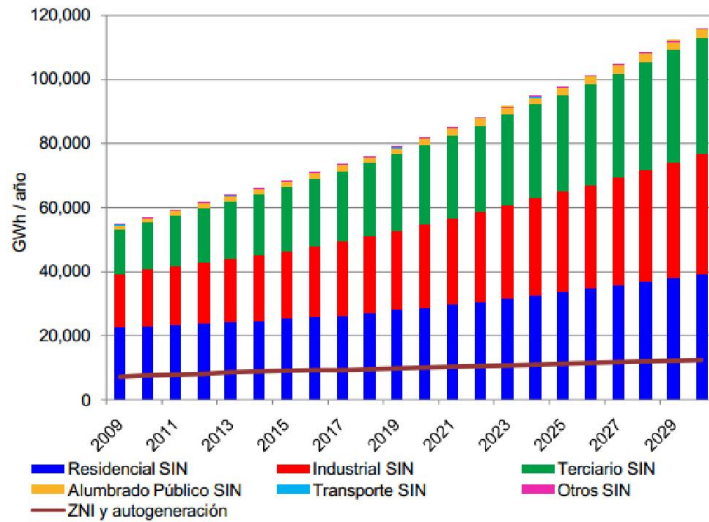
2.5.1.4 Proyección de demanda de energía eléctrica en Colombia. El procedimiento para realizar la proyección de demanda de energía eléctrica para el SIN integra la aplicación de metodologías de series de tiempo y econométricas. Para la estimación de corto plazo se aplican las primeras que permiten tener en cuenta tendencias y coyunturas recientes del consumo y los efectos calendario. Para el largo plazo se aplican modelos econométricos que consideran la relación histórica del consumo de energía eléctrica con variables macroeconómicas y de población; a partir de la estimación del comportamiento futuro de éstas últimas realizado por las agencias del gobierno responsables del tema se establecen escenarios de evolución del consumo y la demanda eléctrica. Para el caso de la proyección de demanda por autogeneración y en zonas no interconectadas la proyección se hace a partir de la estimación del consumo futuro de combustibles

¹⁵ SUI. [en línea] http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_094 [citado en septiembre de 2014].

para la generación eléctrica y los planes indicativos de expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica.

La Figura 6 presenta la proyección de demanda de energía eléctrica sectorial. En ésta se prevé una tasa de crecimiento promedio anual de la demanda total de 3,7%, entre los años 2009-2020. A nivel sectorial, se prevé que el sector residencial pierde participación (crecimiento medio de 2,2% en el mismo periodo) frente a los sectores terciario e industrial (crecimientos de 5,6% y 4,0%, respectivamente)¹⁶.

Figura 6. Proyección de demanda sectorial de energía eléctrica.



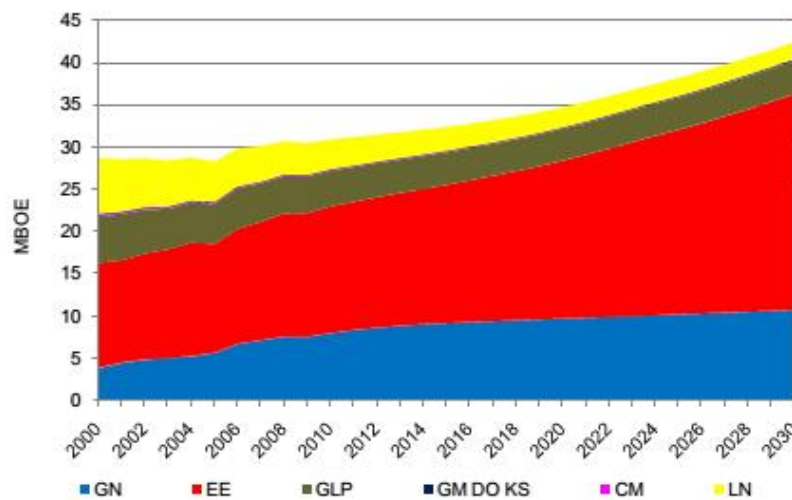
Fuente: UPME - Proyección de Demanda de Energía en Colombia.

¹⁶ Subdirección de Planeación Energética. Grupo de Demanda Energética. Proyección de Demanda de Energía en Colombia. UPME. Revisión octubre de 2010. p. 54.

2.2.1.6 Proyección de demanda de energía eléctrica en el sector residencial.

Según la UPME en su documento Revisión octubre de 2010, el consumo futuro de energía en el sector residencial estaría dado por la expansión de la cobertura de la energía eléctrica y el gas natural, y la sustitución de energéticos como la leña y el Gas Licuado del Petróleo (GLP) por los primeros mencionados. A continuación, la Figura 7 presenta la historia reciente y proyección de demanda de energía en el sector residencial¹⁷. En el Cuadro 56 se pueden consultar los datos que originan esta figura.

Figura 7. Demanda de energía del sector residencial, histórica y proyección.



Fuente: UPME - Proyección de Demanda de Energía en Colombia.

2.2.1.7 Proyección de ahorro de energía eléctrica en el sector residencial.

La UPME en su documento Proyección de demanda de Energía en Colombia ofrece un escenario alternativo al considerado como base de que no se aplique ninguna estrategia de ahorro de energía partiendo desde que todo siga funcionando como

¹⁷ Subdirección de Planeación Energética. Grupo de Demanda Energética. Proyección de Demanda de Energía en Colombia. UPME. Revisión octubre de 2010. p. 73.

se encuentra en el momento actual en que se hizo el estudio. En este escenario alternativo se estiman los efectos sobre la demanda integral que tendría el desarrollo de medidas de uso racional y eficiente de la energía -URE- en las dos siguientes décadas. Las medidas están relacionadas con el Plan de Acción Indicativo del PROURE que establece para el siguiente lustro acciones del gobierno nacional en esta materia. De manera breve describe los supuestos considerados en ese nuevo escenario:

Para el sector residencial se consideró en primer lugar el potencial de ahorro de energía de la sustitución progresiva hasta un 85% en el año 2030 de sustitución de bombillas incandescentes por las correspondientes ahorradoras de energía, sin pérdida del nivel de iluminación. En materia de refrigeración, aire acondicionado y demás electrodomésticos se estimó el progresivo reemplazo por tecnologías más eficientes. En el consumo de cocción con gas natural o GLP se asumió el cambio hacia estufas con mejores sistemas de combustión con una reducción de la demanda final del 68%¹⁸.

2.2.2 Consumo de energía eléctrica en Santander. Con el fin de hacer un análisis más detallado en este trabajo de grado, se analizara el consumo de energía eléctrica en Santander, debido a que se realizaron las medidas para la caracterización de las cargas parásitas en el sector residencial en el área metropolitana de Bucaramanga, por lo tanto se tuvo en cuenta la información suministrada por la empresa que se encarga de comercializar energía eléctrica para la ciudad la cual es La Electrificadora de Santander S.A. E.S.P.

¹⁸ Subdirección de Planeación Energética. Grupo de Demanda Energética. Proyección de Demanda de Energía en Colombia. UPME. Revisión octubre de 2010. p. 84.

La Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. denominada “ESSA E.S.P.” es una empresa de capital mixto, filial del Grupo Empresarial E.P.M., dedicada a la prestación de los servicios públicos de generación, distribución, transmisión, comercialización de energía y actividades conexas, en 87 municipios de Santander, dos de Bolívar, dos del sur del Cesar y uno de Norte de Santander.

Sus productos y servicios están dirigidos a todos los estratos residenciales; a los sectores comercial, industrial, oficial, alumbrado público, en las modalidades regulada y no regulada. Para desarrollar su objeto social y satisfacer a sus grupos de interés la ESSA E.S.P. desarrolla, una infraestructura que le permite cumplir con los estándares de calidad y con las demás normas técnicas y regulatorias establecidas por las autoridades competentes.

2.2.2.1 Consumo de energía eléctrica en el sector residencial en Santander.

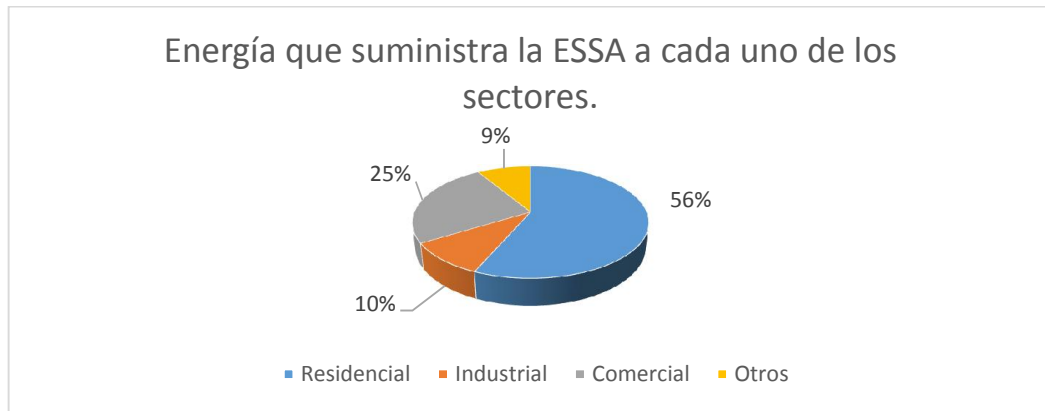
La Electrificadora de Santander S.A. ESP suministra energía eléctrica a los sectores residencial, industrial, comercial, entre otros, en el Cuadro 4 y la Figura 28 se especifica la energía que suministra la ESSA a cada uno de sus tipos de clientes en los que se observa que el sector residencial es el mayor consumidor de energía eléctrica con un 56% del total, esta información fue suministrada por el Sistema Único de Información (SUI) de la fecha julio de 2014.

Cuadro 4. Energía que suministra la ESSA ESP a cada uno de los sectores.

Sector	Residencial	Industrial	Comercial	Otros
Energía [kWh]	83.693.986	14.397.371	37.025.182	12.936.899
Porcentaje	56%	10%	25%	9%

Fuente: Sistema Único de Información (SUI)¹⁹.

Figura 8. Energía que suministra la ESSA E.S.P. a cada uno de los sectores.



Fuente: Sistema Único de Información (SUI).

2.2.2.2 Usuarios en el sector residencial eléctrico en Santander. La ESSA tiene un registro de mayor número de usuario en el sector residencial con un 89% del total de usuarios a los cuales le comercia energía eléctrica como se especifica en el Cuadro 5.

¹⁹ SUI. [en línea] http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_094 [citado en septiembre de 2014].

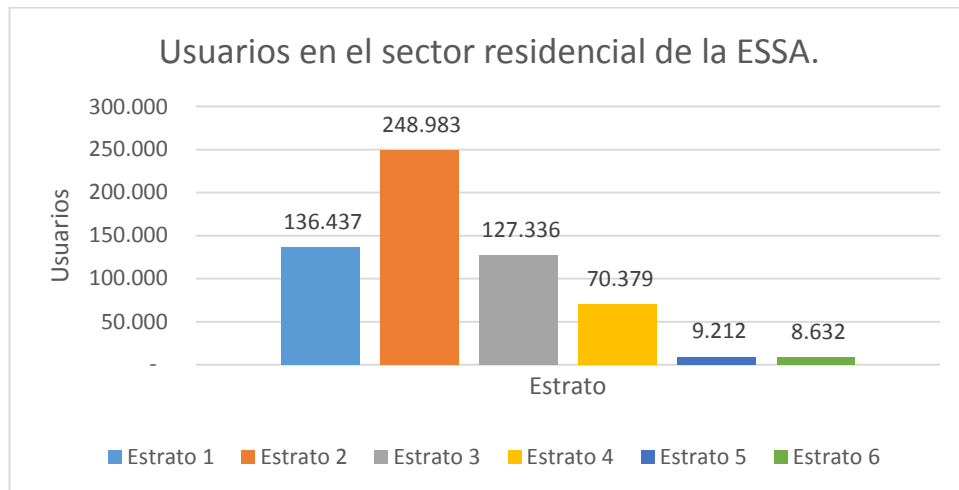
Cuadro 5. Clientes por sector de la ESSA E.S.P.

Número de clientes (Facturados)	2014 (Abril)	Porcentaje
Residencial	603.230	89%
Comercial	58.695	9%
Industrial	8.369	1%
Otros	5.320	1%
Fuente: Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. - ESSA ²⁰ .		

2.2.2.3 Usuarios en el sector residencial eléctrico por estrato en Santander.

En la Figura 9 se muestra el reporte de julio de 2014 del Sistema Único de Información – SUI de los clientes suscritos en el sector residencial de la Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. ESSA por estrato.

Figura 9. Usuarios en el sector residencial eléctrico por estrato de la ESSA.



Fuente: Sistema Único de Información (SUI)²¹.

²⁰ Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. [en línea] <http://www.essa.com.co/site/%C2%BFQui%C3%A9nessomos/SubgerenciasyNegocios/Negociodecomercializaci%C3%B3n.aspx> [citado septiembre de 2014].

²¹ SUI. [en línea] http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_094 [citado septiembre de 2014].

2.2.2.4 Tarifa del sector residencial eléctrico en Santander. La Electrificadora de Santander a través de la tarifa, o costo unitario, recupera sus gastos propios de la operación, expansión, reposición y mantenimiento, la tecnología y administración para garantizar la calidad, continuidad y confiabilidad en la prestación del servicio, además de la remuneración del patrimonio de los inversionistas.

- La tarifa no depende de la capacidad de pago de los usuarios.
- Las tarifas aplicadas mensualmente a los clientes de la ESSA están reguladas mediante resolución CREG 119 DE 2007.

Valor a Pagar = Consumo (CUv).

Costo Unitario de la prestación del Servicio (\$/kWh).

$$CUv_{n,m,i,j} = G_{m,i,j} + T_m + D_{n,m} + Cv_{m,i,j} + PR_{n,m,i,j} + R_{m,i} \quad (3)$$

$$CUf_{m,j} = Cf_{m,j} = 0 \quad (4)$$

El costo del CUv varía de acuerdo a los siguientes aspectos:

- Propiedad de los activos: obedece a la propiedad del transformador y las redes.
 - Propiedad del cliente
 - Propiedad de la empresa.
- Clase de servicio: La estratificación socioeconómica fue establecida en el artículo 14.8 de la Ley 142 de 1994 como “La clasificación de los inmuebles residenciales de un municipio”. Define el porcentaje del subsidio o contribución

a aplicar a los usuarios en función de su nivel de ingresos y por eso depende del estrato socioeconómico al que pertenece cada predio.

- Nivel de tensión: el valor del componente D varía de acuerdo al nivel de tensión al cual esté conectado el cliente, Valores definidos en la Resolución CREG 097 de 2008.
 - Nivel 1 < 1 [kV]
 - Nivel 2 < 30 [kV]
 - Nivel 3 < 57,5 [kV]
 - Nivel 4 < 220 [kV]

El Cuadro 6 especifica el costo en kilo watt hora [\$/kWh] de cada uno de los componentes de la formulas usadas para el cálculo de la tarifa según la resolución CREG 119 DE 2007. suministrado por la ESSA E.S.P. de julio de 2014.

Cuadro 6. Componentes del costo unitario variable y fijo de la ESSA E.S.P. en julio de 2014.

COMPONENTES DEL COSTO UNITARIO VARIABLE Y FIJO DE PRESTACION DEL SERVICIO (CU) según Res. CREG 119/2007									
NIVEL MEDIDA	G	T	D	Cv	PR	R	CUv Calculado	CUv Aplicado	CUf Aplicado
	Compra Energía	Costo STN	Costo Distribución	Costo de Comercialización	Costo de Compra, transporte y reducción de pérdidas	Costo de Restricciones	Costo Unitario Variable de Prestación del Servicio	Resolución 168 de 2008 y 057 de 2014 Opción tarifaria	Costo Unitario Fijo de Prestación del Servicio
	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh
I ESSA	179.1257	20.0650	145.2406	39.4494	32.1572	5.4329	421.4709	401.0834	0.0000
I CLIENTE	179.1257	20.0650	107.9649	39.4494	32.1572	5.4329	384.1951	361.5160	0.0000
II	179.1257	20.0650	93.3004	39.4494	14.4182	5.4329	351.7916	330.9955	0.0000
III	179.1257	20.0650	41.4092	39.4494	11.4812	5.4329	296.9634	277.6645	0.0000
IV	179.1257	20.0650	17.6606	39.4494	4.1891	5.4329	265.9227	245.2352	0.0000
I 50% ESSA (Pilas)	179.1257	20.0650	126.6027	39.4494	32.1572	5.4329	402.8330	381.2997	0.0000

Fuente: Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. – ESSA E.S.P.²².

²² ESSA E.S.P. [en línea] <http://www.essa.com.co/site/clientes/es-es/tarifas/consultartarifas.aspx> [citado en septiembre de 2014].

En el Cuadro 7 se muestra los subsidios y contribuciones aplicados a algunos estratos del sector residencial y las contribuciones que tiene que hacer el sector comercial e industrial.

Cuadro 7. Subsidios y contribuciones aplicados por la ESSA E.S.P.

Sector Residencial	
Estrato 1	Valor variables mensual 60% (máximo) definido en la resolución 186 de 2010.
Estrato 2	Valor variables mensual 50% (máximo) definido en la resolución 186 de 2010.
Estrato 3	Se aplica subsidio (15%)
Estrato 4	Tarifa plena
Estrato 5	Contribuyen 20%
Estrato 6	Contribuyen 20%
Sectores No residenciales	
Comercial	Contribuyen con el 20%
Industrial	Contribuyen con el 20% (A partir de la entrada de la ley 14 de 2010 y el decreto 2915 de 2011 se estableció para los usuarios industriales que cumplan con lo allí dispuesto la exención de dicha contribución)
Acueductos	Pagan contribución 10%
Fuente: Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. - ESSA ²³ .	

Según la información de carácter público suministrada por la ESSA sobre el valor del kilo watt hora [\$/kWh] para cada sector en Julio de 2014 se especifica en el Cuadro 8, en el cuadro se muestra los subsidios y contribución debida a cada uno de los estratos del sector residencial, comercial e industrial.

²³ ESSA E.S.P. [en línea] <http://www.essa.com.co/site/clientes/es-es/nuetrastarifas/formularifaria.aspx> [citado septiembre de 2014].

Cuadro 8. Tarifa del kWh de la ESSA E.S.P. para cada sector residencial en julio de 2014.

ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. ESP.								
INFORMA A SUS USUARIOS DEL SISTEMA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE DEPARTAMENTO DE SANTANDER Y SUR DEL CESAR								
De acuerdo con las resoluciones 119/07, 097/08, 121/09 y 172/09 expedidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG,								
que permiten establecer los costos de la prestación del servicio a usuarios regulados, las tarifas para el mes de JULIO DE 2014								
TARIFAS RESIDENCIALES								
ESTRATO		1		2		3		4
PROPIEDAD	NIVEL	% SUBSIDIO	TARIFA	% SUBSIDIO	TARIFA	% SUBSIDIO	TARIFA	TARIFA
ACTIVOS	MEDIDA		\$/kWh		\$/kWh		\$/kWh	\$/kWh
ESSA	I	-57.19%	171.7123	-46.48%	214.6403	-15.00%	340.9209	401.0834
CLIENTE	I	-56.88%	155.8997	-46.10%	194.8746	-15.00%	307.2886	361.5160
Nota: El subsidio es aplicado hasta el consumo de subsistencia.								
TARIFAS RESIDENCIALES				TARIFAS NO RESIDENCIALES				
ESTRATO		5 y 6		COMERCIAL / INDUSTRIAL		ACUEDUCTOS. ESP		OFICIAL
PROPIEDAD	NIVEL	% CONTRIB.	TARIFA	CONTRIB.	TARIFA	CONTRIB.	TARIFA	TARIFA
ACTIVOS	MEDIDA		\$/kWh	20%	\$/kWh	10%	\$/kWh	\$/kWh
ESSA	I	20.00%	481.3001	80.2167	481.3001	40.1083	441.1917	401.0834
CLIENTE	I	20.00%	433.8193	72.3032	433.8193	36.1516	397.6677	361.5160
	II			66.1991	397.1946	33.0995	364.0950	330.9955
	III			55.5329	333.1973	27.7664	305.4309	277.6645
	IV			49.0470	294.2823	24.5235	269.7588	245.2352

Fuente: Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. - ESSA²⁴.

2.3 IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS E INCIDENCIA DEL CONSUMO DE ENERGÍA DE LAS CARGAS PARÁSITAS EN EL SECTOR RESIDENCIAL EN COLOMBIA

Con la información suministrada en el ítem anterior sobre el consumo de energía eléctrica en Colombia y en Santander se demuestra que el sector residencial es de gran importancia siendo el que demanda la mayor cantidad de energía eléctrica en la actualidad, también posee el mayor número de usuarios distribuidos en 6 estratos y los cálculos de proyección de consumo de energía al 2030 indican que seguirá ocupando parte importante del consumo de energía eléctrica en el país, por consiguiente si se siguen los lineamientos del URE y del PROURE en el escenario alternativo donde se espera sustituir las bombillas incandescentes por iluminación ahorradora de energía, que presentan muy bajas pérdida a lo que se refiere a la iluminación, cambiar progresivamente la refrigeración y demás dispositivos de uso residencial por tecnologías más eficientes, y si además de esto se adicionara

²⁴ ESSA E.S.P. [en línea] <http://www.essa.com.co/site/clientes/es-es/tarifas/consultartarifas.aspx> [citado septiembre de 2014].

estrategias para la reducción del consumo de energía eléctrica de los electrodomésticos en modo apagado o en modo espera ayudaría conseguir la meta esperada de ahorro de consumo de energía eléctrica por parte de este sector eléctrico.

El análisis y cuantificación del consumo de energía de las cargas parásitas es de sumo interés ya que si se puede evitar este consumo de energía eléctrica innecesario e indeseable tanto por los usuarios como las empresas distribuidoras de energía eléctrica se podrá ahorrar una parte del porcentaje usado por este sector. Los usuarios se beneficiarían disminuyendo su consumo de energía eléctrica, lo que llevaría a reducir el costo de la factura brindándole ahorros económicos, las empresas suministradoras de la energía eléctrica evitarían las malas implicaciones del consumo de energía no activa por parte de los usuarios ya que en su mayoría las cargas parásitas conectadas en modo apagado (off) o en modo espera (standby) presentan un consumo importante de energía reactiva y de distorsión comparada con la energía activa es decir que estos dispositivos presentan un bajo factor de potencia (FP) cuando están conectados a la red eléctrica sin estar realizando su función principal debido a que estos electrodomésticos están compuestos por bobinas y capacitores los cuales demandan este tipo de potencia no activa, además el operador de red evitaría las distorsiones armónicas de corriente presentes en los electrodomésticos ya que en su mayoría éstos son modelados como cargas no lineales.

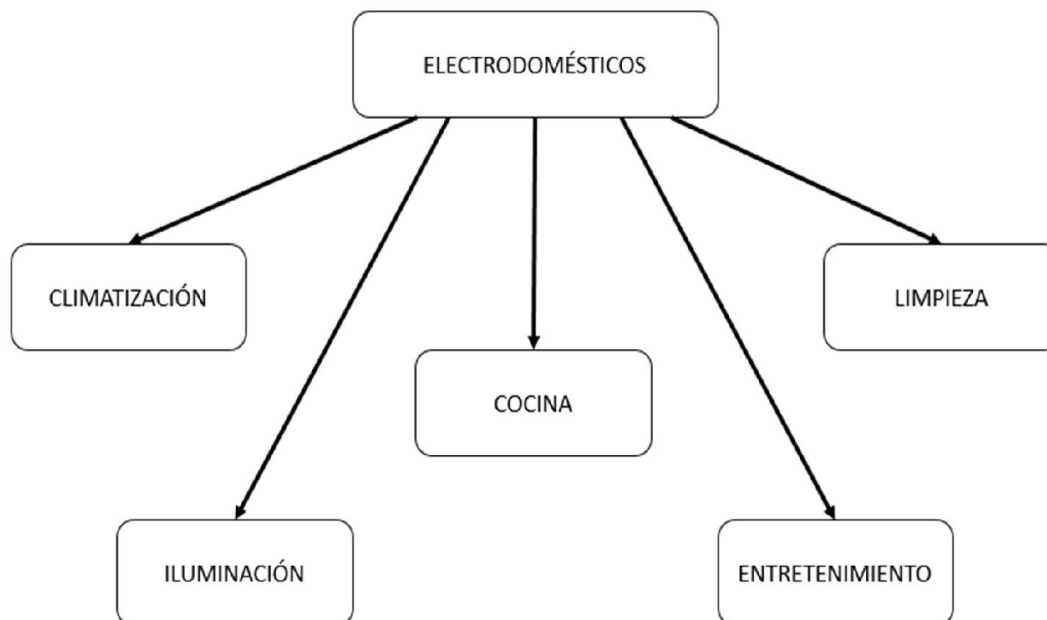
3. CARGAS ELÉCTRICAS EN EL SECTOR RESIDENCIAL

Para mejorar el desarrollo de actividades, optimizar el tiempo, brindar confort y entretenimiento en los hogares de todo el mundo es muy común encontrar infinidad de dispositivos que cumplen estas tareas específicas en el ámbito doméstico las cuales se clasifican según su aplicación.

3.1 CLASIFICACIÓN DE LAS CARGAS ELÉCTRICAS SEGÚN SU APLICACIÓN

Los electrodomésticos de uso residencial son clasificados y conocidos según su aplicación en iluminación, cocina, limpieza, entretenimiento y climatización como se muestra en la Figura 10. En el Cuadro 9 se observan los electrométricos comúnmente encontrados en el sector residencial, clasificados según su aplicación.

Figura 10. Clasificación electrodomésticos.



Cuadro 9. Cargas eléctricas de uso doméstico.

Aplicación	Cargas eléctricas de uso doméstico	
Iluminación	Lámpara incandescente	
	Lámpara fluorescente	
	Lámpara de noche	
Climatización	Ducha eléctrica	
	Ventilador	
Cocina	Licuadora	
	Nevera	
	Purificador de agua	
	Extractor de jugo de naranja	
	Sandwichera	
	Batidor	
	Horno Microondas	
Limpieza	Secadora de cabello	
	Plancha para el cabello	
	Plancha	
	Aspiradora	
	Lavadora	
Entretenimiento	Teléfono inalámbrico	
	Radio despertador	
	Televisor	
	Caja decodificadora de Televisión	
	Equipo de sonido	
	Teatro en Casa	
	DVD	
	Cargador de Laptop	
	Cargador de Celular	
	Cargador de Tablet	
	Cargador de MP3	
	Consola Video Juegos	
	Cargador video juegos portátil	
	Estabilizador	
	Router Wi-Fi	
	Computador de escritorio	CPU
		Monitor
		Impresora
Impresora multifuncional		

En el desarrollo de este trabajo de grado se clasificaron los electrodomésticos de uso residencial teniendo en cuenta su funcionamiento interno como cargas eléctricas parásitas y no parásitas.

3.2 CARGAS ELÉCTRICAS PARÁSITAS EN EL SECTOR RESIDENCIAL

Los dispositivos usados comúnmente en el ámbito residencial han adoptado la constante evolución de la tecnología en su funcionamiento, haciendo que en la actualidad casi todos tengan incorporados componentes electrónicos que necesitan fuentes de alimentación conformadas principalmente por transformadores reductores de tensión y rectificadores de tensión de corriente alterna a corriente continua (AC/DC) para que puedan funcionar correctamente. En la mayoría de casos cuando los electrodomésticos no se encuentran en uso fueron apagados de forma electrónica con un pulsador o de manera remota por medio de un control que no garantiza la interrupción del flujo de corriente eléctrica a través del mismo ya que no son desconectados y por ende continúan unidos a la red eléctrica en modo espera (standby) o en modo apagado (off). Al seguir conectadas estas fuentes de alimentación al suministro de energía eléctrica continúan consumiendo cierta cantidad de energía debido a la naturaleza propia de cada uno de los dispositivos ya sea por las pérdidas magnéticas y del cobre de los transformadores, las pérdidas debidas al conductor (alambre y cable) por su resistencia a lo largo del circuito que alimenta la toma donde se conecta el dispositivo, y las caídas de tensión presentes en los componentes electrónicos de los rectificadores como diodos, resistencias, capacitores, inductores, LED's, entre otros. Este consumo de energía eléctrica innecesaria e indeseada es la que cataloga a los electrodomésticos como cargas parásitas.

El consumo de energía eléctrica de las cargas parásitas es ocasionado por la caída de tensión, pérdidas propias del transformador y de cada componente electrónico que aún sigue conectado al sistema eléctrico en el momento que el electrodoméstico está apagado o se encuentra en modo standby. Este consumo de energía es relativamente bajo para un solo dispositivo, pero significativo a la hora de cuantificarlo con todos los usuarios que forman parte del sector residencial en

una empresa suministradora de energía eléctrica o a nivel nacional, en el Cuadro 10 muestra las cargas eléctricas parásitas más comunes de uso doméstico.

Cuadro 10. Cargas eléctricas parásitas de uso doméstico.

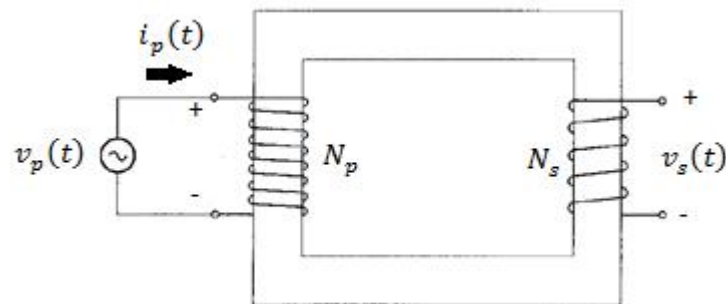
Aplicación	Cargas eléctricas parásitas de uso doméstico		
Cocina	Horno Microondas		
Limpieza	Lavadora		
Entretenimiento	Televisor		
	Caja decodificadora de Televisión		
	Equipo de sonido		
	Teatro en Casa		
	DVD		
	Cargador de Laptop		
	Cargador de Celular		
	Cargador de Tablet		
	Cargador de MP3		
	Consola Video Juegos		
	Cargador video juegos portátil		
	Estabilizador		
	Computador de escritorio	CPU	
		Monitor	
Impresora			
Impresora multifuncional			

A continuación se mostrarán los componentes que ocasionan el consumo de energía eléctrica en los electrodomésticos de uso residencial cuando son considerados cargas eléctricas parásitas debido a que se encuentran conectados a la red en modo apagado o standby y además no están cumpliendo con su función principal.

3.2.1 Consumo de energía en las cargas eléctricas parásitas. A continuación se describen las causas de las pérdidas de energía eléctrica que se presentan en los diferentes electrodomésticos.

3.2.1.1 Pérdidas en los transformadores. Las pérdidas encontradas en los transformadores se deben a las corrientes de magnetización, y se presentan al momento de conectar una fuente de energía eléctrica alterna al transformador como se muestra en la Figura 11.

Figura 11. Diagrama de un transformador sin carga conectada al secundario.



Fuente: Stephen J. Chapman. Maquinas Eléctricas. 3ra Edición.

La nomenclatura usada en la Figura 11 es la siguiente:

$v_p(t)$: Fuente de tensión alterna en el devanado primario del transformador,

$v_s(t)$: Tensión alterna en el devanado secundario del transformador,

$i_p(t)$: Corriente alterna en el devanado primario del transformador,

N_p : Número de espiras en el devanado primario,

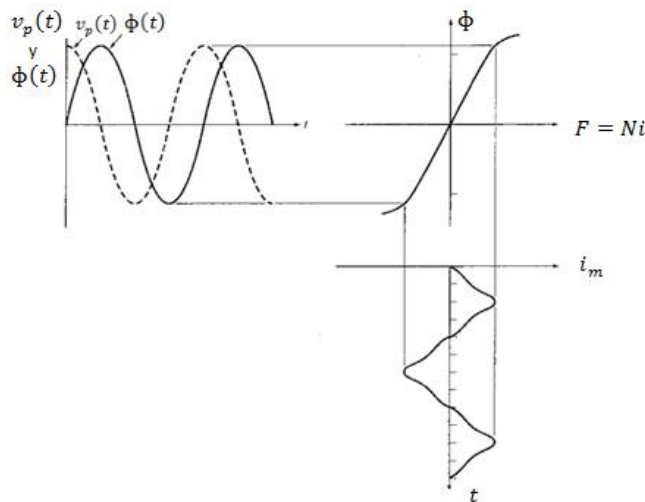
N_s : Número de espiras en el devanado secundario.

Esta corriente tiene dos componentes:

- La corriente de magnetización, la cual es requerida para producir el flujo en el núcleo del transformador.
- La corriente de pérdidas en el núcleo, es la necesaria por el fenómeno de histéresis y por corrientes parásitas.

La corriente total de magnetización en el transformador no es sinusoidal pura como se observa en la Figura 12. Las componentes de más altas frecuencias de la corriente de magnetización se deben a la saturación magnética del núcleo del transformador, además pueden ser significativamente mayores con respecto a la componente de la fundamental es decir que entre más fuerte sea el proceso de saturación del núcleo, mayores serán las componentes armónicas.

Figura 12. Corriente de magnetización causada por el flujo en el núcleo del transformador.



Fuente: S. Chapman- Máquinas Eléctricas 3ra Edición.

La nomenclatura usada en la Figura 12 es:

$v_p(t)$: Tensión alterna en el devanado primario del transformador,

$\phi(t)$: Flujo magnético con respecto al tiempo,

ϕ : Flujo magnético,

F : Fuerza magnetomotriz,

i_m : Corriente de magnetización,

t : Tiempo.

La otra componente de la corriente de vacío, en un transformador es la corriente necesaria para suministrar la potencia requerida tanto por el proceso de histéresis como por las pérdidas por corrientes parásitas en el núcleo, la corriente de pérdidas en el núcleo está distorsionada, debido a los efectos no lineales del ciclo de histéresis.

La corriente total de vacío en el núcleo se llama corriente de excitación (Figura 13) del transformador y es justamente la suma de la corriente de magnetización y la corriente de pérdidas en el núcleo:

$$i_{ex} = i_m + i_{A+e} \quad (5)$$

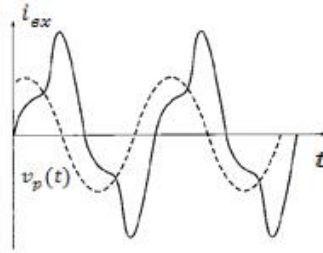
Donde:

i_{ex} : Corriente de excitación,

i_m : Corriente de magnetización,

i_{A+e} ; Corriente de pérdidas en el núcleo.

Figura 13. Corriente total de excitación.



Fuente: S. Chapman- Máquinas Eléctricas 3ra Edición.

Donde:

i_{ex} : Corriente de excitación,

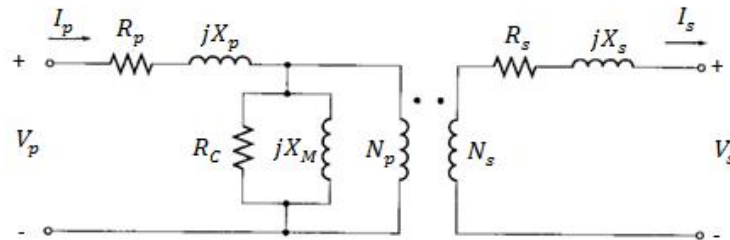
$v_p(t)$: Tensión en el devanado primario del transformador.

El modelo de un transformador real mostrado en la Figura 14 tiene en cuenta las siguientes pérdidas:

- Pérdidas en el cobre: Son pérdidas por calentamiento resistivo en los devanados primario y secundario del transformador. Son proporcionales al cuadrado de la corriente en los devanados
- Pérdidas por corrientes parásitas: Se deben al calentamiento resistivo en el núcleo del transformador.
- Pérdidas por histéresis: Están relacionadas con el reordenamiento de los dominios magnéticos en el núcleo durante cada semiciclo.

- Flujo disperso: Los flujos dispersos en el devanado primario y secundario que escapan del núcleo y pasan únicamente a través de uno de los devanados del transformador. Esta fuga de flujos produce una autoinductancia en las bobinas primarias y secundarias.

Figura 14. Modelo de un transformador real.



Fuente: S. Chapman- Maquinas Eléctricas 3ra Edición.

La nomenclatura usada en la Figura 14 es:

V_p : Tensión del lado primario del transformador,

I_p : Corriente del lado primario del transformador,

R_p : Resistencia del lado primario del transformador,

X_p : Reactancia del lado primario del transformador,

R_C : Resistencia de magnetización del transformador,

X_M : Reactancia de magnetización del transformador,

N_p : Número de vueltas del lado primario del transformador,

V_s : Tensión del lado secundario del transformador,

I_s : Corriente del lado secundario del transformador,

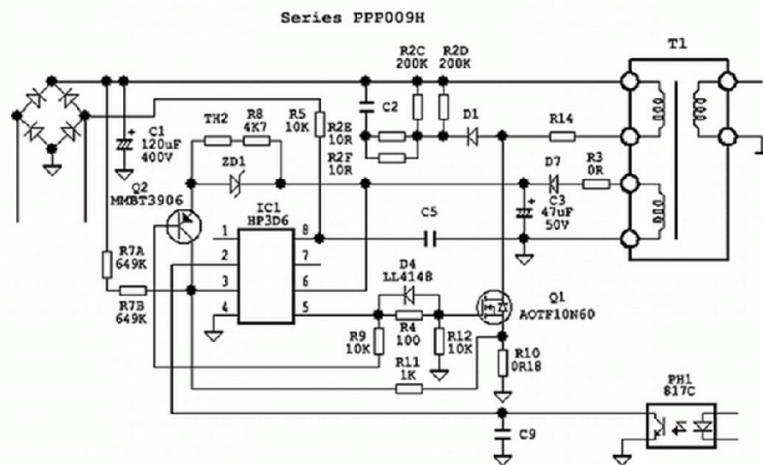
R_s : Resistencia del lado secundario del transformador,

X_s : Reactancia del lado secundario del transformador,

N_s : Número de vueltas del lado secundario del transformador²⁵.

3.2.1.2 Pérdidas en los rectificadores Los rectificadores son dispositivos cuya función es convertir una señal de corriente alterna en corriente continua, son usados en equipos electrónicos como, cargadores, televisores, equipos de sonidos etc. Estos rectificadores constan internamente de diodos, capacitores, inductores, resistencias, circuitos integrados como se puede observar en la Figura 15 con el ejemplo de un cargador HP referencia PPP009H para una laptop.

Figura 15. Circuito de un cargador de laptop HP referencia PPP009H.



Fuente: Hewlett Packard – HP

²⁵ Stephen J. Chapman. Maquinas Eléctricas. 3ra edición. P 80.

En cada uno de los elementos mencionados se encuentran caídas de tensión lo que traduce a consumo de energía y al realizarse el modelo del rectificador como un circuito no lineal aparecen pérdidas de potencia y distorsión armónica tanto de las señales de corriente como de tensión.

3.2.1.3 Resistencia eléctrica a través de un conductor. El conductor usado en los circuitos eléctricos residenciales es el alambre el cual se encarga de transportar la energía eléctrica desde la protección termomagnética hasta el toma corriente donde son alimentadas las cargas eléctricas de uso doméstico. Los electrodomésticos usan conductores de tipo alambre paralelo más conocido como dúplex por su característica de manejabilidad desde la clavija hasta su fuente de alimentación que en su mayoría son transformadores reductores de tensión.

El alambre y cable presentan una resistencia eléctrica dependiendo del material que este compuesto el conductor.

La resistencia eléctrica es estimada por la siguiente fórmula:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (6)$$

Donde:

ρ : Coeficiente de proporcionalidad o la resistividad del material,

L : Longitud del conductor,

A : Sección transversal del conductor.

En el Cuadro 11 se muestra la resistividad propia de algunos materiales.

Cuadro 11. Coeficiente de proporcionalidad o la resistividad de algunos materiales.

Material	Símbolo	ρ [Ω .mm ² /m]
Cobre	Cu	0,017
Aluminio	Al	0,028
Hierro	Fe	0,13
Estaño	Sn	0,12
Cinc	Zn	0,06
Ferroníquel	Fe-Ni	0,08
Nicrón	Ni-Cr	1

La resistencia de un material depende directamente de la resistividad del material, además es directamente proporcional a su longitud (aumenta conforme es mayor su longitud) y es inversamente proporcional a su sección transversal (disminuye conforme aumenta su grosor o sección transversal).

3.2.2 Dispositivos usados para apagar las cargas eléctricas de uso residencial.




Para apagar los artefactos de uso doméstico es muy común los siguientes dispositivos que se describen a continuación.

3.2.2.1 Interruptor. Dispositivo que funciona de forma mecánica permitiendo desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica, en el momento de accionarlo pasa de un estado de abierto a cerrado o viceversa, manteniéndose enclavado en el último estado en el cual fue accionado, se usa en lámparas incandescentes, fluorescentes y de noche.

3.2.2.2 Pulsador. Conocidos también como interruptores momentáneos. Este tipo de interruptor requiere que el operador mantenga la presión sobre el para cambiar de estado abierto a cerrado o viceversa. Existen dos tipos de pulsadores; normalmente abiertos y normalmente cerrados, son encontrados en televisores y equipos de sonido.

3.2.2.3 Control remoto. Dispositivo electrónico emisor de señales que consta de botones para dar una orden de funcionamiento o encendido y apagado a un electrodoméstico el cual debe de constar de un receptor electrónico, es de uso común en televisores y equipos de sonido.

Cuadro 12. Dispositivos de apagado de los electrodomésticos.

Dispositivo de apagado	Interruptor	Pulsador	Control remoto
Imagen física			

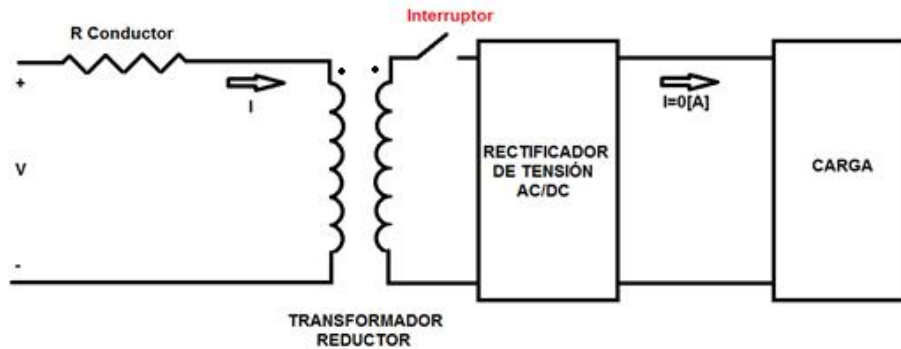
3.2.3 Modelos eléctricos para los electrodomésticos considerados cargas parásitas. Los artefactos usados en el ámbito doméstico son apagados mediante interruptores, pulsadores o de manera remota con un control dependiendo de su funcionamiento interno, ya sea porque estén compuestos principalmente de un motor, transformador, rectificador de tensión, componentes electrónicos, entre otros. Los cuales en ocasiones no son completamente desconectados porque no es interrumpido el flujo de corriente eléctrica en el electrodoméstico con su mecanismo de apagado, lo cual produce un consumo de energía indeseada e innecesaria por

los componentes eléctricos y/o electrónicos que aún siguen conectados al suministro de energía eléctrica.

A continuación se ilustrara las posibles formas de apagado de los artefactos usados comúnmente en los hogares a nivel mundial, teniendo en cuenta que los electrodomésticos que son considerados cargas eléctricas parásitas son aquellos que su funcionamiento está basado en electrónica y están compuestos básicamente de un transformador reductor de tensión, un rectificador de tensión AC/DC y la carga, para ilustrar la obstrucción del paso de corriente en el modelo se usaran interruptores.

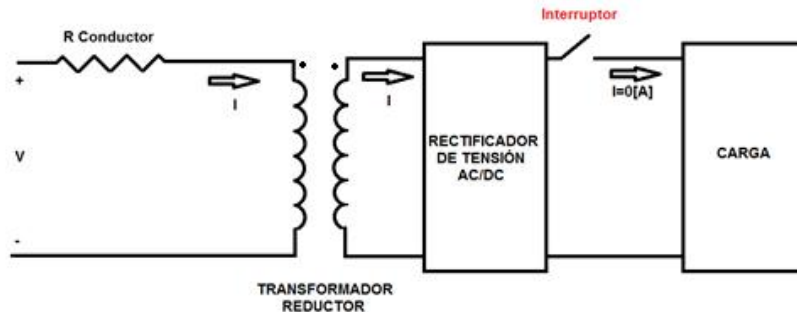
3.2.3.1 Configuración de apagado abriendo el circuito entre el devanado secundario del transformador y el rectificador de tensión. En la Figura 16. se observa el modelo del circuito eléctrico de un electrodoméstico cuando se apaga interrumpiendo el flujo de energía entre el devanado secundario del transformador y el rectificador de tensión, obstruyendo el flujo de corriente a través del rectificador y la carga, pero permitiendo el paso de corriente a través de la resistencia eléctrica propia del conductor conformado por el alambre que alimenta la toma corriente y el cable dúplex que se encuentra desde la clavija hasta el devanado primario del transformador reductor, ocasionando cierto consumo de energía eléctrica innecesaria e indeseada debido a la caída de tensión de la resistencia del conductor, las pérdidas resistivas del devanado primario y la pérdidas magnéticas del núcleo del transformador por estar conectado en vacío.

Figura 16. Modelo eléctrico de apagado entre el transformador y el rectificador de un electrodoméstico



3.2.3.2 Configuración de apagado abriendo el circuito entre el rectificador de tensión y la carga. En la Figura 17. se muestra el modelo eléctrico de un artefacto de uso doméstico cuando se apaga por medio de un pulsador o manera remota con un control interrumpiendo el flujo de energía entre el rectificador de tensión y la carga, evitando el flujo de corriente a través de la carga, pero permitiendo el paso de corriente a través de la resistencia eléctrica propia del conductor, el transformador reductor y los componentes electrónicos que componen el rectificador de tensión AC/DC, ocasionando cierto consumo de energía eléctrica innecesaria e indeseada en cada uno de ellos por seguir conectados al suministro de energía eléctrica.

Figura 17. Modelo eléctrico de apagado entre el rectificador y la carga de un electrodoméstico.



3.2.4 Clasificación de las cargas parásitas según su uso. En el ámbito doméstico se encuentran electrodomésticos que cumplen diversas funciones según la aplicación en la que son usados los cuales tienen características físicas diferentes en cuanto a tamaño y lugar de uso, lo cual influye en si permanecen conectados a la red eléctrica de forma permanente o esporádica.

A continuación se clasificaran las cargas eléctricas consideradas parásitas según su uso en el sector residencial.

3.2.4.1 Cargas eléctricas parásitas de conexión permanente a la red eléctrica.

Electrodomésticos como el televisor, equipo de sonido, computador de escritorio, entre otros, son considerados cargas parásitas de conexión permanente a la red eléctrica porque muy rara vez son desconectados de la toma corriente, ya tienen un lugar y función determinada dentro del hogar, además en su mayoría son de un tamaño y peso considerable lo cual no facilita con frecuencia su movilidad a diferentes partes de la residencia, ocasionando cierto consumo de energía eléctrica indeseada e innecesaria predecible al momento de ser apagado el dispositivo ya que siempre se encuentre conectado al suministro de energía eléctrica. En el

Cuadro 13 muestra las cargas eléctricas parásitas que comúnmente permanecen conectadas de manera fija en la red eléctrica ya que por lo general no son desconectadas nunca.

Cuadro 13. Cargas eléctricas parásitas de conexión permanente a la red.

Aplicación	Cargas eléctricas parásitas de conexión permanente a la red	
Cocina	Horno Microondas	
Limpieza	Lavadora	
Entretenimiento	Televisor	
	Caja decodificadora de Televisión	
	Equipo de sonido	
	Teatro en Casa	
	DVD	
	Consola Video Juegos	
	Estabilizador	
	Computador de escritorio	CPU
		Monitor
		Impresora
Impresora multifuncional		

3.2.4.2 Cargas eléctricas parásitas de conexión esporádica a la red eléctrica.

Los electrodomésticos de uso portátil como celulares, computadores portátiles (Laptop), Tablet, reproductores MP3, reproductores MP4, entre otros, requieren de cargadores los cuales son conectados cuando es necesario recargar la batería del artefacto de manera esporádica en el lugar de la residencia donde se esté usando, no permaneciendo conectados de forma fija en un toma corriente del domicilio ya que estos dispositivos cuentan con características como un pequeño tamaño y diseños apropiados para ser utilizados donde sea deseado, cabe aclarar que en ciertos hogares estos cargadores permanecen conectados a la red eléctrica de forma permanente. En el Cuadro 14 se observan las cargas eléctricas parásitas de uso doméstico que son conectadas frecuentemente de forma esporádica a la red eléctrica.

Cuadro 14. Cargas eléctricas parásitas de conexión esporádica a la red.

Aplicación	Cargas eléctricas parásitas de conexión esporádica a la red
Entretenimiento	Cargador de Laptop
	Cargador de Celular
	Cargador de Tablet
	Cargador de MP3
	Cargador de video juego portátil

3.3 ELECTRODOMÉSTICOS NO CONSIDERADOS CARGAS PARÁSITAS EN EL SECTOR RESIDENCIAL

Es de gran importancia especificar y aclarar porque ciertos electrodomésticos de uso doméstico no son considerados cargas eléctricas parásitas, ya que anteriormente se ha hablado que las características principales de este tipo de cargas son que permanecen conectadas a la red eléctrica cuando no se encuentra en uso y su funcionamiento este basado en la utilización de transformadores reductores y componentes electrónicos de los rectificadores de tensión AC/DC, y si se observa casi todos los electrodomésticos tienen estas características en común.

Electrodomésticos como la nevera, módems emisores de la señal de Wi-Fi, entre otros, podrían ser erróneamente llamados cargas eléctricas parásitas partiendo del hecho que nunca son desconectados de la toma corriente y además su funcionamiento utiliza transformadores y dispositivos electrónicos. Estos dos electrodomésticos no entran en esa clasificación ya que ellos están cumpliendo siempre con su función principal y el consumo de energía que demandan en su momento es necesaria la cual en el caso de la nevera es mantener en su interior una temperatura adecuada, y por parte del modem es emitir la señal de Wi-Fi al dispositivo móvil o portátil que lo requiera.

Artefactos de uso doméstico que continúan conectados al suministro de energía eléctrica aun después de ser apagados como la licuadora, batidoras, lámpara de noche, entre otros, constan de un interruptor el cual desenergiza todos los componentes eléctricos o/y electrónicos abriendo el circuito eléctrico interno del dispositivo por completo evitando que haya un flujo de energía por el mismo y da la plena seguridad de que no hay ningún consumo de energía eléctrica por parte del electrodoméstico cuando está apagado y aún se encuentra conectado a la toma corriente.

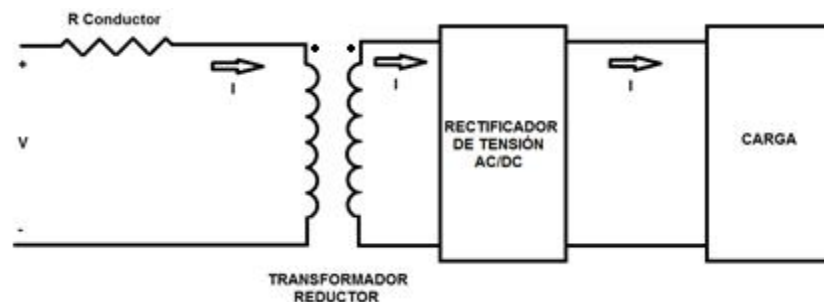
En el Cuadro 15 se muestran los electrodomésticos no considerados cargas parásitas ya que cuando están conectadas se encuentran realizando su función principal o porque constan de un interruptor para apagarlas el cual garantiza que no hay un consumo de energía porque abre el circuito eléctrico de alimentación del mismo.

Cuadro 15. Electrodomésticos no considerados cargas parásitas en el sector residencial.

Aplicación	Cargas eléctricas No parásitas de uso doméstico
Iluminación	Lámpara incandescente
	Lámpara fluorescente
	Lámpara de noche
Climatización	Ducha eléctrica
	Ventilador
Cocina	Licuadora
	Nevera
	Purificador de agua
	Extractor de jugo de naranja
	Sandwichera
	Batidor
Limpieza	Secadora de cabello
	Plancha para el cabello
	Plancha
	Aspiradora
Entretenimiento	Teléfono inalámbrico
	Router Wi-Fi
	Radio despertador

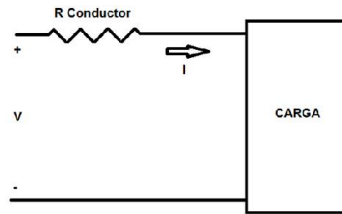
3.3.1 Modelos eléctricos de los electrodomésticos no considerados cargas parásitas. En la Figura 18 se observa un modelo eléctrico común en los electrodomésticos de uso residencial el cual su funcionamiento es basado en electrónica como un televisor, equipo de sonido entre otros. En la imagen se ilustra el flujo de corriente a través de cada dispositivo que lo conforma cuando se encuentra en modo encendido (ON), justificando el consumo de energía eléctrica demandada por el artefacto y no es considerado como carga eléctrica parásita porque se encuentra realizando su función principal.

Figura 18. Modelo eléctrico de un electrodoméstico en encendido (modo ON) de funcionamiento electrónico.



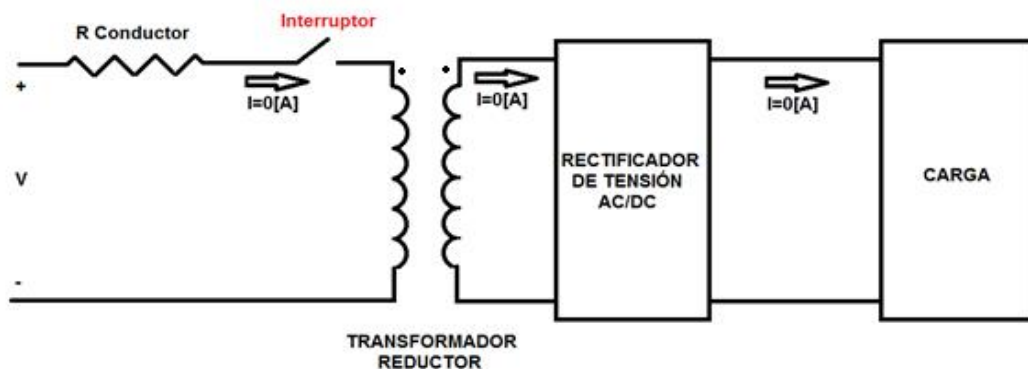
En la actualidad aún se encuentran algunos artefactos de uso residencial que su funcionamiento no está basado en electrónica como la licuadora, lámpara de noche, entre otros, los cuales no cuentan con dispositivos electrónicos y por lo tanto no requieren del uso de transformadores y rectificadores para poder funcionar como se muestra en la Figura 19.

Figura 19. Modelo eléctrico de un electrodoméstico en encendido (modo ON).



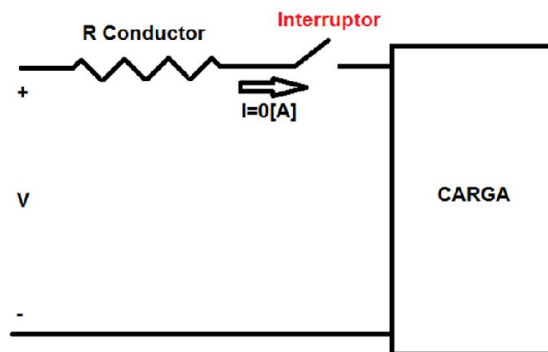
En la Figura 20 se ilustra el modelo eléctrico de un electrodoméstico que basa su funcionamiento en electrónica que tiene un mecanismo de apagado el cual interrumpe el flujo de corriente eléctrica por completo desde el devanado primario del transformador impidiendo que haya un consumo de energía innecesaria e indeseada por parte de alguno de los componentes eléctricos y electrónicos que conforman el artefacto de usos doméstico. Este tipo de apagado es usado por general por los electrodomésticos que se apagan por medio de un interruptor como el caso de una lámpara fluorescente. Los dispositivos que funcionan con este tipo de apagado no son considerados cargas eléctricas parásitas.

Figura 20. Modelo eléctrico de apagado en el devanado primario del transformador de un electrodoméstico.



Artefactos de uso residencial que su funcionamiento está basado en un motor como la licuadora, batidora, entre otros, los cuales no cuentan con dispositivos electrónicos y por lo tanto no requieren del uso de transformadores y rectificadores de tensión para poder funcionar, tienen interruptores o perillas para variar la velocidad del motor cambiando los devanados de los que están compuesto y a la hora de apagarlos interrumpen el flujo de energía eléctrica por completo impidiendo que haya un consumo de energía por parte de los dispositivos que lo conforman como lo muestra la Figura 21, este tipo de apagado es muy común también en los bombillos incandescentes y lámparas de noche.

Figura 21. Modelo eléctrico de apagado de un artefacto de uso doméstico mediante un interruptor.



4. CARACTERIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS DE LAS CARGAS PARÁSITAS RESIDENCIALES

Para caracterizar las formas de onda de los parámetros requeridos en las cargas parásitas residenciales fue necesario realizar diferentes pruebas con varios dispositivos y conocer a fondo sus especificaciones para elegir uno de ellos; el cual tuviese la versatilidad y la capacidad de obtener datos con gran precisión, y también conocer los métodos para realizar mediciones según lo establecido en la norma IEC 61000-4-30 y tener en cuenta la incertidumbre de las medidas tomadas.

4.1 EQUIPOS UTILIZADOS PARA TOMAR MEDIDAS

Para la medición de los parámetros deseados se realizaron pruebas con diferentes dispositivos, como lo fue un medidor de corriente indirecta, un contador capaz de medir corriente, tensión y parámetros de potencia a nivel residencial diseñado en la Universidad Industrial de Santander que se encuentra en pruebas, un analizador de red Dranetz Power Visa y un analizador trifásico de calidad y energía eléctrica Fluke 435-II, tomando este último, como el dispositivo elegido para realizar las medidas durante este proyecto por su versatilidad y precisión al momento de obtener los valores deseados. A continuación se muestran las características del medidor y el método utilizado para realizar las medidas.

4.1.1 Características del analizador trifásico de calidad eléctrica y energía eléctrica Fluke 435 Serie II. Las medidas requeridas para este proyecto se realizaron con un Fluke 435 II (Figura 22), este es un dispositivo de medida de calidad eléctrica y energía de alta precisión, la medición de los parámetros de

potencia están basados en el estándar IEEE1459-2000²⁶, con él se realizaron medidas de tensión, corriente, distorsión armónica en corriente y tensión ya que cuenta con la capacidad de registrar armónicos e interarmónicos hasta del 50^o²⁷, parámetros de potencia relevantes como lo es la potencia activa, la potencia reactiva, la potencia aparente, potencia de armónicos, potencia de desequilibrio, potencia real fundamental, potencia aparente fundamental y factor de potencia.

Figura 22. Analizador de la energía y de la calidad eléctrica 435 serie II Fluke.



Fuente: Fluke²⁸.

En el Anexo B se muestran las especificaciones técnicas del analizador de redes Fluke 435 dadas por el fabricante.

Al tener conocimiento de los valores esperados fue necesario agregar un accesorio al analizador Fluke 435, esta es una pinza que nos permite obtener una mayor

²⁶ IEEE Std 1459-2000

²⁷ Manual de Uso Fluke 434-II/435 II/437-II

²⁸ Fluke [en línea] <http://www.fluke.com/fluke/coes/Medidores-de-Calidad-de-la-Energia-Electrica/Logging-Power-Meters/Fluke-435-Series-II.htm?PID=73939> [citado en septiembre de 2014].

precisión en los datos medidos, a continuación se muestran las características de este accesorio.

- **Pinza i5sPQ3 accesorio Fluke 435.**

Estas pinzas i5sPQ3²⁹ (Figura 23) son un accesorio del analizador Fluke 435 y están configuradas especialmente para proporcionar una alta precisión en medidas de baja corriente, esta pinza cuenta con las especificaciones mostradas en el Anexo C.

Figura 23. Pinzas i5sPQ3.



Fuente: Fluke³⁰.

4.2 PROCESO DE MEDICIÓN DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS

Al momento de realizar una medición eléctrica es necesario conocer los parámetros a medir y su respectiva incidencia para realizar su análisis. En el desarrollo de este proyecto se tuvo en cuenta los siguientes: Valores eficaces de corriente y tensión, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia, distorsiones armónicas de

²⁹ PINZAS i5sPQ3 para FLUKE 435 SERIE II (pinzas amperimétricas CA de 5 A)

³⁰Fluke [en línea] <http://www.fluke.com/fluke/coes/Accesorios/Sondas-Amperimetricas/i5sPQ3.htm?PID=56310> [citado en septiembre de 2014].

tensión y corriente. Siendo la potencia activa y la potencia no activa (reactiva y de distorsión), los parámetros más relevantes en esta investigación.

En un proceso de medición es necesario tener en cuenta las diferentes definiciones de cada uno de los parámetros a evaluar. En el Anexo D se encuentran las definiciones de corriente, tensión, potencia activa, reactiva, aparente, factor de potencia, distorsión armónica total.

Las medidas realizadas están basadas en la norma IEC 61000-4-30, esta norma define los métodos para desarrollar mediciones e interpretación de los resultados de los parámetros de calidad de energía para los sistemas de 60 y 50 Hz, la norma se muestra en el Anexo E.

El diseño del proceso de medición se realizó considerando que los parámetros estimados requerían una incertidumbre Clase B de acuerdo con la norma IEC 61000-4-30; sin embargo, las medidas fueron realizadas con dispositivos de gran precisión y con un bajo grado de incertidumbre. Se realizaron cinco medidas de cada parámetro bajo las mismas condiciones, en intervalos de 2 minutos.

4.2.1 Toma de muestras. Muestreo es el proceso por el cual se obtiene información de un subconjunto (muestra) definido a partir de un grupo más grande (población o universo). Con esta información de mercados el usuario toma los resultados de la muestra y realiza estimaciones con respecto a las características del universo. En el Anexo F se describe el desarrollo del plan de muestreo que se ejecutó para el proyecto.

Según la formulación, el tamaño de la muestra para el estudio es de 56 electrodomésticos a medir y analizar con un nivel de confianza de 85% con un error muestral del 9,6%. Dicha cantidad se distribuye por conveniencia entre los electrodomésticos enlistados, teniendo en cuenta el grado de acceso al que se tiene a cada tipo de electrodomésticos medido.

A continuación se muestra en la Cuadro 16 los dispositivos que fueron medidos y denominados como cargas parásitas con sus respectivos datos de placa.

Cuadro 16. Datos de placa de cada uno de los electrodomésticos medidos.

Datos de placa de las cargas eléctricas parasitas en el sector residencial						
Cocina						
Electrodoméstico	Ref.	Modelo	V[V]	I[A]	P[W]	f[Hz]
Horno Microondas	1	Haceb - ARHM07DXINUX	120		1050	60
	2	LG - MS0745V	129	9		60
	3	Electrolux - EMX171D1PW	120		1050	60
Limpieza						
Electrodoméstico	Ref.	Modelo	V[V]	I[A]	P[W]	f[Hz]
Lavadora	4	LG - WF - T6605TP	120		340	60
	5	Centrales - DCA264PLE	127	7		60
	6	LG - WFS6605TPZ	120		460	60
Entretenimiento						
Electrodoméstico	Ref.	Modelo	V[V]	I[A]	P[W]	f[Hz]
Televisor	7	LG 42LK450	100-240	1.8		50-60
	8	LG 32PC5RVH	100-240		190	50-60
	9	Samsung Smart TV- UN32D5500	100-240		80	60
	10	Samsung UN32F5000	100-240		75	50-60
	11	Panasonic Viera - L42E3M	110-127		127	60
	12	SONY - Trinitron 21"	120		100	60
	13	Daewoo - 20P2SS	110		65	50-60
	14	Sankey - CT1590R	100-240		66	50-60
Caja decodificadora de televisión	15	Claro - COSHIPN5266C	100-240		6	50-60
	16	Direct TV - EPS12W0	100-240	0,5		50-60
	17	Claro - HUAWEI DC211	100-240	0,3		50-60
Equipo de sonido	18	SONY	120-240		80	50-60
	19	Samsung - MMT8	120		50	60
	20	AIWA - Z650	110-240		60	50-60
	21	AIWA - NSXSZ80	120-240		245	50-60
	22	AIWA - CXNS55lh	120-220		125	50-60
Teatro en Casa	23	Samsung - HTE353	110-240		35,8	50-60
DVD	24	SONY - DVPNS53P	110-240		9	50-60
	25	Samsung - P250K	110-240		10	50-60
Porta retratos digital	26	Nortek - FKS308HSC	100-240	0,5		50-60

Cuadro 16. (Continuación)

Datos de placa de las cargas eléctricas parasitas en el sector residencial						
Cocina						
Electrodoméstico	Ref.	Modelo	V[V]	I[A]	P[W]	f[Hz]
Cargador de Laptop	27	ACER-Chrome - Q1VZC	110-240	1,2		50-60
	28	Chrome - PA115022GO	100-240	0,6		50-60
	29	Samsung - A10090p1A	100-240	1,5		50-60
	30	HP - NSW24187	100-240	1,6		50-60
	31	DELL - LA130PM121	100-240	2,5		50-60
Cargador de Celular	32	Samsung ACE - ETAOU10JBS	100-240	0,15		50-60
	33	Motorola G - MOTC0063ADUMX	100-240	0,2		50-60
	34	Samsung EUROPA - ETAOU10UBE	100-240	0,15		50-60
	35	Samsung - ATADS30JBS	100-240	0,15		50-60
Cargador de Tablet	36	Samsung - ETAOU61JWE	100-240	0,15		50-60
	37	Touch+ SW0983	100-240	0,7		50,6
	38	Woo - HT001-050200	100-240			50-60
Cargador de MP3	39	Ipod - A1265	100-240	0,15		50-60
Video Juegos	40	Xbox One	100-127	4,91		50-60
	41	Nintendo Wii - AC Adapter	120		53	60
	42	PS4	100-240	1,15-2,5	250	50-60
Video Juego portátil	43	PSP Adapter - 100	100-240	0,3		50-60
Estabilizador	44	Artelectro de 1000W	90-135		1000	
Grabadora	45	SONY - CFD 5200	120		20	60
	46	SONY - CFS 200	120		10	60
VHS	47	LG - C240M	100-240		19	50-60
PC Integrado	48	Mac Pro Apple				
Computador de escritorio						
Electrodoméstico	Ref.	Modelo	V[V]	I[A]	P[W]	f[Hz]
CPU	49	Intel Core i7				
	50	Pentium 4				
Monitor	51	Samsung LED - AD3014N	100-240	0,7		50-60
	52	Samsung LED - 743NX	100-240	0,7		50-60
Impresora	53	HP office jet pro K860	100-240	1,8		50-60
Impresora multifuncional	54	HP - office jet 7610	100-240	0,9		50-60
	55	EPSON L210	100-240	0,5		50-60
	56	EPSON - TX220	100-240	0,7		50-60

El Cuadro 17 muestra un ejemplo de cómo fue realizado el proceso de medida con el analizador de redes Fluke 435 serie II, en Anexo digital llamado 1.Fotos_medidas, se encuentra el soporte fotográfico de los instrumentos usados en el proceso de medición. Se realizaron 5 medidas de cada uno de los parámetros, con un tiempo de dos minutos entre cada muestra y luego se obtuvo el promedio de cada uno de

ellos, como se muestra a continuación datos de tensión de un televisor. En el Anexo digital llamado 1.Incertidumbre.xlsx se encuentra el detalle de estas medidas.

Cuadro 17 Medidas realizadas con el analizador de redes Fluke 435 serie II.

Electrodoméstico	# Medida	V[V]
LG 42LK450 42'	I	126,610
	II	126,460
	III	126,430
	IV	126,650
	V	126,670
	Promedio	126,564

A continuación en el Cuadro 18 se muestran los valores obtenidos de cada uno de los parámetros, después de obtener su promedio con 5 medidas

Cuadro 18. Valores promedio de cada uno de los parámetros medidos.

Datos de mediciones de los parámetros eléctricos de las cargas parásitas											
Cocina											
Electrodoméstico	Ref.	V[V]	I[A]	P[W]	S[VA]	Q[VAr]	FP	THDV %	THDI %	THDI 3er %	THDI 5o %
Horno Microondas	1	124,70	0,019	1,4	2,4	1,7	0,61	2,7	35,2	32,3	14,1
	2	124,97	0,027	2,2	3,2	1,9	0,67	3,2	50,9	31,5	12,2
	3	125,91	0,021	1,4	2,6	1,9	0,55	2,2	40,0	37,9	10,1
Limpieza											
Electrodoméstico	Ref.	V[V]	I[A]	P[W]	S[VA]	Q[VAr]	FP	THDV %	THDI %	THDI 3er %	THDI 5o %
Lavadora	4	131,25	0,025	1,5	3,3	2,7	0,44	3,3	40,3	36,5	15,7
	5	126,41	0,025	1,0	3,2	2,6	0,31	3,1	72,6	35,2	18,8
	6	122,56	0,018	1,3	2,2	1,6	0,58	3,4	40,6	33,8	21,3
Entretenimiento											
Electrodoméstico	Ref.	V[V]	I[A]	P[W]	S[VA]	Q[VAr]	FP	THDV %	THDI %	THDI 3er %	THDI 5o %
Televisor	7	126,56	0,023	0,1	2,9	2,8	0,05	2,3	21,5	6,8	14,5
	8	125,11	0,070	0,6	8,8	8,5	0,07	3,2	25,9	8,6	16,4
	9	124,27	0,023	0,1	2,8	2,7	0,06	3,1	25,3	7,2	14,0
	10	129,38	0,034	0,1	4,3	4,2	0,02	2,4	19,8	5,5	12,9
	11	121,80	0,024	0,2	2,7	2,4	0,09	3,1	43,5	18,2	23,6
	12	127,15	0,090	4,4	11,2	2,3	0,40	3,6	197,3	87,0	85,2
	13	126,02	0,040	2,3	5,1	0,2	0,46	3,8	96,6	96,6	94,3
	14	126,36	0,098	7,5	12,3	0,7	0,61	3,9	124,8	85,1	70,2

Cuadro 18. (Continuación)

Datos de mediciones de los parámetros eléctricos de las cargas parásitas											
Entretenimiento											
Electrodoméstico	Ref.	V[V]	I[A]	P[W]	S[VA]	Q[VA _r]	FP	THDV %	THDI %	THDI 3er %	THDI 5o %
Caja decodificadora de televisión	15	130,73	0,078	5,6	10,2	1,6	0,55	2,7	133,1	87,1	68,2
	16	131,49	0,057	3,7	7,4	0,9	0,49	2,4	167,5	92,1	84,2
	17	126,06	0,048	3,7	6,1	0,6	0,61	2,4	122,3	86,8	66,6
Equipo de sonido	18	125,76	0,230	16,2	29,3	4,5	0,55	3,2	137,0	87,8	74,2
	19	131,36	0,068	4,6	8,9	1,1	0,54	3,2	151,4	89,3	74,6
	20	125,90	0,127	11,9	16,0	6,5	0,75	2,3	61,2	40,7	34,0
	21	121,66	0,398	35,1	48,4	26,5	0,72	3,2	45,1	29,6	26,8
	22	125,78	0,179	17,2	22,7	13,2	0,76	3,7	29,2	20,5	16,9
Teatro en Casa	23	127,43	0,035	0,3	4,5	4,3	0,08	3,2	33,3	10,3	21,6
DVD	24	125,62	0,060	0,1	0,8	0,8	0,12	3,3	33,2	11,4	19,4
	25	131,28	0,017	0,8	2,2	1,1	0,37	2,8	90,4	52,6	54,4
Porta retratos digital	26	125,15	0,010	0,5	1,3	0,7	0,40	3,8	112,4	55,8	51,9
Cargador de Laptop	27	126,31	0,011	0,1	1,4	1,3	0,04	2,4	22,6	6,4	14,4
	28	126,09	0,001	0,1	0,2	0,2	0,50	2,8	206,7	67,6	67,7
	29	124,27	0,015	0,1	1,9	1,8	0,08	2,9	30,2	12,1	17,7
	30	126,95	0,021	0,1	2,7	2,6	0,05	3,6	27,0	6,5	16,2
	31	123,75	0,018	0,4	2,2	2,0	0,15	3,4	33,3	16,1	10,6
Cargador de Celular	32	125,98	0,002	0,1	0,2	0,1	0,34	2,5	214,0	81,6	82,7
	33	126,47	0,002	0,1	0,3	0,2	0,33	3,5	85,7	31,2	41,9
	34	127,09	0,002	0,1	0,3	0,2	0,33	3,2	100,1	38,8	47,8
	35	125,04	0,003	0,2	0,4	0,2	0,50	3,1	145,5	63,3	68,9
Cargador de Tablet	36	125,45	0,005	0,0	0,1	0,1	0,16	2,5	39,9	12,4	19,8
	37	127,07	0,002	0,1	0,2	0,1	0,47	3,5	139,2	69,3	74,2
	38	122,71	0,003	0,1	0,3	0,2	0,33	3,5	118,3	47,2	55,5
Cargador de MP3	39	122,79	0,002	0,1	0,2	0,2	0,50	3,5	75,8	22,3	31,0
Video Juegos	40	126,13	0,036	1,1	4,5	3,3	0,23	2,3	81,4	32,3	33,3
	41	126,99	0,025	1,4	3,3	1,2	0,42	3,9	148,9	73,2	80,7
	42	127,50	0,071	0,1	9,1	8,7	0,05	3,8	24,8	3,7	19,9
Video Juego portátil	43	122,65	0,006	0,1	0,8	0,7	0,12	3,4	43,6	12,4	24,7
Estabilizador	44	125,77	0,004	0,5	0,5	0,1	0,90	3,2	5,8	2,0	3,4
Grabadora	45	122,13	0,034	1,0	4,1	3,7	0,24	3,2	41,1	39,6	9,6
	46	121,77	0,022	1,2	2,7	2,2	0,45	3,2	34,8	33,4	8,8
VHS	47	122,55	0,042	2,4	5,1	0,8	0,48	3,2	169,5	89,6	83,2
PC Integrado	48	125,08	0,047	0,8	5,7	3,2	0,13	2,8	71,7	31,8	16,7
Computador de escritorio											
Electrodoméstico	Ref.	V[V]	I[A]	P[W]	S[VA]	Q[VA _r]	FP	THDV %	THDI %	THDI 3er %	THDI 5o %
CPU	49	125,29	0,067	4,0	8,4	0,2	0,49	3,1	181,8	95,1	86,7
	50	132,58	0,052	3,1	7,0	0,2	0,44	2,3	202,6	96,2	91,1
Monitor	51	125,94	0,012	0,2	1,6	1,5	0,09	3,1	34,6	11,1	19,7
	52	132,39	0,027	0,4	3,6	3,3	0,11	2,3	37,2	13,5	18,8
Impresora	53	124,89	0,023	0,4	2,9	2,6	0,14	2,7	44,2	17,4	24,4
Impresora multifuncional	54	125,704	0,0166	0,3	2,24	1,96	0,134	2,64	52,62	16,8	25,52
	55	124,97	0,006	0,1	0,8	0,7	0,07	3,1	33,0	11,0	17,8
	56	126,47	0,043	2,3	5,4	0,6	0,42	3,5	26,2	6,3	16,5

4.2.2 Evaluación de la incertidumbre en la medición. La evaluación y expresión de la incertidumbre de las medidas realizadas están basadas en el documento “evaluación de datos de medición - Guía para la expresión de la incertidumbre de medida”³¹, y el proceso llevado a cabo se encuentra en el Anexo digital llamado 2.Incertimbre.xlsx.

A continuación se muestra en el cuadro 19 un ejemplo del cálculo de la incertidumbre para un electrodoméstico.

Cuadro 19. Ejemplo del cálculo de incertidumbre.

Electrodoméstico	# Medida	V[V]
Sony	I	125,84
	II	125,73
	III	125,77
	IV	125,72
	V	125,74
	Promedio	125,76
	Desviación	0,05
	Tipo A	0,02
	Tipo B exactitud	0,80
	Tipo B resolución	0,29
	Tipo B	0,85
	Incertidumbre Combinada	0,85
	Grados de libertad	128,03
	K 95,45%	2,00
	Incertidumbre Expandida	1,69
	Promedio	125,76
	±	1,69

En el Anexo G se encuentran los valores promedios con su respectiva incertidumbre de cada uno de los parámetros medidos en este trabajo de grado.

³¹ Evaluación de datos de medición Guía para la expresión de la incertidumbre de medida 2008 (3ª edición en España 2009)

5. INCIDENCIA DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS MEDIDOS EN LAS CARGAS PARÁSITAS EN EL SECTOR RESIDENCIAL

En el desarrollo de este proyecto fue necesario medir los parámetros eléctricos de las cargas consideradas parásitas, para analizar la incidencia que tienen en el consumo de energía y la calidad del suministro energético en el sector residencial. Las variables eléctricas medidas para caracterizar este tipo de cargas fueron: Valores eficaces de tensión y corriente, potencia aparente, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia (FP), distorsión armónica de tensión (THDV) y distorsión armónica de corriente (TDHI).

El parámetro eléctrico de frecuencia del sistema no fue cuantificado ya que siempre se mantuvo en los márgenes permitidos por el código de operación los cuales son entre 59.8 [Hz] y 60.2 [Hz], teniendo en cuenta que el valor nominal de la frecuencia del Sistema Interconectado Nacional (SIN) colombiano es de 60.00 [Hz]³².

A continuación se mostrará la incidencia de cada uno de los parámetros eléctricos medidos en las cargas parásitas en el sector residencial, se observará en cuadros los resultados obtenidos en las medidas, clasificándolos según la variable eléctrica y ordenándolas de mayor a menor valor en magnitud de medida. Solo se mostraran las primeras diez cargas que presentaron mayor magnitud en la medida, los cuadros completos se encuentran al final del documento en el Anexo H.

³² Comisión de Regulación de Energía y Gas. Ministerio de Minas y Energía. República de Colombia. Resolución 025 de 1992. p. 30.

5.1 TENSIÓN ELÉCTRICA

Las medias a las cargas parásitas fueron realizadas en el área metropolitana de Bucaramanga y la empresa suministradora de energía eléctrica en la localidad es La Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. la cual tiene estipulado ciertos rangos de valores de tensión en sus normas para cálculo y diseño de sistemas de distribución. En el Cuadro 20 se muestran los niveles de tensión aplicables a sistemas de distribución y a la utilización de energía de corriente alterna, con frecuencia a 60 [Hz] y tensión nominal superior a 100 [V]³³.

Cuadro 20. Niveles de tensión de diseño de la ESSA E.S.P.

Clasificación (Nivel)	Nivel de tensión	Tensión nominal (V)		Tensión Máxima (% de la nominal)	Tensión Mínima (% de la nominal)
		Sistemas trifásicos de 3 o 4 conductores	Sistemas monofásicos de 2 o 3 conductores		
Baja tensión (nivel 1)	Menor o igual a: 1000 V	-	120	+ 5	- 10
		120 / 208	-		
		-	120 / 240		
		127 / 220	-		
		220	-		
Media tensión (niveles 2 y 3)	Mayor a: 1000 V y menor a: 57,5 kV	254 / 440	-		
		4,16 ¹⁾	-		
		6,3 ¹⁾	-		
		11,4 ¹⁾	-		
		13,2	-		
34,5	-				

Fuente: Normas para cálculo y diseño de sistemas de distribución - ESSA E.S.P³⁴.

Los valores de tensión obtenidos en los lugares donde fueron tomadas las medidas de las cargas parásitas especificadas en el Cuadro 21 cumplen con los rangos de tensión máximo y mínimo mostrados en el Cuadro 20 teniendo en cuenta que son

³³ Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. Proceso gestión expansión del sistema. Normas para cálculo y diseño de sistemas de distribución. p. 11.

³⁴ Ibid., p. 11.

residencias alimentadas con sistemas trifásicos de cuatro conductores (tres fases y un neutro) del cual se deriva una tensiones de 127 [V] a cada hogar.

Las cargas eléctricas parásitas no influyen en elevar o disminuir la de tensión del sistema ya que este solo depende del transformador de distribución el cual se encuentra suministrando energía eléctrica a la residencia. Los lugares donde se presentaron altos niveles de tensión pudieron influir teóricamente en elevar la corriente eléctrica, debido a que si se alimenta con más tensión una carga se puede obtener más corriente suponiendo que la impedancia propia de la carga parásita permanezca constante en el tiempo.

Cuadro 21. Medidas de tensión de mayor magnitud obtenidas en las carga eléctrica parásita.

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	V[V]
CPU	50	Pentium 4	132,58
Monitor	52	Samsung LED - 743NX	132,39
Caja decodificadora de televisión	16	Direct TV - EPS12W0	131,49
Equipo de sonido	19	Samsung - MMT8	131,36
DVD	25	Samsung - P250K	131,28
Lavadora	4	LG - WF - T6605TP	131,25
Caja decodificadora de televisión	15	Claro - COSHIPN5266C	130,73
Televisor	10	Samsung UN32F5000	129,38
Video Juegos	42	PS4	127,50
Teatro en Casa	23	Samsung - HTE353	127,43

5.2 CORRIENTE ELÉCTRICA

Al medir la corriente eléctrica en electrodomésticos considerados como cargas parásitas cuando se encuentra apagadas y conectadas a la red, y obtener valores diferentes a cero se comprueba que hay un consumo de energía eléctrica indeseada e innecesaria. Esta corriente influye en el consumo de potencia activa y no activa, además se puede tener ideal que entre más grande sea la corriente que consuma

el artefacto su potencia de dimensionamiento o más conocida como aparente va a ser mayor debido a que esta potencia es el producto entre la corriente y la tensión, se podría suponer que los artefactos que en el Cuadro 22 aparecen de primeros lugares por ser los que más demandan corriente serán los que mayor potencia aparente consumirán, pero no es así debido a que las medidas fueron tomadas en diferentes residencia donde se presentaban diferentes niveles de tensión como lo muestra el Cuadro 21.

En el Cuadro 22 se ordena de mayor a menor los electrodomésticos según su consumo de corriente, estas corrientes se encuentran en el orden de los mili amperes [mA] y se pueden considerar insignificantes, pero si planteamos un caso hipotético en el que un hogar tenga todos sus electrodomésticos apagados en ciertas horas del día la suma de estas corrientes podrían llegar a superar un ampere, lo cual podría generar pérdidas de energía eléctrica importantes.

Cuadro 22. Medidas de corriente de mayor magnitud obtenidas en las carga eléctrica parásita.

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	I[A]
Equipo de sonido	21	AIWA - NSXSZ80	0,398
Equipo de sonido	18	SONY	0,230
Equipo de sonido	22	AIWA - CXNS55lh	0,179
Equipo de sonido	20	AIWA - Z650	0,127
Televisor	14	Sankey - CT1590R	0,098
Televisor	12	SONY - Trinitron 21"	0,090
Caja decodificadora de televisión	15	Claro - COSHIPN5266C	0,078
Video Juegos	42	PS4	0,071
Televisor	8	LG 32PC5RVH	0,070
Equipo de sonido	19	Samsung - MMT8	0,068

5.3 POTENCIA APARENTE

Al medir la potencia aparente o de dimensionamiento consumida por los electrodomésticos considerados cargas parásitas cuando están apagados y aún se encuentran conectados a la red, se pudo comprobar que hay un consumo significativo de energía eléctrica la cual no se desea y además es innecesaria ya que el artefacto no se encuentra prestando su función principal. Si no se presentara este consumo de energía eléctrica, se podría liberar la capacidad de transporte de esta en las líneas de distribución y transmisión para una futura expansión del sector residencial.

En el Cuadro 23 se muestran las potencias aparentes requeridas por los electrodomésticos de mayor a menor incidencia.

Cuadro 23. Medidas de potencia aparente de mayor magnitud obtenidas en las cargas eléctricas parásitas.

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	S[VA]
Equipo de sonido	21	AIWA - NSXSZ80	48,4
Equipo de sonido	18	SONY	29,3
Equipo de sonido	22	AIWA - CXNS55lh	22,7
Equipo de sonido	20	AIWA - Z650	16,0
Televisor	14	Sankey - CT1590R	12,3
Televisor	12	SONY - Trinitron 21"	11,2
Caja decodificadora de televisión	15	Claro - COSHIPN5266C	10,2
Video Juegos	42	PS4	9,1
Equipo de sonido	19	Samsung - MMT8	8,9
Televisor	8	LG 32PC5RVH	8,8

5.4 POTENCIA ACTIVA

En el Cuadro 24 se muestra la potencia activa de las cargas parásitas medidas, ordenadas de mayor a menor incidencia, en Colombia las empresas comercializadoras del servicio de energía eléctrica solo cuantifican y cobran el

consumo de energía eléctrica activa al sector residencial, lo que quiere decir que los usuarios que tienen estos electrométricos conectados a la red cuando están apagados se encuentran consumiendo cierta cantidad de energía eléctrica la cual es cobrada ya que el contador de energía eléctrica instalado en las residencias no diferencian el consumo de energía eléctrica cuando el artefacto esta encendido o apagado, produciendo un costo económico adicional a los usuario ya que el dispositivo no se encuentra en uso.

En algunos de los electrodomésticos la energía eléctrica consumida es considerada alta teniendo en cuenta que están apagados, y en otros se podrá decir que este consumo de energía es despreciable ya que su medida está en el orden de los mili watt [mW], pero se debe considerar que por más pequeño que sea el consumo de energía eléctrica, la mayoría del tiempo en el día estos artefactos se encuentran conectados a la red eléctrica apagados, lo que va acumulando consumo de energía eléctrica a lo largo del mes.

Cuadro 24. Medidas de potencia activa de mayor magnitud obtenidas en las carga eléctrica parásita.

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	P[W]
Equipo de sonido	21	AIWA - NSXSZ80	35,1
Equipo de sonido	22	AIWA - CXNS55lh	17,2
Equipo de sonido	18	SONY	16,2
Equipo de sonido	20	AIWA - Z650	11,9
Televisor	14	Sankey - CT1590R	7,5
Caja decodificadora de televisión	15	Claro - COSHIPN5266C	5,6
Equipo de sonido	19	Samsung - MMT8	4,6
Televisor	12	SONY - Trinitron 21"	4,4
CPU	49	Intel Core i7	4,0
Caja decodificadora de televisión	16	Direct TV - EPS12W0	3,7

5.5 POTENCIA NO ACTIVA

La mayoría de artefactos de uso residencial basan su tecnología en electrónica la cual necesita niveles de tensión mucho más bajos que los que proporciona la empresa comercializadora de energía eléctrica, por lo tanto estos dispositivos cuentan con transformadores los cuales requieren potencia reactiva debido a que su principio de funcionamiento incluye las bobinas y corrientes de magnetización la cual es requerida para generar flujo en el núcleo del transformador, así el artefacto se encuentre apagado el transformador sigue conectado y requiriendo este tipo de energía.

Muchos de los electrodomésticos encontrados en los hogares son modelados como cargas no lineales cuya principal característica consiste en que la señal de corriente no tiene la misma forma de onda de la señal de tensión, de la cual se está alimentando, lo que lleva a generar armónicos y requieren lo que Budeanu denomino como potencia de distorsión, atribuida a la distorsión de la forma de ondas de las señales de corriente y tensión.

Aunque este tipo de potencia reactiva y armónica no es cuantificada y cobrada a los usuarios del sector residencial, si lleva a que la potencia de dimensionamiento sea más grande produciendo que la corriente se eleve en los conductores y haya más pérdidas en el sistema.

Entre mayor sea la necesidad de potencia no activa, se requerirá una mayor generación de energía eléctrica y conductores de mayor calibre para su distribución, haciendo que los costos de producción, distribución y consumo sean más altos.

En 1931, Fryze para poder definir la potencia reactiva en el dominio del tiempo, partió con la descomposición de la corriente instantánea en dos componentes ortogonales a las que llamo corriente activa y corriente no activa dada por las siguientes expresiones:

$$i_a(t) = \sqrt{2} * (I * \cos\theta) * \text{sen}(wt) \quad (7)$$

$$i_q(t) = \sqrt{2} * (I * \text{sen}\theta) * \cos(wt) \quad (8)$$

Luego tomo una tensión senoidal, expresada como:

$$v(t) = \sqrt{2} * V * \text{sen}(wt) \quad (9)$$

Y con estas funciones calculó la potencia instantánea, mediante el producto de $v(t)$ por $i(t)$ dando como resultado:

$$p(t) = v(t) * i(t) = V * I * \cos\theta * (1 - \cos(2wt)) + V * I * \text{sen}\theta * (\text{sen}(2wt)) \quad (10)$$

De esta ecuación dedujo las dos potencias así:

La potencia activa como:

$$P = V * I * \cos\theta \quad (11)$$

Y la potencia no activa como:

$$Q = V * I * \text{sen}\theta \quad (12)$$

Según Fryze si se realiza el producto entre la tensión y la corriente no activa se obtiene la potencia Ficticia (F), también llamada potencia no activa o potencia reactiva total de Fryze (Q_F), la cual se puede expresar como:

$$Q_F = V * I_q = ||v(t)|| * ||i(t)|| \quad (13)$$

De acuerdo con esto la potencia reactiva de Fryze (Q_F) en circuitos con formas de ondas no senoidales es idéntica a la potencia ficticia. Sin embargo, el valor de esta potencia no proporcionó ningún dato para el diseño de compensadores con el fin de controlar la potencia reactiva, debido a que existen circuitos con cargas diferentes y con el mismo valor de potencia reactiva de Fryze. Por lo tanto replanteo su postulado, tomando una tensión y una corriente no senoidal expresadas así:

$$v(t) = \sqrt{2} * \sum_n^\infty V_n * \text{sen}(n\omega t + \alpha_n) \quad (14)$$

$$i(t) = \sqrt{2} * \sum_n^\infty I_n * \text{sen}(n\omega t + \beta_n) \quad (15)$$

Luego descompuso la corriente instantánea total $i(t)$, en dos componentes a las que denomino corriente activa $i_a(t)$ y corriente no activa $i_q(t)$ y con ellas cálculo la potencia activa P_a y la potencia no activa Q_F expresadas respectivamente:

$$P = V * I_a \quad (16)$$

$$Q_F = V * I_q \quad (17)$$

En donde la potencia no activa según Fryze debido a que cumple con el principio de ortogonalidad se puede expresar mediante la siguiente expresión:

$$Q_F = \sqrt{S^2 - P_a^2} \quad (18)$$

Donde S es la potencia de dimensionamiento o potencia aparente³⁵.

Para el cálculo de la potencia total de Fryze (Q_F) mostrada en el Cuadro 25 se tomaron los valores medidos de potencia activa (P_a) y potencia de dimensionamiento (S) usando la ecuación 18.

Cuadro 25. Potencia no activa de mayor magnitud obtenida en las cargas eléctricas parásitas.

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	QF[VA]
Equipo de sonido	21	AIWA - NSXSZ80	33,4
Equipo de sonido	18	SONY	24,5
Equipo de sonido	22	AIWA - CXNS55lh	14,8
Equipo de sonido	20	AIWA - Z650	10,7
Televisor	12	SONY - Trinitron 21"	10,3
Televisor	14	Sankey - CT1590R	9,7
Video Juegos	42	PS4	9,1
Televisor	8	LG 32PC5RVH	8,8
Caja decodificadora de televisión	15	Claro - COSHIPN5266C	8,5
Equipo de sonido	19	Samsung - MMT8	7,6

³⁵ Giovanni Oswaldo Jiménez Molano. Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación. Programa de Maestría en Ingeniería - Automatización Industrial. Universidad Nacional de Colombia. Armónicos: Cálculo de la Potencia Reactiva para la Implementación de Bancos de Condensadores en Cargas Aisladas. p. 16.

5.6 FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia para cada uno de los electrodomésticos mostrado en el Cuadro 26 nos indica que porcentaje de potencia activa respecto a la potencia de dimensionamiento está registrando los contadores instalados en las residencias, teniendo en cuenta que a mayor factor de potencia mayor es el consumo de energía eléctrica cuando el artefacto se encuentra apagado y esta energía es cobrada en la factura mensual.

Cuadro 26. Medidas de factor de potencia de mayor magnitud obtenidas en las carga eléctrica parásita.

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	FP
Estabilizador	44	Artelectro de 1000W	0,90
Equipo de sonido	22	AIWA - CXNS55lh	0,76
Equipo de sonido	20	AIWA - Z650	0,75
Equipo de sonido	21	AIWA - NSXSZ80	0,72
Horno Microondas	2	LG - MS0745V	0,67
Caja decodificadora de televisión	17	Claro - HUAWEI DC211	0,61
Horno Microondas	1	Haceb - ARHM07DXINUX	0,61
Televisor	14	Sankey - CT1590R	0,61
Lavadora	6	LG - WFS6605TPZ	0,58
Horno Microondas	3	Electrolux - EMX171D1PW	0,55

5.7 DISTORSIÓN ARMÓNICA DE TENSIÓN

Los porcentajes de distorsión armónica total de tensión (THDV) medida en cada uno de los hogares para las cargas parásitas es mostrada en el Cuadro 28 en el cual se observa que la mayor distorsión de tensión medida fue de 3,9% no sobrepasando los límites recomendado por la IEEE 519 estandarizados en el Cuadro 27 para una tensión del sistema residencial menor a 69 [kV], indicando que el suministro de tensión eléctrica por parte del operador de red se encuentra en los estándares de calidad.

Cuadro 27. Límites de distorsión de tensión recomendados por la IEEE 519.

Tensión nominal	THDV Máximo (%)
$V \leq 69\text{kV}$	5.0
$69\text{kV} < V \leq 161\text{kV}$	2.5
$V > 161\text{kV}$	1.5

Fuente: Giovanni Oswaldo Jiménez Molano. Cálculo de la Potencia Reactiva para la Implementación de Bancos de Condensadores en Cargas Aisladas.

Cuadro 28. Medidas de distorsión armónica de tensión de mayor magnitud obtenidas en las carga eléctrica parásita.

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	V[V]	THDV %
Televisor	14	Sankey - CT1590R	126,36	3,9
Video Juegos	41	Nintendo Wii - AC Adapter	126,99	3,9
Televisor	13	Daewoo - 20P2SS	126,02	3,8
Porta retratos digital	26	Norteck - FKS308HSC	125,15	3,8
Video Juegos	42	PS4	127,50	3,8
Equipo de sonido	22	AIWA - CXNS55lh	125,78	3,7
Televisor	12	SONY - Trinitron 21"	127,15	3,6
Cargador de Laptop	30	HP - NSW24187	126,95	3,6
Cargador de Celular	33	Motorola G - MOTC0063ADUMX	126,47	3,5
Cargador de Tablet	37	Touch+ SW0983	127,07	3,5

5.8 DISTORSIÓN ARMÓNICA DE CORRIENTE

Debido a los avances tecnológicos los artefactos de uso doméstico usan como principio de funcionamiento dispositivos electrónicos que necesitan corriente continua, por lo tanto usan rectificadores de tensión de onda completa AC/DC los cuales hacen considerar al electrodoméstico como una carga no lineal, llevando a que la onda corriente no siga la misma forma de onda sinusoidal de tensión, generando distorsiones armónicas en la corriente.

Los equipos electrónicos y dispositivos que causan ondas de corriente no lineales producen muchos efectos perjudiciales sobre la distribución de energía de corriente alterna. A medida que más de estos dispositivos se alimentan del sistema de distribución de corriente alterna AC, se pueden producir los siguientes problemas:

- Puede influir en elevadas corrientes por el neutro en los sistemas de distribución en estrella de tres fases causando una corriente máxima admisible para el cableado y los conductores deben de ser reemplazados por otro de mayor sección transversal.
- Equipos conectados al mismo circuito puede funcionar incorrectamente debido a una grave distorsión de la tensión causada por las corrientes armónicas que interactúan con impedancias del sistema de distribución³⁶.
- Aumento de la potencia a transportar, empeorando el factor de potencia de la red.
- Mal funcionamiento de las redes de protección.
- Disparo intempestivo de interruptores automáticos.
- Perturbaciones en equipos de control.
- Mediciones erróneas en los equipos de medida.
- Perturbaciones en los equipos de control.

³⁶ Agilent AN 1273. Compliance Testing to the IEC 1000-3-2 (EN 61000-3-2) and IEC 1000-3-3 (EN 61000-3-3) Standards. p. 8.

- Creación de inestabilidad en el sistema eléctrico.

La magnitud de corriente eléctrica medida en los electrodomésticos cuando están apagados y conectados a la red fue considerablemente baja en el orden de los mili amperes [mA], llevando a que las magnitudes de las distorsiones armónica de corriente sean aun menores, además en las cargas parásitas se observó que las componentes armónicas de corriente de mayor porcentaje era la tercera (THDI 3er %) y quinta (THDI 5ta %), los cuales pueden producir los siguientes efectos en las redes de distribución eléctrica en el sector residencial:

- El tercer armónico tiene la particularidad de que su frecuencia es múltiplo eléctrico de la frecuencia fundamental, y tiene secuencia cero, por lo que en el sistema trifásico de cuatro hilos (R, S, T y N) entra en anillo con las tres fases (R, S, T) desplazándose por el neutro (N), igual ocurre con el armónico sexto y noveno y demás múltiplos de tres³⁷. Llevando que en el neutro se transporte corriente eléctrica inesperada ya que lo que se desea en los sistemas de distribución del sector residencial es que el sistema trifásico de alimentación sea balanceado, por lo tanto este flujo de corriente producido por el tercer armónico produce que el neutro transporte corriente eléctrica que en algunos caso se ha registrado mayor magnitud a comparación de las fases, según la investigación llevada a cabo en el documento: Influencia del tercer armónico en corriente en el dimensionado del conductor de neutro de una instalación eléctrica de baja tensión³⁸.

³⁷ RTR Energía S.L. Los Armónicos y la Calidad de la Energía Eléctrica. p. 47.

³⁸ Ing. Ana Paula Carranza, Ing. Gonzalo Correa, Ing. Susana Masoller, Ing. Eduardo Touya. Influencia del tercer armónico en corriente en el dimensionado del conductor de neutro de una instalación eléctrica de baja tensión.

- El quinto armónico, a diferencia del tercer armónico, no es múltiplo eléctrico de la fundamental por lo que se desplaza por las tres fases R, S y T, y es el primer armónico que afecta a los condensadores y al sistema trifásico, al igual que el séptimo y onceavo armónico, etc.,

Cuadro 29. Medidas de distorsión armónica de corriente de mayor magnitud obtenidas en las carga eléctrica parásita.

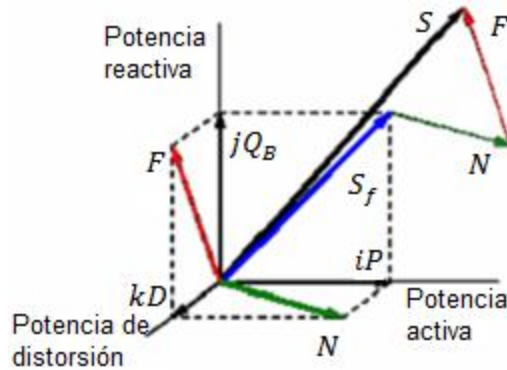
Electrodoméstico	Ref.	I[A]	THDI %	THDI 3er %	THDI 5to %
Cargador de Celular	32	0,002	214,0	81,6	82,7
Cargador de Laptop	28	0,001	206,7	67,6	67,7
CPU	50	0,052	202,6	96,2	91,1
Televisor	12	0,090	197,3	87,0	85,2
CPU	49	0,067	181,8	95,1	86,7
VHS	47	0,042	169,5	89,6	83,2
Caja decodificadora de televisión	16	0,057	167,5	92,1	84,2
Equipo de sonido	19	0,068	151,4	89,3	74,6
Video Juegos	41	0,025	148,9	73,2	80,7
Cargador de Celular	35	0,003	145,5	63,3	68,9

Al observar la distorsión armónica de corriente de las cargas parásitas en el Cuadro 29, se presenta cierto grado de distorsión en las ondas y por lo tanto una potencia de distorsión como la denomino Budeanu en 1927, mediante la siguiente ecuación:

$$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q_B^2} \quad (19)$$

Una forma de aclarar como Budeanu planteo el desarrollo de éste postulado es mediante la representación vectorial de las potencias en los ejes coordenados mostrados en la Figura 24.

Figura 24. Representación vectorial de la potencia reactiva definida por Budeanu.



Fuente: Giovanni Oswaldo Jiménez Molano. Cálculo de la Potencia Reactiva para la Implementación de Bancos de Condensadores en Cargas Aisladas.

Sí, iP es el vector que representa la potencia activa, jQ_b la potencia reactiva y kD la potencia de distorsión, las resultantes entre estos tres vectores se denominan:

- La Potencia fasor S_f : es la potencia aparente compleja correspondiente a un régimen sinusoidal con carga lineal, equivalente a:

$$\vec{S}_f = iP + jQ_B \quad (20)$$

Siendo su módulo:

$$S_f = \sqrt{P^2 + Q_B^2} \quad (21)$$

- La potencia no-reactiva N : es aquella que no tiene componente reactiva, y se expresa vectorialmente como:

$$\vec{N} = iP + kD \quad (22)$$

Siendo su módulo:

$$N = \sqrt{P^2 + D^2} = \sqrt{S^2 - Q_B^2} \quad (23)$$

- La potencia ficticia F : es la potencia que carece de componente activa, es decir, es el conjunto de las componentes no deseadas y equivale a:

-

$$\vec{F} = kD + jQ_B \quad (24)$$

Siendo su módulo:

$$F = \sqrt{D^2 + Q_B^2} = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (25)$$

Una vez conocidas estas tres potencias, se puede calcular la potencia aparente (o potencia vector \vec{S}), expresada por la ecuación:

$$\vec{S} = iP + jQ_B + kD \quad (26)$$

Siendo su módulo:

$$S = \sqrt{P^2 + Q_B^2 + D^2} \quad (27)$$

Donde P es la potencia activa requerida, por la carga, Q_B la potencia reactiva, atribuida al fenómeno originado por el flujo recíproco de energía magnetizaste y D

la potencia de distorsión, atribuida a la distorsión de la forma de onda de la corriente con respecto a la tensión³⁹.

En el Cuadro 30 se muestra el cálculo con la Ecuación 19 de la potencia de distorsión D mediante la potencia aparente S, la potencia reactiva Q y la potencia activa P medida en cada una de las cargas parásitas, en el cuadro se muestra organizadas de mayor a menor valor de potencia de distorsión.

Cuadro 30. Calculo de potencia de distorsión D de mayor magnitud obtenida en las cargas eléctricas parásitas.

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	D[VA]
Equipo de sonido	18	SONY	24,0
Equipo de sonido	21	AIWA - NSXSZ80	20,3
Televisor	12	SONY - Trinitron 21"	10,1
Televisor	14	Sankey - CT1590R	9,7
Equipo de sonido	20	AIWA - Z650	8,5
Caja decodificadora de televisión	15	Claro - COSHIPN5266C	8,4
Equipo de sonido	19	Samsung - MMT8	7,6
CPU	49	Intel Core i7	7,4
Equipo de sonido	22	AIWA - CXNS55lh	6,7
Caja decodificadora de televisión	16	Direct TV - EPS12W0	6,3

³⁹ 21. Giovanni Oswaldo Jiménez Molano. Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación. Programa de Maestría en Ingeniería - Automatización Industrial. Universidad Nacional de Colombia. Armónicos: Cálculo de la Potencia Reactiva para la Implementación de Bancos de Condensadores en Cargas Aisladas. p. 17.

6. PERFILES DE DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LAS CARGAS PARÁSITAS

Los perfiles de demanda son representados por gráficas y cuadros, los cuales muestran los valores de potencia eléctrica requerida por el usuario en cada una de las 24 horas del día. En Colombia al sector residencial solo le facturan el consumo de potencia activa por hora.

Para el desarrollo de este trabajo de grado en las curvas de demanda solo se consideraran las cargas eléctricas parásitas, teniendo en cuenta su consumo de energía eléctrica activa cuando el artefacto se encuentre encendido y cuando se encuentra apagado requiriendo energía eléctrica de la red.

6.1 PARÁMETROS DE USO DE LAS CARGAS ELÉCTRICAS PARÁSITAS

Para construir un perfil de demanda de un usuario en el sector residencial es necesario definir los parámetros de uso que indican en que horas del día las cargas eléctricas parásitas están encendidas o apagadas, para lo cual se tomó un usuario tipo en cada uno de los estratos.

6.1.1 Usuario tipo del sector residencial. Los usuario tipo usados en cada estrato socio económico del sector residencial son un ejemplo práctico para mostrar los parámetros de uso de las cargas parásitas y así generar una curva de demanda, teniendo en cuenta que la diferencia entre estratos está en la cantidad, innovación tecnológica y capacidad económica de adquisición de dispositivos considerados como cargas parásitas.

Los resultados obtenidos en la Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2013 DANE⁴⁰ los cuales indican que un hogar promedio está constituido por cerca de cuatro personas, y las curvas de demanda proporcionadas por la normas para cálculo y diseño de sistemas de distribución de la ESSA S.A. E.S.P.⁴¹, muestran en que horas del día se presenta requerimiento de potencia activa en cada estrato, estas curvas se encuentran en el Anexo I al final del documento.

Las características del usuario tipo en cada estrato se nombran a continuación como las de mayor importancia en la determinación del consumo de energía eléctrica para las cargas parásitas:

- Habitantes por residencia: 4 Personas que conforman un núcleo familiar de padre, madre y dos hijos.
- Características de los habitantes por residencia: Características como la profesión y la edad pueden inferir en la creación del perfil de demanda, estas características se muestran en el Cuadro 31.

Cuadro 31. Características de los habitantes por residencia.

Habitante Residencia	Ocupación	Edad
Padre	Trabajador	50
Madre	Trabajadora	46
Hijo 1	Estudiante	15
Hijo 2	Estudiante	12

⁴⁰ DANE. Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2013.

⁴¹ ESSA SA E.S.P. Normas para cálculo y diseño de sistemas de distribución. p. 115.

6.2 CUANTIFICACIÓN E INCIDENCIA DE LAS CARGAS PARÁSITAS

La cuantificación del consumo de energía eléctrica de las cargas parásitas se realizó para un usuario tipo de cada estrato socio económico del sector del residencial por medio de una curva de demanda, donde se tiene en cuenta la potencia eléctrica requerida cuando el electrodoméstico se encuentra encendido y cuando se encuentra apagado o en standby considerado como carga parásita.

Los parámetros de uso entre encendido y apagado de los electrodomésticos para los usuarios del sector residencial son mostrados en los cuadros de los numerales siguientes para cada uno de los estratos, resaltado en gris los recuadros que muestran la hora del día donde las cargas están encendidas o utilizadas para que brinden su función principal.

Debido a que la corriente máxima de medida de las pinzas i5sPQ3 usadas con el analizador de red Fluke 435 Serie II tenían un rango máximo de medida de 5 [A] en la corriente, y los datos nominales que proporcionaron las placa de los artefactos como microondas y lavadora superaban dicha corriente se asumió para el cálculo del perfil de demanda diario de los usuarios el valor medio de potencia activa proporcionados en los datos de placa del mismo.

En las curvas de demanda de cada estrato del sector residencial se muestra en color naranja el consumo de energía de los electrodomésticos cuando se encuentran encendidos y en azul se muestra el consumo de energía eléctrica cuando los electrodomésticos se encuentran apagados o en modo standby requiriendo una potencia activa indeseada de la red, ya que no están realizando su función principal.

- **Usuario tipo estrato 1 y 2.**

Cuadro 32. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario tipo estrato 1 y 2.

Estrato 1 y 2		P[W] Requeridas en cada hora del día en modo OFF												
Electrodoméstico	Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Televisor	14	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5			
Cargador de celular	34		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	34		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	35		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
	35		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
Grabadora	46	1,2	1,2	1,2	1,2			1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	
VHS	47	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	
Total [Wh] En modo OFF		11,1	11,7	11,7	11,7	10,5	10,5	11,7	11,7	11,7	11,7	11,7	4,2	4,2

Cuadro 32. (Continuación).

Estrato 1 y 2		P[W] Requeridas en cada hora del día en modo OFF											
Electrodoméstico	Ref.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Televisor	14		7,5	7,5								7,5	7,5
Cargador de celular	34	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
	34	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
	35	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		
	35	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		
Grabadora	46	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
VHS	47	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4			2,4	2,4
Total P[Wh] En modo OFF		4,2	11,7	11,7	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	1,8	1,8	11,1	11,1

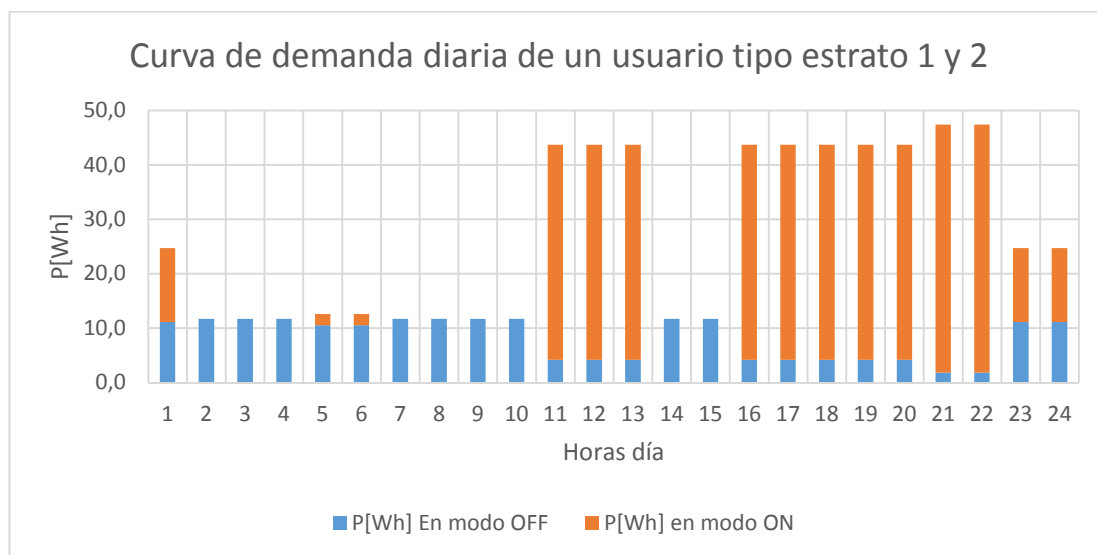
Cuadro 33. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo encendido en un usuario tipo estrato 1 y 2.

Estrato 1 y 2		P[W] Requeridas en cada hora del día en modo ON											
Electrodoméstico	Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Televisor	14											39,5	39,5
Cargador de celular	34	4,0											
	34	4,0											
	35	2,8											
	35	2,8											
Grabadora	46					2,1	2,1						
VHS	47												
Total [Wh] en modo ON		13,6	0,0	0,0	0,0	2,1	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	39,5	39,5

Cuadro 33. (Continuación)

Estrato 1 y 2		P[W] Requeridas en cada hora del día en modo ON											
Electrodoméstico	Ref.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Televisor	14	39,5			39,5	39,5	39,5	39,5	39,5	39,5	39,5		
Cargador de celular	34											4,0	4,0
	34											4,0	4,0
	35											2,8	2,8
	35											2,8	2,8
Grabadora	46												
VHS	47									6,1	6,1		
Total P(Wh) en modo ON		39,5	0,0	0,0	39,5	39,5	39,5	39,5	39,5	45,6	45,6	13,6	13,6

Figura 25. Curva de demanda diaria de un usuario tipo estrato 1 y 2.



- **Usuario tipo estrato 3.**

Cuadro 34. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario tipo estrato 3.

Estrato 3		P[W] Requeridas en cada hora del día en modo OFF											
Electrodoméstico	Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Televisor	8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6		
Equipo de sonido	20	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9
DVD	25	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Cargador de celular	34	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	34	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	35	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	35	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Estabilizador	44	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Grabadora	45	1,0	1,0	1,0	1,0			1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
CPU	50	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
Monitor	51	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Total P[Wh] en modo OFF		18,7	18,7	18,7	18,7	17,7	17,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,1	18,1

Cuadro 34. (Continuación)

Estrato 3		P[Wh] Consumidas en cada hora del día en modo OFF											
Electrodoméstico	Ref.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Televisor	8		0,6	0,6								0,6	0,6
Equipo de sonido	20	11,9			11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9	11,9
DVD	25	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8				0,8	0,8
Cargador de celular	34	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
	34	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
	35	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2			
	35	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2			
Estabilizador	44	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5						0,5	0,5
Grabadora	45	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
CPU	50	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1						3,1	3,1
Monitor	51	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2						0,2	0,2
Total P[Wh] en modo OFF		18,1	6,8	6,8	18,1	18,1	14,3	14,3	13,5	13,5	12,9	18,1	18,1

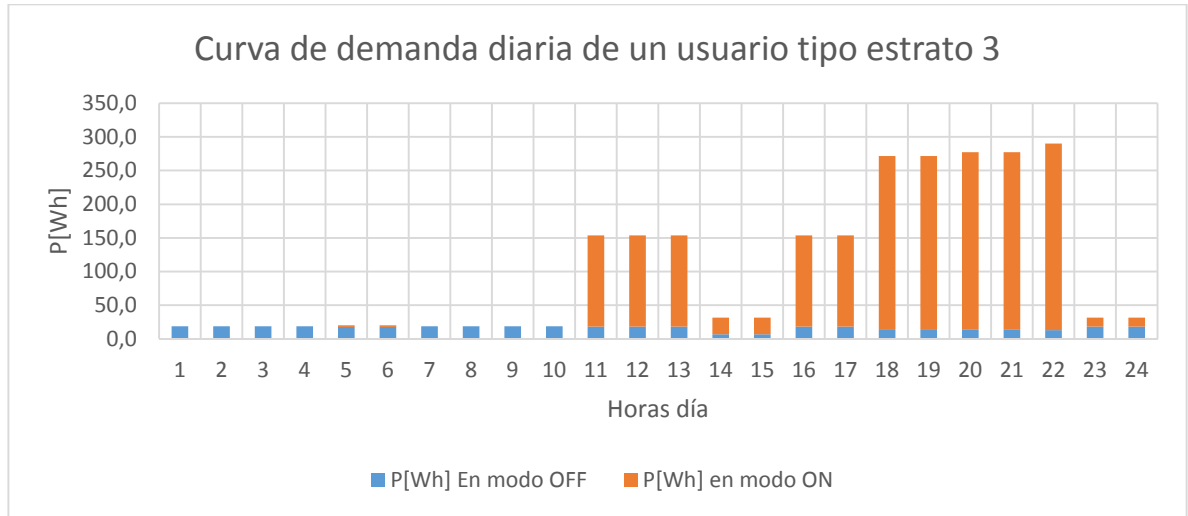
Cuadro 35. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo encendido en un usuario tipo estrato 3.

Estrato 3		P[W] Requeridas en cada hora del día en modo ON											
Electrodoméstico	Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Televisor	8											135,4	135,4
Equipo de sonido	20												
DVD	25												
Cargador de celular	34												
	34												
	35												
	35												
Estabilizador	44												
Grabadora	45					2,6	2,6						
CPU	50												
Monitor	51												
Total P(Wh) en modo ON		0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	135,4	135,4

Cuadro 35. (Continuación)

Estrato 3		P[W] Requeridas en cada hora del día en modo ON											
Electrodoméstico	Ref.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Televisor	8	135,4			135,4	135,4	135,4	135,4	135,4	135,4	135,4		
Equipo de sonido	20		25,0	25,0									
DVD	25								6,4	6,4	6,4		
Cargador de celular	34										4,0	4,0	4,0
	34										4,0	4,0	4,0
	35										2,8	2,8	2,8
	35										2,8	2,8	2,8
Estabilizador	44						2,9	2,9	2,9	2,9	2,9		
Grabadora	45												
CPU	50						108,8	108,8	108,8	108,8	108,8		
Monitor	51						10,1	10,1	10,1	10,1	10,1		
Total P(Wh) en modo ON		135,4	25,0	25,0	135,4	135,4	257,2	257,2	263,6	263,6	277,2	13,6	13,6

Figura 26. Curva de demanda diaria de un usuario tipo estrato 3.



- **Usuario tipo estrato 4.**

Cuadro 36. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario tipo estrato 4.

Estrato 4		P[W] Requeridas en cada hora del día en modo OFF											
Electrodoméstico	Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lavadora	2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Televisor	7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	8	0,6	0,6	0,6	0,6			0,6	0,6	0,6	0,6		
Decodificador TV	15	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
	15	5,6	5,6	5,6	5,6			5,6	5,6	5,6	5,6		
Equipo de sonido	21	35,1	35,1	35,1	35,1			35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1
DVD	25	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Cargador Laptop	29		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Cargador de celular	32		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	34		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	35		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	35		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Cargador de MP3	39		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Estabilizador	44	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
CPU	50	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
Monitor	52	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Impresora	53	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Total [Wh] en modo OFF		54,4	55,2	55,2	55,2	13,9	13,9	55,2	55,2	55,2	55,2	49,0	49,0

Cuadro 36. (Continuación)

Estrato 4		P[W] Requeridas en cada hora del día en modo OFF											
Electrodoméstico	Ref.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lavadora	2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2		2,2	2,2	2,2
Televisor	7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1					0,1	0,1
	8		0,6	0,6								0,6	0,6
Decodificador TV	15	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6					5,6	5,6
	15		5,6	5,6					5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
Equipo de sonido	21	35,1			35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1	35,1
DVD	25	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8				0,8	0,8
Cargador Laptop	29	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1				
Cargador de celular	32	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
	34	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
	35	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		
	35	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		
Cargador de MP3	39	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
Estabilizador	44	0,5	0,5	0,5								0,5	0,5
CPU	50	3,1	3,1	3,1								3,1	3,1
Monitor	52	0,4	0,4	0,4								0,4	0,4
Impresora	53	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4		0,4	0,4
Total [Wh] en modo OFF		49,0	20,1	20,1	45,0	45,0	45,0	39,3	44,1	41,8	43,6	54,4	54,4

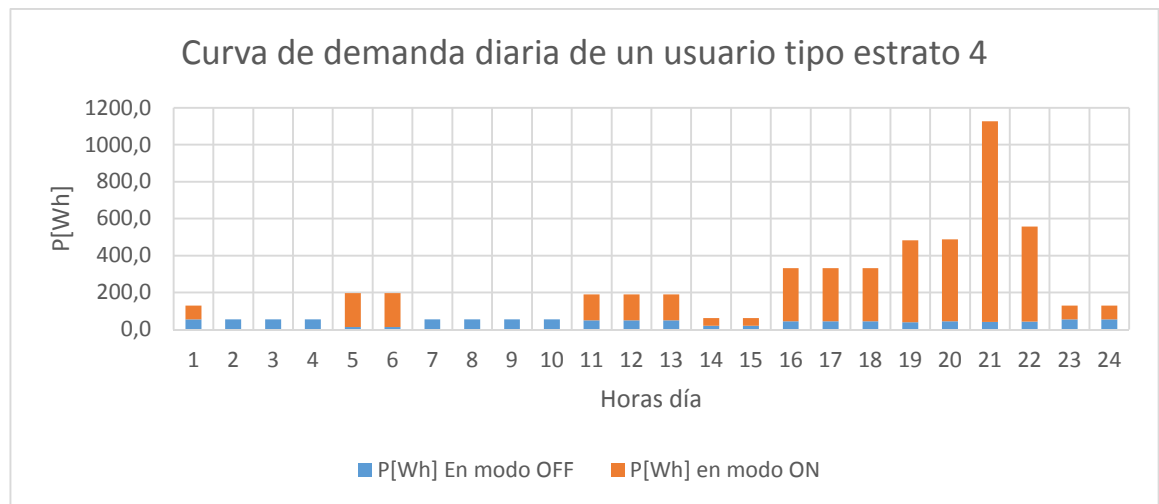
Cuadro 37. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo encendido en un usuario tipo estrato 4.

Estrato 4		P[W] Requeridas en cada hora del día en modo ON											
Electrodoméstico	Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lavadora	2												
Televisor	7												
	8					135,7	135,7					135,7	135,7
Decodificador TV	15												
	15					6,1	6,1					6,1	6,1
Equipo de sonido	21					42,1	42,1						
DVD	25												
Cargador Laptop	29	62,2											
Cargador de celular	32	2,8											
	34	4,0											
	35	2,8											
	35	2,8											
Cargador de MP3	39	0,3											
Estabilizador	44												
CPU	50												
Monitor	52												
Impresora	53												
Total [Wh] en modo ON		74,9	0,0	0,0	0,0	183,9	183,9	0,0	0,0	0,0	0,0	141,8	141,8

Cuadro 37. (Continuación)

Estrato 4		P[Wh] Consumidas en cada hora del día en modo ON											
Electrodoméstico	Ref.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lavadora	2									580,0			
Televisor	7							150,5	150,5	150,5	150,5		
	8	135,7			135,7	135,7	135,7	135,7	135,7	135,7	135,7		
Decodificador TV	15							6,1	6,1	6,1	6,1		
	15	6,1			6,1	6,1	6,1	6,1					
Equipo de sonido	21		42,1	42,1									
DVD	25								6,4	6,4	6,4		
Cargador Laptop	29									62,2	62,2	62,2	62,2
Cargador de celular	32											2,8	2,8
	34											4,0	4,0
	35											2,8	2,8
	35											2,8	2,8
Cargador de MP3	39											0,3	0,3
Estabilizador	44				2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9		
CPU	50				108,8	108,8	108,8	108,8	108,8	108,8	108,8		
Monitor	52				33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3		
Impresora	53										6,9		
Total [Wh] en modo ON		141,8	42,1	42,1	286,8	286,8	286,8	443,4	443,7	1085,9	512,8	74,9	74,9

Figura 27. Curva de demanda diaria de un usuario tipo estrato 4.



- **Usuario tipo estrato 5.**

Cuadro 38. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario tipo estrato 5.

Estrato 5		P[W] Requeridas en cada hora del día en modo OFF											
Electrodoméstico	Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Microondas	1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Lavadora	4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Televisor	8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6			0,6	0,6	0,6
	9	0,1	0,1	0,1	0,1			0,1	0,1	0,1	0,1		
	10	0,1	0,1	0,1	0,1			0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	11	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		
Decodificador TV	17	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7			3,7	3,7	3,7
	17	3,7	3,7	3,7	3,7			3,7	3,7	3,7	3,7		
	17	3,7	3,7	3,7	3,7			3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
	17	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7		
Equipo de sonido	18	16,2	16,2	16,2	16,2				16,2	16,2	16,2	16,2	16,2
Teatro en casa	23	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Cargador Laptop	27	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	31	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Cargador de celular	32	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	32	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	33	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	33	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Cargador Tablet	37	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	38	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Cargador de MP3	39	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Video Juego	40	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Video juego portátil	43	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Estabilizador	44	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Computador Integrado	48	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
CPU	49	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Monitor	51	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Impresora multifuncional	56	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Total [Wh] en modo OFF		45,4	45,4	45,4	45,4	21,6	21,6	27,7	41,1	41,1	45,4	37,7	37,7

Cuadro 38. (Continuación).

Estrato 5		P[W] Requeridas en cada hora del día en modo OFF											
Electrodoméstico	Ref.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Microondas	1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4		1,4	1,4	1,4
Lavadora	4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Televisor	8	0,6	0,6	0,6				0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
	9		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1					0,1	0,1
	10	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1						0,1	0,1
	11		0,2	0,2							0,2	0,2	0,2
Decodificador TV	17	3,7	3,7	3,7				3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
	17		3,7	3,7	3,7	3,7	3,7					3,7	3,7
	17	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7						3,7	3,7
	17		3,7	3,7							3,7	3,7	3,7
Equipo de sonido	18	16,2			16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2
Teatro en casa	23	0,3	0,3	0,3								0,3	0,3
Cargador Laptop	27	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
	31	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4			
Cargador de celular	32	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
	32	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
	33	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
	33	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
Cargador Tablet	37	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
	38	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
Cargador de MP3	39	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
Video Juego	40	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1				1,1	1,1	1,1
Video juego portátil	43	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
Estabilizador	44	0,5	0,5	0,5	0,5							0,5	0,5
Computador Integrado	48	0,8	0,8	0,8	0,8							0,8	0,8
CPU	49	4,0	4,0	4,0	4,0							4,0	4,0
Monitor	51	0,2	0,2	0,2	0,2							0,2	0,2
Impresora multifuncional	56	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3		2,3	2,3	2,3
Total [Wh] en modo OFF		37,7	25,5	25,5	33,2	27,7	23,9	27,0	27,0	23,3	30,7	44,1	44,1

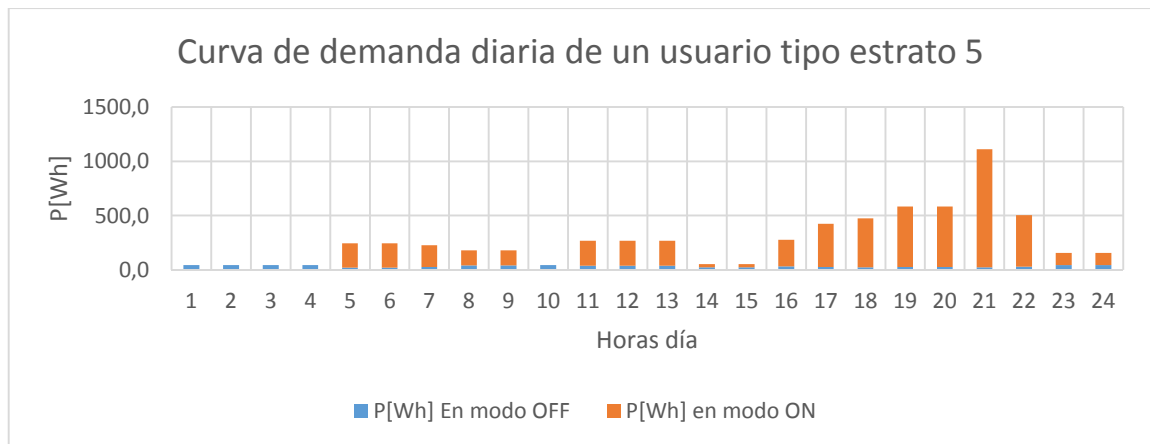
Cuadro 39. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo encendido en un usuario tipo estrato 5.

Estrato 5		P[W] Requeridas en cada hora del día en modo ON											
Electrodoméstico	Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Microondas	1												
Lavadora	4							170,0					
Televisor	8								135,4	135,4			
	9					135,7	135,7					135,7	135,7
	10					50,5	50,5						
	11											87,2	87,2
Decodificador TV	17								4,0	4,0			
	17					4,0	4,0					4,0	4,0
	17					4,0	4,0						
	17											4,0	4,0
Equipo de sonido	18					28,9	28,9	28,9					
Teatro en casa	23												
Cargador Laptop	27												
	31												
Cargador de celular	32												
	32												
	33												
	33												
Cargador Tablet	37												
	38												
Cargador de MP3	39												
Video Juego	40												
Video juego portátil	43												
Estabilizador	44												
Computador Integrado	48												
CPU	49												
Monitor	51												
Impresora multifuncional	56												
Total [Wh] en modo ON		0,0	0,0	0,0	0,0	223,1	223,1	198,9	139,4	139,4	0,0	230,9	230,9

Cuadro 39. (Continuación)

Estrato 5		P[W] Requeridas en cada hora del día en modo ON											
Electrodoméstico	Ref.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Microondas	1									525,0			
Lavadora	4												
Televisor	8				135,4	135,4	135,4						
	9	135,7						135,7	135,7	135,7	135,7		
	10						50,5	50,5	50,5	50,5	50,5		
	11	87,2			87,2	87,2	87,2	87,2	87,2	87,2			
Decodificador TV	17				4,0	4,0	4,0						
	17	4,0						4,0	4,0	4,0	4,0		
	17						4,0	4,0	4,0	4,0	4,0		
	17	4,0			4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0			
Equipo de sonido	18		28,9	28,9									
Teatro en casa	23				12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6			
Cargador Laptop	27										22,6	22,6	22,6
	31										60,3	60,3	60,3
Cargador de celular	32										2,8	2,8	2,8
	32										2,8	2,8	2,8
	33										4,5	4,5	4,5
	33										4,5	4,5	4,5
Cargador Tablet	37										5,9	5,9	5,9
	38										6,2	6,2	6,2
Cargador de MP3	39										0,3	0,3	0,3
Video Juego	40							104,7	104,7	104,7			
Video juego portátil	43										3,5	3,5	3,5
Estabilizador	44					2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9		
Computador Integrado	48					89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	89,4		
CPU	49					52,2	52,2	52,2	52,2	52,2	52,2		
Monitor	51					10,1	10,1	10,1	10,1	10,1	10,1		
Impresora multifuncional	56									4,3			
Total [Wh] en modo ON		230,9	28,9	28,9	243,2	397,8	452,3	557,3	557,3	1086,6	474,8	113,4	113,4

Figura 28. Curva de demanda diaria de un usuario tipo estrato 5.



- **Usuario tipo estrato 6.**

Cuadro 40. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario tipo estrato 6.

Estrato 6		P[W] requeridas en cada hora del día en modo OFF											
Electrodoméstico	Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Microondas	2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
Lavadora	6	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Televisor	7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		
	8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
	9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	
	11	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		
Decodificador TV	16	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7		
	16	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	
	16	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	
	16	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7		
Equipo de sonido	18	16,2	16,2	16,2	16,2						16,2	16,2	16,2
Teatro en casa	23	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3		
Porta retratos digital	26	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Cargador Laptop	29	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	30	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	31	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Cargador de celular	32	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	32	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	33	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	33	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Cargador Tablet	36	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	37	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	38	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Cargador de MP3	39	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	39	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Video Juego	41	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
	42	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Video juego portátil	43	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Computador Integrado	48	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8					0,8	0,8
	48	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Impresora multifuncional	54	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Total [Wh] en modo OFF		41,2	41,2	41,2	41,2	25,0	25,0	24,2	24,2	24,2	40,4	33,2	22,9

Cuadro 40. (Continuación)

Estrato 6		P[W] Requeridas en cada hora del día en modo OFF											
Electrodoméstico	Ref.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Microondas	2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Lavadora	6	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3		1,3	1,3	1,3
Televisor	7			0,1	0,1	0,1	0,1	0,1				0,1	0,1
	8		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6						0,6
	9		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	11			0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Decodificador TV	16			3,7	3,7	3,7	3,7	3,7				3,7	3,7
	16		3,7	3,7	3,7	3,7	3,7						3,7
	16		3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
	16			3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
Equipo de sonido	18	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2
Teatro en casa	23			0,3	0,3	0,3	0,3						0,3
Porta retratos digital	26	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5						0,5
Cargador Laptop	29	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
	30	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
	31	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4			
Cargador de celular	32	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
	32	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
	33	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
	33	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
Cargador Tablet	36	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
	37	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
	38	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
Cargador de MP3	39	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
	39	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
Video Juego	41	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4					1,4
	42	0,1	0,1					0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Video juego portátil	43	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
Computador Integrado	48	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8						0,8
	48	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8						0,8
Impresora multifuncional	54	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3		0,3	0,3	0,3
Total [Wh] en modo OFF		25,1	25,8	41,1	41,1	41,1	41,1	34,5	29,3	27,7	27,8	31,6	39,7

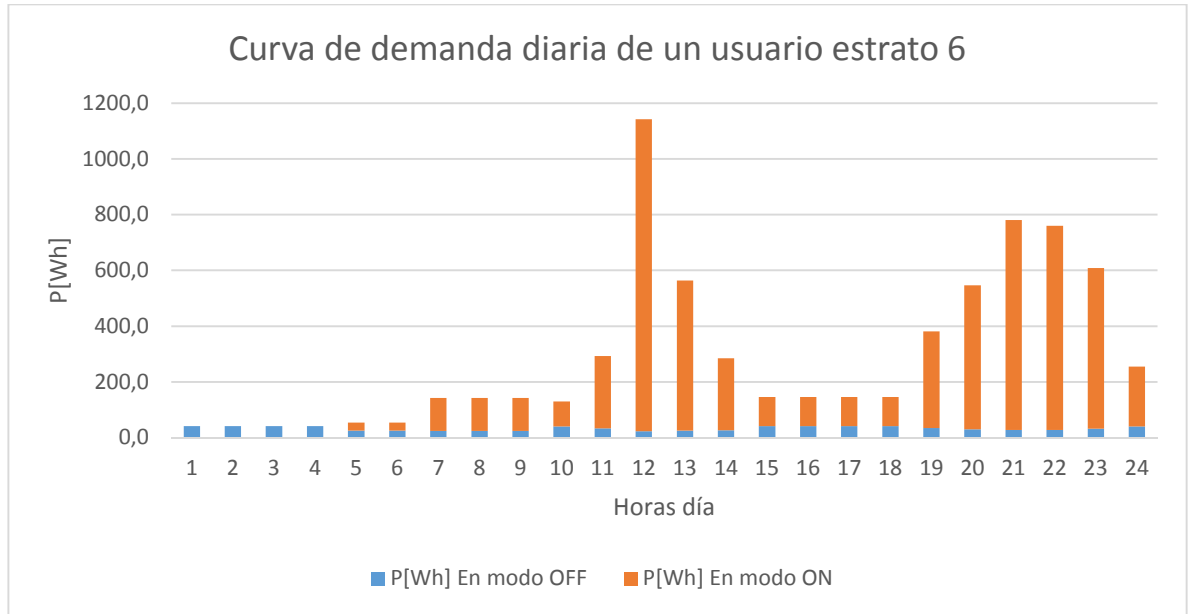
Cuadro 41. Parámetros de uso y potencia activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo Encendido en un usuario tipo estrato 6.

Estrato 6		P[W] Requeridas en cada hora del día en modo ON											
Electrodoméstico	Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Microondas	2												580,5
Lavadora	6												
Televisor	7											150,5	150,5
	8												135,4
	9												135,7
	11											87,2	87,2
Decodificador TV	16											4,4	4,4
	16												4,4
	16												4,4
	16											4,4	4,4
Equipo de sonido	18					28,9	28,9	28,9	28,9	28,9			
Teatro en casa	23											12,6	12,6
Porta retratos digital	26												
Cargador Laptop	29												
	30												
	31												
Cargador de celular	32												
	32												
	33												
	33												
Cargador Tablet	36												
	37												
	38												
Cargador de MP3	39												
	39												
Video Juegos	41												
	42												
Video juego portátil	43												
Computador Integrado	48							89,4	89,4	89,4	89,4		
	48												
Impresora multifuncional	54												
Total [Wh] en modo ON		0,0	0,0	0,0	0,0	28,9	28,9	118,3	118,3	118,3	89,4	259,1	1119,5

Cuadro 41. (Continuación)

Estrato 6		P[W] Requeridas en cada hora del día en modo ON											
Electrodoméstico	Ref.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Microondas	2												
Lavadora	6									230,0			
Televisor	7	150,5	150,5						150,5	150,5	150,5		
	8	135,4						135,4	135,4	135,4	135,4	135,4	
	9	135,7											
	11	87,2	87,2										
Decodificador TV	16	4,4	4,4						4,4	4,4	4,4		
	16	4,4						4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	
	16	4,4											
	16	4,4	4,4										
Equipo de sonido	18												
Teatro en casa	23	12,6	12,6					12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	
Porta retratos digital	26							15,9	15,9	15,9	15,9	15,9	
Cargador Laptop	29										62,2	62,2	62,2
	30										55,5	55,5	55,5
	31										60,3	60,3	60,3
Cargador de celular	32										2,8	2,8	2,8
	32										2,8	2,8	2,8
	33										4,5	4,5	4,5
	33										4,5	4,5	4,5
Cargador Tablet	36										6,1	6,1	6,1
	37										5,9	5,9	5,9
	38										6,2	6,2	6,2
Cargador de MP3	39										0,3	0,3	0,3
	39										0,3	0,3	0,3
Video Juegos	41								15,3	15,3	15,3	15,3	
	42			104,7	104,7	104,7	104,7						
Video juego portátil	43										3,5	3,5	3,5
Computador Integrado	48							89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	
	48							89,4	89,4	89,4	89,4	89,4	
Impresora multifuncional	54									5,7			
Total [Wh] en modo ON		539,0	259,1	104,7	104,7	104,7	104,7	347,1	517,3	753,0	732,2	577,3	214,9

Figura 29. Curva de demanda diaria de un usuario tipo estrato 6.



6.3 INCIDENCIA DE LAS CARGAS PARÁSITAS EN EL REQUERIMIENTO DE POTENCIA ACTIVA

El requerimiento de potencia activa indeseado e innecesario en las cargas parásitas se tiene en cuenta en el cobro de la factura de la empresa que suministra el servicio de energía eléctrica a los hogares, ya que el contador no diferencia el consumo de energía de las cargas cuando están encendidas brindando su función principal o cuando se encuentran apagadas.

El consumo de energía eléctrica por las cargas parásitas además de ser energía que no se está usando ya que los electrodomésticos están apagados, genera elevación en la corriente eléctrica y por lo tanto aumenta las pérdidas.

6.3.1 Incidencia del requerimiento de potencia activa en un usuario de cada estrato. El Cuadro 42, muestra el consumo de energía eléctrica para cada uno de los usuarios del sector residencial por estrato basado en el usuario tipo descrito anteriormente cuantificando los kilo watt hora [kWh] en el día y en el mes consumidos por los electrodomésticos cuando están encendidos brindando su función principal, y cuando se encuentran apagados y conectados a la red eléctrica considerados como carga parásita.

Cuadro 42. Cuantificación del consumo de energía eléctrica en kilo watt hora en un usuario de cada estrato.

Estrato	Electrodomésticos	[kWh] por día	[kWh] por mes	%
1 y 2	Carga parásita	0,197	5,904	30,324
	Encendido	0,452	13,566	69,676
	Total	0,649	19,470	100,000
3	Carga parásita	0,394	11,814	15,930
	Encendido	2,078	62,346	84,070
	Total	2,472	74,160	100,000
4	Carga parásita	1,068	32,052	19,367
	Encendido	4,448	133,449	80,633
	Total	5,517	165,501	100,000
5	Carga parásita	0,825	24,756	12,704
	Encendido	5,671	170,115	87,296
	Total	6,496	194,871	100,000
6	Carga parásita	0,790	23,694	11,236
	Encendido	6,239	187,182	88,764
	Total	7,029	210,876	100,000

En el Cuadro 43, se muestra el costo económico que representa el consumo de energía eléctrica por parte de las cargas parásitas en las facturas de los usuarios tipo de cada estrato del sector residencial descritos anteriormente, tomando el valor económico del kilo watts hora [kWh] de La Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. del mes de julio de 2014 sin tener en cuenta los subsidios y contribuciones que se

les aplican a algunos de los estratos, para así poder cuantificar y comparar el componente variable del Costo Unitario de Prestación del Servicio (*CUv*) regulado mediante el artículo 4 de la resolución CREG 119 de 2007.

Cuadro 43. Costo del consumo de energía eléctrica por parte de las cargas parásitas en un usuario tipo de cada estrato.

Estrato	Costo por [kWh]	Carga Parásita	
		[kWh] por mes	Costo
1	\$401,0834	5,904	\$ 2.367,996
2	\$401,0834	5,904	\$ 2.367,996
3	\$401,0834	11,814	\$ 4.738,399
4	\$401,0834	32,052	\$ 12.855,525
5	\$401,0834	24,756	\$ 9.929,221
6	\$401,0834	23,694	\$ 9.503,270

En el Cuadro 43 se esperaría que el consumo de kilo watts hora [kWh] al mes del usuario estrato 6 fuera mayor debido a que tiene más capacidad de adquisición de los electrodomésticos que al apagarlos se convertirían en carga parásita para la red eléctrica, pero lo que ocurre es que este usuario tiene la capacidad de comprar artefactos de última tecnología que han reducido el requerimiento de potencia activa en modo apagado y además puede sustituir las viejas tecnologías que presentan mayor requerimiento de potencia activa como carga parásita.

6.3.2 Incidencia en el suministro de energía eléctrica de una empresa prestadora del servicio de energía eléctrica. Como ejercicio académico de cuantificar la posible energía eléctrica [kWh] que es suministrada a las cargas parásitas por parte de una empresa prestadora del servicio de energía eléctrica, se tomó la información de cuantos usuarios tiene la Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. en cada uno de sus estratos, dicha información es suministrada por el

Sistema Único de Información (SUI) de la fecha julio de 2014 y se tuvo en cuenta como referencia el consumo de energía eléctrica por parte de los usuarios tipo de cada estrato ya cuantificado anteriormente. El Cuadro 44 presenta los valores de la posible potencia activa que debería suministrar la ESSA ESP para suplir las necesidades de potencia activa de las cargas parásitas de sus usuarios en los diferentes estratos en un mes.

Cuadro 44. Suministro de energía eléctrica a las cargas parásitas por parte de la ESSA E.S.P. a cada estrato del sector residencial por mes.

Estrato	Usuarios ESSA E.S.P.	Carga Parásita	
		P[kWh] por mes en usuario	P[kWh] por mes en estrato
1	136.437	5,904	805.524
2	248.983	5,904	1.469.996
3	127.336	11,814	1.504.348
4	70.379	32,052	2.255.788
5	9.212	24,756	228.052
6	8.632	23,694	204.527
		Total de P[kWh]	6.468.234

Según información suministrada por el Sistema Único de Información (SUI) de la fecha julio de 2014, La Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. suministra 83.693.986 [kWh] al sector residencial, en el Cuadro 44 se muestra el porcentaje de consumo de energía eléctrica no deseado de las cargas parásitas.

Cuadro 45. Porcentaje de suministro energía eléctrica a las cargas parásitas por mes.

Energía eléctrica en el Sector residencial	
ESSA E.S.P.	Carga parásita
P[kWh] Suministrada por mes	P[kWh] Consumida por mes
83.693.986	6.468.234
% de Consumo	7,73 %

En este caso hipotético la ESSA E.S.P. estaría suministrando 6.468.234 [kWh] de energía eléctrica en el mes de julio de 2014 a las cargas parásitas lo cual representa un 7,73% del total de la energía que es consumida por el sector residencial en este mismo mes, esta energía eléctrica se puede decir que se pierde ya que no representa ningún trabajo porque los electrodomésticos no se encuentran en uso y si eleva los niveles de corriente en los conductores que la transportan.

6.3.3 Incidencia del consumo de energía eléctrica a nivel nacional. Como ejercicio para cuantificar la posible incidencia de las cargas parásitas en los usuarios del sector residencial en Colombia, se tuvo en cuenta los valores de consumo de energía eléctrica de las cargas parásitas en los usuarios tipo de cada estrato ya calculados anteriormente y la información suministrada por el SUI de la fecha julio de 2014 del número de usuarios en cada uno de los estratos a nivel nacional. El Cuadro 46 presenta los valores de la posible potencia activa que debería suministrar a nivel nacional para suplir las necesidades de potencia activa de las cargas parásitas de sus usuarios en los diferentes estratos en un mes.

Cuadro 46. Consumo de energía eléctrica por parte de las cargas parásitas a nivel nacional por mes.

Estrato	Usuarios en Colombia	Carga Parásita	
		P[kWh] por mes en usuario	P[kWh] por mes en estrato
1	2.981.102	5,904	17.600.426
2	4.230.852	5,904	24.978.950
3	2.523.600	11,814	29.813.810
4	813.916	32,052	26.087.636
5	329.826	24,756	8.165.172
6	195.415	23,694	4.630.163
		Total de P[kWh]	111.276.158

El Sistema Único de Información (SUI) en fecha julio de 2014 indica que los usuarios del sector residencial en Colombia consumen 1.798.099.202 [kWh], en el Cuadro 47 se estima el porcentaje de consumo de energía eléctrica por parte de las cargas parásitas.

Cuadro 47. Porcentaje de consumo de energía eléctrica en las cargas parásitas a nivel nacional por mes.

Energía eléctrica en el Sector residencial	
Colombia	Carga parásita
P[kWh] Suministrada por mes	P[kWh] Consumida por mes
1.798.099.202	111.276.158
% de Consumo	6,19 %

Si se globaliza a nivel nacional la energía eléctrica consumida por las cargas parásitas en los usuarios tipo ya descritos anteriormente se estaría desaprovechando 111.276.158 [kWh] de energía eléctrica al mes que representa un 6,19% del total de la energía que es consumida por el sector residencial a nivel nacional en julio de 2014.

6.4 INCIDENCIA DE LAS CARGAS PARÁSITAS EN EL REQUERIMIENTO DE POTENCIA NO ACTIVA

En Colombia las empresas suministradoras de energía eléctrica al sector residencial solo cuantifican y facturan el consumo de energía eléctrica activa conocida también como potencia útil, sin considerar el efecto de las potencias reactiva y de distorsión llamadas potencia no activa, que los electrodomésticos usados en los hogares requieren durante su funcionamiento, ya sea en modo encendido o en modo apagado considerado como carga parásita.

Luego de tomar las medidas se observó que las cargas parásitas además de presentar requerimientos de potencia activa, también requieren para su funcionamiento de potencia reactiva y de distorsión.

Para cuantificar el efecto de la potencia no útil en la potencia de dimensionamiento se utilizó el modelo de potencia propuesto por Fryze en el cual QF es conocida como la potencia ficticia (incluye los efectos de los reactivos y la distorsión), o también como potencia no activa.

A continuación se cuantifica el efecto de la necesidad de la potencia no activa por parte de las cargas parásitas, considerando que es una energía que no se aprovecha, pero que influye en reducir la capacidad energética de un sistema eléctrico. Para cuantificar este valor se multiplica el valor de la potencia no activa por el tiempo en horas que la carga parásita está conectada, así que la unidad es volt ampere hora [VAh] para cada una de las cargas parásitas para los usuarios tipo de cada estrato definidos anteriormente, para dimensionar su incidencia en la demanda de energía eléctrica en el sector residencial. Aunque esta potencial energía no es facturada en la mayoría de los usuarios residenciales a diferencia del

sector industrial, es importante tenerla en cuenta ya que influye en reducir el factor de potencia del sistema, elevar la corriente y por lo tanto aumentar las pérdidas, también disminuir la capacidad de transportar energía eléctrica a través de las líneas de distribución y transmisión. Además en algunos casos puede generar sobre carga y producir calentamiento en los transformadores.

6.4.1 Incidencia del requerimiento de potencia no activa en un usuario tipo de cada estrato. Para cuantificar el efecto de la potencia no activa por parte de las cargas parásitas en un usuarios tipo de cada estrato del sector residencial, en el cuadro 48 se tuvo en cuenta la potencia no activa o de Fryze (QF) que requiere cada electrodoméstico considerado como carga eléctrica parásita en el momento de estar apagado y conectado a la red, considerando sus parámetros de uso en horas del día de los usuarios tipo ya especificados anteriormente. En el Anexo J a final del documento se especifica el requerimiento de potencia no activa por parte de las cargas parásitas en cada hora del día para los usuarios tipo de cada estrato.

Cuadro 48. Consumo de la potencial energía requerida para suplir la potencia no activa por parte de un usuario tipo de cada estrato social.

Carga Parásita		
Estrato	QF[kVAh] por día	QF[kVAh] por mes
1	0,313	9,384
2	0,313	9,384
3	0,664	19,917
4	1,568	47,052
5	1,888	56,64
6	2,138	64,137

En el Cuadro 48 se muestra el consumo de energía no activa para cada uno de los usuarios tipo del sector residencial.

6.4.2 Incidencia en el requerimiento de potencia no activa de una empresa prestadora del servicio de energía eléctrica. Para cuantificar la posible energía que se deja de suministrar por los efectos de la potencia no activa [kVAh] que es requerida por las cargas parásitas en la ESSA E.S.P. en cada uno de sus estratos mostrados en el Cuadro 49, se tomó la información suministrada por el Sistema Único de Información (SUI) de la fecha julio de 2014 y se tuvo en cuenta como referencia el requerimiento de potencia no activa por hora por parte de los usuarios tipo de cada estrato ya cuantificado anteriormente.

Cuadro 49. Suministro de energía no utilizada por requerimientos de la potencia no activa a las cargas parásitas por parte de la ESSA E.S.P. a cada estrato del sector residencial por mes.

Estrato	Usuarios ESSA E.S.P.	Carga Parásita	
		QF[kVAh] por mes en usuario	QF[kVAh] por mes en estrato
1	136.437	9,384	1.280.325
2	248.983	9,384	2.336.456
3	127.336	19,917	2.536.151
4	70.379	47,052	3.311.473
5	9.212	56,640	521.768
6	8.632	64,137	553.631
		Total de QF[kVAh]	10.539.803

Este hipotético suministro de energía para suplir los requerimientos de la potencia no activa por parte de la ESSA E.S.P. a las cargas parásitas de 10.539.803[kVAh] al mes es energía que solo disminuye el factor de potencia y eleva la corriente del sistema eléctrico, lo cual es algo que no desea las empresas comercializadoras de energía eléctrica.

6.4.3 Incidencia del consumo de la energía requerida de potencia no activa por parte de las cargas parásitas a nivel nacional. Como ejercicio académico para cuantificar la energía requerida por potencia no activa de las cargas parásitas en los usuarios del sector residencial en toda Colombia, se tuvo en cuenta los valores de potencia no activa de las cargas parásitas y el tiempo en el cual estas cargas están conectadas en los usuarios tipo de cada estrato ya calculados anteriormente y la información suministrada por el SUI de la fecha julio de 2014 del número de usuarios en cada uno de los estratos a nivel nacional como se muestra en el cuadro 50.

Cuadro 50. Consumo de la energía requerida por la potencia no activa por parte de las cargas parásitas a nivel nacional por mes.

Estrato	Usuarios en Colombia	Carga Parásita	
		QF[kVAh] por mes en usuario	QF[kVAh] por mes en estrato
1	2.981.102	9,384	27.974.661
2	4.230.852	9,384	39.702.315
3	2.523.600	19,917	50.262.541
4	813.916	47,052	38.296.376
5	329.826	56,640	18.681.345
6	195.415	64,137	12.533.332
		Total de QF[kVAh]	187.450.570

Al extrapolar a nivel nacional el consumo de la energía requerida por la potencia no activa de las cargas parásitas es 87.450.570[kVAh] al mes lo cual evidencia un alto nivel de energía que no representa ninguna utilidad y si trae inconvenientes a la red disminuyendo el factor de potencia y elevando el valor eficaz de la corriente del sistema eléctrico.

7. SOLUCIONES AL CONSUMO DE POTENCIA DE LAS CARGAS PARÁSITAS

El consumo energía eléctrica para suplir los requerimientos de potencia de las cargas parásitas es inconveniente tanto para el usuario como para el prestador de servicio. A continuación se plantean algunas soluciones para reducir o evitar estos consumos.

7.1 DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

En el mercado se encuentran distintas clases de dispositivos que controlan de forma remota o localizada la operación de distintas cargas. Si a estos dispositivos se conectan las cargas parásitas se puede disminuir su incidencia y el consumo de energía eléctrica y el requerimiento de potencia no activa ya que serán desconectados de la red de forma automática. Estos dispositivos operan de forma que tienen programado un tiempo de trabajo, es decir que permiten el flujo de corriente solo en determinadas horas del día.

Estos dispositivos varían su costo dependiendo de la forma de ser accionados y por las funciones que traen consigo, a continuación se muestran distintas clases de estos.

- Conserve Power Switch™

Este conservador de energía (Figura 30) tiene un costo aproximado de \$6.99 US, tiene la capacidad de aislar cargas de forma manual sin ser desconectadas con su interruptor lateral, su características de operación son 120V~/15A/60Hz/1800W.

Figura 30. Conserve Power Switch™



Fuente: Belkin⁴².

- Conserve Socket™

Este conservador de energía (Figura 31) tiene un valor de \$9.99 US, tiene la capacidad de permitir el flujo de corriente en tiempo desde media hora, 3 y 6 horas, sus especificaciones de operación son 120V~/15A/60Hz/1800W.

Figura 31. Conserve Socket™



Fuente: Belkin⁴³.

⁴² [en línea] http://www.amazon.com/Belkin-F7C016q-Conserve-PowerSwitch/dp/B005MYN3OO/ref=sr_1_2?ie=UTF8&qid=1421900752&sr=8-2&keywords=conserve+power+switch [citado en septiembre de 2014]

⁴³ [en línea] http://www.amazon.com/Belkin-Conserve-Socket-F7C009-EnergySaving/dp/B003P2UMS0/ref=sr_1_1?ie=UTF8&qid=1421900805&sr=8-1&keywords=Conserve+Socket%E2%84%A2 [citado en septiembre de 2014]

- Conserve Switch™

Esta regleta conservadora de energía (Figura 32) permite el aislamiento de 6 cargas mediante su control remoto inalámbrico, tiene un costo de \$39.99 US, Tiene la capacidad de conectar 8 cargas de las cuales 6 son controladas por su control remoto, sus características de operación son 15A/120V~/60Hz/1800W.

Figura 32. Conserve Switch™



Fuente: Belkin⁴⁴.

- Floureon® Programable Digital Timer Socket Switch

Este Interruptor (Figura 33) tiene la capacidad de crear un horario semanal en el que su funcionamiento se programa de acuerdo con el uso que tenga la carga a conectar. Tiene un costo de \$13.99 US y sus características de funcionamiento son 120V AC / 15A /1800W.

⁴⁴ [en línea] http://www.amazon.com/Belkin-Conserve-Switch-Energy-SavingProtector/dp/B003P2UMNK/ref=sr_1_1?ie=UTF8&qid=1421900832&sr=8-1&keywords=Conserve+Switch [citado en septiembre de 2014].

Figura 33. Floureon® Programable Digital Timer Socket Switch.



Fuente: Amazon⁴⁵.

- Ankuoo NEO Wi-Fi Smart Switch

Este conservador de energía (Figura 34) a diferencia de los anteriores permite el control del flujo de corriente de forma remota desde cualquier lugar del mundo debido a su conexión a internet siendo operado desde un Smartphone IOS o Android, tiene la posibilidad de programar un horario, encender o apagar cargas. Tiene un costo alrededor de \$36.99 US y sus características de operación son 120V/15A/60Hz/1800W.

Figura 34. Ankuoo NEO Wi-Fi Smart Switch.



Fuente: Amazon⁴⁶.

⁴⁵ [en línea] http://www.amazon.com/Floureon-Display-Programmable-DigitalSetting/dp/B00JGPP7B2/ref=sr_1_1?ie=UTF8&qid=1421900890&sr=8-1&keywords=Floureon%C2%AE+Programmable+Digital+Timer+Socket+Switch [citado en septiembre de 2014]

⁴⁶ [en línea] http://www.amazon.com/Ankuoo-Automation-Android-SmartphonesTablets/dp/B00NAX2GVU/ref=sr_1_2?ie=UTF8&qid=1421900948&sr=8-2&keywords=Ankuoo+NEO+Wi-Fi+Smart+Switch [citado en septiembre de 2014]

- Ankuoo NEO PRO Wi-Fi Smart Switch

Este interruptor conservador de energía (Figura 35) es de la familia del anteriormente mencionado pero de gama alta ya que además de tener la capacidad de controlar cargas de forma remota mediante el acceso a internet permite monitorizar la cantidad de energía consumida en KWh al día, semana, mes o año y de fácil configuración en su aplicación, tiene un costo aproximado de \$50.00 US, las características de operación continua son 120V/15A/60Hz/1800W.

Figura 35. Ankuoo NEO PRO Wi-Fi Smart Switch.



Fuente: Amazon⁴⁷.

Los dispositivos anteriormente mostrados se denominarían como una inversión que se puede recuperar en un corto periodo de tiempo dependiendo el estrato en que se desee instalar, del dispositivo adquirido y de la cantidad que se desee instalar, por ejemplo un hogar de estrato 4 que desee comprar un Ankuoo NEO Wi-Fi Smart Switch por valor aproximado de \$70.000 pesos colombianos se recuperaría el dinero en 2.2 meses aproximadamente según el Cuadro 43 donde se puede observar que el valor de consumo de potencia activa es de \$32,052 pesos colombianos.

⁴⁷ [en línea] http://www.amazon.com/Controlling-Electronics-Monitoring-AutomationSmartphones/dp/B00S31WCAO/ref=sr_1_3?ie=UTF8&qid=1421900984&sr=8-3&keywords=Ankuoo+NEO+PRO+Wi-Fi+Smart+Switch [citado en septiembre de 2014].

7.2 COMPONENTE SOCIAL Y CULTURAL

Los valores de pérdidas de energía de las cargas parásitas, tienen sus consecuencias en la red eléctrica. Para reducir o eliminar las necesidades de energía de estas cargas se puede tener varias posibles soluciones para esta problemática por medio de dispositivos electrónicos que controlen el tiempo de uso de estos electrodomésticos como los vistos anteriormente como también se puede tratar este problema desde la reeducación del usuario.

Esto se lograría con el uso de la programación neurolingüística, según Joseph O'Connor⁴⁸ la PNL es la habilidad práctica que crea los resultados que verdaderamente se quiere en el mundo. "Aprender, desaprender y reaprender" es la clave de este proceso, son cuatro etapas por las que se deben pasar para aprender. Esto se explica de mejor forma con el siguiente ejemplo: Supongamos que una persona X desea aprender a conducir un auto pero nunca antes lo ha hecho, a esta etapa se le llama incompetencia inconsciente, al iniciar el proceso de aprendizaje se da cuenta de sus propias limitantes, pero con el transcurrir de las clases se fija de forma consciente de todos los instrumentos usados, el volante, los espejos, embrague pero aun esa persona no es competente, esta etapa es denominada incompetencia consciente, el siguiente paso que se da es cuando esta persona logra manejar pero aun así requiere toda la atención al hacerlo, esto quiere decir que domina la habilidad pero requiere controlar todas las variables, esta etapa es llamada competencia consciente, finalmente esta persona logra conducir de forma tal que puede escuchar música, fijar su mira en el paisaje, hablar o hasta cantar y aun así conducir de forma correcta, esta última etapa es denominada competencia inconsciente. En este caso donde el usuario ya tiene un conocimiento de un uso inadecuado de unos dispositivos electrónicos, se debe realizar una etapa de desaprendizaje, es decir llevar al usuario de la etapa de competencia

⁴⁸ Introducción a la programación neurolingüística Joseph O'Connor – Jhon Seymour Ediciones Urano p.34

inconsciente a la etapa incompetencia consciente y luego realizar un proceso de aprendizaje yendo de una incompetencia consciente a una competencia inconsciente.

Estas campañas deben llevar al usuario al punto de que por sí mismo y de forma inconsciente desconecte estos tipos de cargas al momento que se encuentren conectadas a la red sin estar prestando su función principal haciéndole conocer las causas económicas y los beneficios que esta acción traería consigo.

El fin de estas campañas es generar un cambio en la forma de pensar y actuar en el consumidor a mediano plazo y a su vez que sea él mismo un canal multiplicador del mensaje para así llegar en menor tiempo a una mayor cantidad de personas y tener beneficios de forma bilateral, la realización de esta concientización social es un ejemplo de relación ganar-ganar en la cual se beneficia tanto el usuario como el operador de red.

7.3 PERSPECTIVA DESDE EL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA

Debido a los grandes avances tecnológicos en la electrónica, los artefactos de uso residencial han adoptado este tipo de tecnología para su funcionamiento, llevando a que en la actualidad la mayoría de los electrodomésticos usen fuentes de alimentación compuestas principalmente por transformadores reductores de tensión y rectificadores de tensión de onda completa AC/DC para que puedan funcionar correctamente. Cuando los electrodomésticos son apagados de forma electrónica por medio de un pulsador o de manera remota con un control no se garantiza que la fuente de alimentación (transformador y rectificador) haya sido desconectada completamente del suministro de energía eléctrica, llevando a que estas fuentes sigan conectadas.

El consumo de energía de las cargas eléctricas parásitas es indeseado e innecesario, ya que el electrométrico no está encendido ni prestando su función principal, este consumo de energía influye en el consumidor como un gasto económico adicional, y a la empresa prestadora del servicio tener que generar o suministrar energía eléctrica que supla los requerimientos de potencia activa y potencia no activa teniendo en cuenta que ninguna de estas dos potencia en realidad están generando un trabajo útil, y además reduciendo la capacidad de transporte de potencia eléctrica de los conductores de energía eléctrica tanto en la etapa de transmisión como la de distribución.

La estrategia más fácil y que no requiere inversión económica para adquirir equipos que supriman y eviten el consumo de energía eléctrica de las cargas parásitas en el sector residencial implica un factor cultural debido a que es un hábito que los usuarios mantengan actualmente la mayoría de los electrodomésticos permanentemente conectados a la red eléctrica cuando no se encuentran en uso, por ejemplo el televisor, equipo de sonido, DVD, consola de video juegos, entre otros.

La equivocada decisión de no desconectar eléctricamente los equipos domésticos de la clavija cuando no están en uso es debido a que la mayoría cuenta con controles remotos los cuales fueron implementados a principios de 1950 por Zenith Radio en el sector residencial brindando la facilidad de encender y manipular el artefacto desde una distancia considerable, como no lo era en tiempos pasados donde las funciones del artefacto se encontraban en un panel de control con botones o perillas ensambladas en su carcasa.

Los usuarios del sector residencial con la sencilla acción de desconectar los electrodomésticos en el momento de apagarlos y conectarlos nuevamente cuando

se vaya a usar ahorrarían ciertos kilo watts hora [kWh] los cuales se verían reflejados en disminuciones económicas en la factura mensual cobrada por la empresa comercializadora de energía eléctrica a la cual se encuentra vinculada, además en un caso hipotético donde todos los usuarios del sector residencial asumieran esta práctica ayudarían a cumplir las metas propuestas por el PROURE y el URE en cuanto optimizar el uso de energía eléctrica y disminuir la demanda de energía eléctrica de este sector, si se propone y se adopta la cultura de desconectar los electrodomésticos cuando no están en uso las empresas suministradoras de energía no tendrían que aportar la energía innecesaria consumida por las cargas parásitas al sector residencial, liberando capacidad de transporte de energía de los conductores y suprimiendo la distorsión armónica en corriente producida por estas cargas cuando están apagadas y aun conectadas a la red eléctrica.

En este escenario teniendo en cuenta la expansión de ciudades y el alto crecimiento poblacional, los usuarios del sector residencial son los grandes implicados en el ahorro de energía y reducir su demanda diaria, siendo el sector que más usuario y demanda mensual requiere a nivel nacional según los últimos reportes del Sistema Unificado de Información (SUI) en julio de 2014, si se siguen las directrices del URE y del PROURE en el escenario alternativo donde se espera sustituir las bombillas incandescentes por iluminación ahorradora de energía, que presentan muy bajas pérdida a lo que se refiere a la iluminación, cambiar progresivamente la refrigeración y demás dispositivos de uso residencial por tecnologías más eficientes, y si además de esto se generaran estrategias para suprimir la energía eléctrica que consumen los electrodomésticos considerados cargas parásitas en modo apagado se elevaría el porcentaje de ahorro de energía en el sector residencial.

8. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

La realización de este trabajo de grado ha permitido realizar un análisis de las características y comportamiento de las cargas parásitas, donde se ha logrado establecer el impacto que pueden tener estas cargas en el sistema eléctrico es importante, afectando el uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

A continuación los autores presentan las conclusiones del trabajo realizado y algunos trabajos futuros que se podrían desarrollar a partir del proyecto realizado.

8.1 CONCLUSIONES

Las conclusiones más relevantes del trabajo realizado son las siguientes:

Los resultados del presente trabajo de grado cuantifican el consumo de energía eléctrica relacionada a los artefactos de uso doméstico que permanecen en modo apagado pero energizados (cargas parásitas). Los consumos registrados advierten la necesidad de profundizar el estudio de las cargas parásitas y su incidencia en el consumo individual y acumulado de los sistemas eléctricos residenciales, especialmente por la oportunidad de reducción de la capacidad de proveer trabajo útil y el incremento de los consumos de energía. Escalar el consumo de las cargas parásitas en el espectro energético a nivel nacional se hace necesario para adelantar estrategias que permitan la reducción de este fenómeno y un aporte significativo a los resultados de los programas enfocados hacia el uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

Con este trabajo de grado se cuantificó el consumo de energía eléctrica de diversos artefactos de uso doméstico cuando se encuentran en modo apagado y continúan conectados a la red eléctrica considerándolos como cargas parásitas. Este consumo influye para cuantificar su incidencia en el perfil de demanda en un usuario típico residencial pudiendo llegar en algunos casos a impactar en el orden de los kilo watt hora al mes ocasionando un costo económico adicional ya que los electrodomésticos no se encuentran en uso.

Al generalizar este consumo de energía con los usuarios existentes a nivel nacional se pueden llegar a cifras de los Giga watt hora en un mes de energía que no está representando ninguna utilidad y que se podría evitar con el simple hecho de desconectar la carga cuando no se está utilizando.

La mayoría de los artefactos de uso doméstico que basan su funcionamiento con tecnología electrónica son considerados como cargas parásitas ya que al ser apagados componentes como transformadores reductores de tensión y rectificadores de onda completa de tensión AC/DC continúan conectados a la red requiriendo cierta cantidad de potencia eléctrica.

Las cargas eléctricas parásitas también requieren del consumo de energía reactiva, lo cual corrobora que cuando el electrodoméstico se encuentra en modo apagado continúan conectados dispositivos como bobinas y condensadores los cuales demandan este tipo de energía.

Las cargas parásitas durante su utilización quieren potencia no activa, (potencia reactiva y potencia de distorsión) la cual no es cuantificada y por lo tanto no es facturada a los usuarios del sector residencial, y afecta el dimensionamiento del

sistema eléctrico que está suministrando la energía (operador de red), reduciendo la capacidad de transporte de energía eléctrica activa.

En el desarrollo del trabajo de grado se evidenció que el sector que demanda la mayor cantidad de energía eléctrica activa en kilo watt hora al mes a nivel nacional es el residencial, contando además con el mayor número de usuarios, lo que quiere decir que si se desea ahorrar, reducir y optimizar el consumo de energía eléctrica, en este sector, se generara un gran impacto el disminuir el consumo de energía por parte de las cargas parásitas.

Evitar y suprimir el consumo de energía eléctrica de las cargas parásitas por parte de los usuarios del sector residencial requiere de campañas de sensibilización e información a nivel municipal, departamental y nacional sobre cómo identificar las cargas parásitas y sus implicaciones del consumo de energía eléctrica tanto a nivel económico como a nivel de eficiencia energética.

El factor presente en los usuarios residenciales para que se desconozca el consumo de energía eléctrica por parte de los electrodomésticos cuando no se encuentran en uso y continúan conectados a la red eléctrica, es la creencia que al momento de apagar el artefacto inmediatamente deja de consumir energía.

8.2 RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Las recomendaciones y posibles trabajos futuros que los autores consideran son:

Para reducir y tratar de eliminar el consumo de energía eléctrica de las cargas parasitas a un corto plazo, es necesario generar campañas de sensibilización a nivel municipal, departamental y nacional en los usuarios del sector residencial sobre la identificación de los electrodomésticos considerados cargas parásitas y su implicación en el consumo de energía eléctrica cuando se encuentran apagados y permanecen conectados a la red eléctrica.

Se requiere que a futuro se realice un estudio de la incidencia de las cargas eléctricas parásitas en los perfiles de demanda en el sector comercial e industrial teniendo en cuenta que en la actualidad estos sectores utilizan equipos de alta potencia que son controlados de manera electrónica elevando la posibilidad de que sean cargas parásitas en el momento que sean apagados y continúen conectados al suministro de energía eléctrica, como el caso de los motores usados en la industria los cuales pueden ser controlados por diversos equipos electrónicos como variadores de velocidad, los cuales siguen conectados a la red eléctrica luego de no estar en funcionamiento el motor que controlan.

Se sugiere como solución a largo plazo del consumo de energía de las cargas parásitas, crear reglamentos los cuales den rangos de consumo máximo de energía eléctrica cuando los artefactos se encuentren apagados o en modo standby, para motivar a que los fabricantes de electrodomésticos generen estrategias y nuevas tecnologías encaminadas a reducir el requerimiento de potencia cuando una carga se encuentre apagada y conectada a la red.

BIBLIOGRAFÍA

AGILENT TECHNOLOGIES. Agilent AN 1273. Compliance Testing to the IEC 1000-3-2 (EN 61000-3-2) and IEC 1000-3-3 (EN 61000-3-3) Standards. Copyright © 1995, 2000 Agilent Technologies Printed in U.S.A. 10/00

ANTONIO CATALIOTTI, VALENTINA COSENTINO. A New Measurement Method for the Detection of Harmonic Sources in Power Systems Based on the Approach of the IEEE Std. 1459–2000. IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, VOL. 25, NO. 1, JANUARY 2010. 2000.

B. LEBOT, A. MEIER, AND A. ANGLADE, “Global Implications of Standby Power Use,” in Proc. of ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, California, United States, Jun. 2000.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS - CREG. Resolución 025 de 1992. Ministerio de minas y energía. República de Colombia.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS - CREG. Código de redes. Código de operación. Ministerio de minas y energía. República de Colombia.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS - CREG. Resolución 097 de 2008. Ministerio de minas y energía. República de Colombia.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS - CREG. Resolución 119 DE 2007. Artículo 4. Ministerio de minas y energía. República de Colombia.

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS - CREG. Resolución 186 de 2010. Ministerio de minas y energía. República de Colombia.

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA, Ley 697 de 2001. República de Colombia. 2001.

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ley 1715 del 13 de mayo de 2014.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. DANE - Encuesta nacional de calidad de vida 2013. República de Colombia. Marzo 2014.

ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P. COMITÉ DE NORMAS. Proceso gestión expansión del sistema. Normas para cálculo y diseño de sistemas de distribución. Proceso gestión expansión del sistema .2005

FLUKE. Manual de uso. Analizadores trifásicos de calidad eléctrica y energía 435 Serie II. Enero de 2012.

FLUKE. Pinzas i5sPQ3 para Analizadores trifásicos de calidad eléctrica y energía Fluke 435 Serie II (pinzas amperimétricas CA de 5 A).

GIOVANNI OSWALDO JIMÉNEZ MOLANO. Cálculo de la Potencia Reactiva para la Implementación de Bancos de Condensadores en Cargas Aisladas. Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación. Programa de Maestría en Ingeniería - Automatización Industrial. Universidad Nacional de Colombia. Manizales, febrero de 2008.

ING. ANA PAULA CARRANZA, ING. GONZALO CORREA, ING. SUSANA MASOLLER, ING. EDUARDO TOUYA. Influencia del tercer armónico en corriente en el dimensionado del conductor de neutro de una instalación eléctrica de baja tensión.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, Things that go Blip in the Night: Standby Power and How to Limit it. Paris, France: OECD, 2001.

J. SCHONEK. Las particularidades de 3er armónico. Cuaderno Técnico n° 202. Schneider Electric. Julio 2000.

JUAN VAN ROY AND JOHAN DRIESEN, A Profile-Based Identification of Standby and Useless Electricity Consumption in Buildings. University of Leuven. Department of Electrical Engineering (ESAT), Division ELECTA University of Leuven (KU Leuven) Leuven, Belgium 2013.

Medición de Parámetros de Calidad de Energía bajo el estándar IEC61000-4-30.

MORA-BARAJAS M.A., BAÑUELOS-SÁNCHEZ P. Contaminación armónica producida por cargas no lineales de baja potencia: modelo matemático y casos prácticos. Departamento de Computación, Electrónica, y Mecatrónica. Escuela de Ingeniería. Universidad de las Américas Puebla. Octubre de 2009.

MUHAMMAD H. RASHID, Electrónica de potencia. Circuitos, dispositivos y aplicaciones. Segunda edición. Prentice Hall Hispanoamerica, S.A. 1993

PRIAS OMAR, Hacia un nuevo concepto de la Eficiencia Energética.

PRIAS OMAR, Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales. Plan de acción 2010-2015. Ministerio de Minas y Energía. República de Colombia. 2010.

RTR ENERGÍA S.L. Los Armónicos y la Calidad de la Energía Eléctrica.

SISTEMA ÚNICO DE INFORMACIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS – SUI. Superintendencia de servicios públicos domiciliarios. República de Colombia.

STEPHEN J. CHAPMAN. Maquinas Eléctricas. Mc Graw Hill. 3ra edición.

SUBDIRECCIÓN DE PLANEACIÓN ENERGÉTICA. Grupo de Demanda Energética. Proyección de Demanda de Energía en Colombia. UPME. Revisión octubre de 2010.

SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS. Ley 142 de 1994. República de Colombia.

XM S.A. E.S.P. Filial de ISA. Conceptos básicos - Control de frecuencia.

ANEXOS.

Anexo A. Caracterización del sector residencial eléctrico

Cuadro 51. Consumo de energía eléctrica en Colombia por sectores en kWh.

Empresa	Residencial	Industrial	Comercial	Oficial	Otros
A.S.C INGENIERÍA SOCIEDAD ANÓNIMA SA ESP.	27777	290511	809151	111684	453730
CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CALDAS S.A. E.S.P.	43647738	10112821	15829933	1175868	3923829
CENTRALES ELÉCTRICAS DE NARIÑO S.A. E.S.P.	29353441	1743619	5798708	2257619	3646428
CENTRALES ELÉCTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. ESP	59060976	11331510	22014440	5066916	3161235
CODENSA S.A. ESP	391471383	79521223	166935776	21025104	43053552
COMPAÑÍA ENERGÉTICA DE OCCIDENTE S.A.S. ESP.	27312031	3828150	4045694	2082925	258235
COMPAÑÍA DE ELECTRICIDAD DE TULUÁ S.A. E.S.P.	7684686	4307365	3065542	664044	273989
COMPAÑÍA ENERGÉTICA DEL TOLIMA S.A. E.S.P	39256917	5545031	18512476	5577192	7143262
DISTRIBUIDORA Y COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA S.A. E.S.P.	1312937	27538032	24158174	799710	211830
E2 ENERGÍA EFICIENTE S.A. E.S.P.		519359	5784606		
ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.	83693986	14397371	37025182	4785100	8151799
ELECTRIFICADORA DEL CAQUETA S.A. ESP	6714837	365098	3237444	1658471	718442
ELECTRIFICADORA DEL CARIBE S.A. E.S.P.	453404968	142245019	176465817	20156060	70257904
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A. E.S.P.	31933062	4582494	11477519	3429168	5643481
ELECTRIFICADORA DEL META S.A. E.S.P.	28432682	8851668	14338734	3728484	4269240
EMGESA S.A. E.S.P.		204353111	36918834	2855253	25643240
EMPRESA DE ENERGÍA DE ARAUCA	6873176	36007	1706962	1983189	473695
EMPRESA DE ENERGÍA DE BOYACA S.A. ESP	21720664	4876978	8953873	2118759	5582286
EMPRESA DE ENERGÍA DE CASANARE SA ESP	11640117	2865497	4964946	2355840	844367
EMPRESA DE ENERGÍA DE CUNDINAMARCA S.A. ESP	28602870	2649812	8771214	4675127	3770404
EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDIO S.A.E.S.P.	17106301	3188755	8024408	1634820	2741564
EMPRESA DE ENERGÍA DEL BAJO PUTUMAYO S.A. E.S.P.	1902510	259847	744126	289265	114426
EMPRESA DE ENERGÍA DEL VALLE DE SIBUNDOY S.A. E.S.P.	640102	34818	42179	20566	214
EMPRESA DE ENERGÍA DE PEREIRA S.A. E.S.P.	18289237	4066466	12416116	1512283	6897036
EMPRESA DE ENERGÍA DEL PACÍFICO S.A. E.S.P.	53488714	50881325	26014807	3084283	13110724
EMPRESA DISTRIBUIDORA DEL PACÍFICO S.A. E.S.P	8804272	59264	2191779	1078507	620435
EMPRESA MUNICIPAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA S.A.-E.S.P	66368	448906	171897	114326	362
EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI E.I.C.E.E.S.P	94510112	33979698	58693455	25807456	20019202
EMPRESAS MUNICIPALES DE CARTAGO E.S.P.	4543096	1353411	2606753	340120	
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P.	262714283	236258977	171637248	29324192	34818587
ENERGÍA & AGUA SAS ESP		1457330	1117986		853178
ENERGÍA EMPRESARIAL DE LA COSTA S.A. E.S.P.		30020035	1577550		1367913
ENERGÍA SOCIAL DE LA COSTA S.A. ESP	54912218		242557	19846	104894
ENERTOTAL S.A. E.S.P.	2356898	16899744	15422894	229908	1581932
GENERADORA Y COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA DEL CARIBE S.A. E.S.P		9023399			
GENERSA S.A.S. E.S.P.		853926			
ISAGEN S.A. E.S.P.		245871106			117663
ITALCOL ENERGÍA S.A. ESP.		5869458			
PROFESIONALES EN ENERGÍA S.A. E.S.P		875165	71026		669190
RENOVATIO TRADING AMERICAS SAS ESP		902658			
VATIA S.A. E.S.P.	6620843	25287298	35483968	387710	5409746

Fuente: Sistema Único de Información (SUI)⁴⁹.

⁴⁹ SUI [en línea] http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_094 [citado en septiembre de 2014].

Cuadro 52. Usuarios de los sectores eléctricos en Colombia por empresa.

Empresa	Residencial	Industrial	Comercial	Oficial	Otros
A.S.C INGENIERÍA SOCIEDAD ANÓNIMA SA ESP.	312	26	663	9	36
CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CALDAS S.A. E.S.P.	406395	1135	36617	1630	7416
CENTRALES ELÉCTRICAS DE NARIÑO S.A. E.S.P.	342457	1216	15105	1906	1834
CENTRALES ELÉCTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. ESP	368956	1044	29734	2783	744
CODENSA S.A. ESP	2424108	44088	254801	4057	7935
COMPAÑÍA ENERGÉTICA DE OCCIDENTE S.A.S. ESP.	297447	1610	11604	3280	509
COMPAÑÍA DE ELECTRICIDAD DE TULUÁ S.A. E.S.P.	52635	271	3442	171	17
COMPAÑÍA ENERGÉTICA DEL TOLIMA S.A. E.S.P	380526	450	35329	1850	3381
DISTRIBUIDORA Y COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA S.A. E.S.P.	5497	457	5140	15	4
E2 ENERGÍA EFICIENTE S.A. E.S.P.		1	202		
ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.	600979	8402	58934	4640	735
ELECTRIFICADORA DEL CAQUETA S.A. ESP	74914	54	6271	759	14
ELECTRIFICADORA DEL CARIBE S.A. E.S.P.	1794403	2854	87775	4127	10360
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A. E.S.P.	263903	814	18318	2434	1515
ELECTRIFICADORA DEL META S.A. E.S.P.	228954	292	32938	1724	893
EMGESA S.A. E.S.P.		498	198	19	93
EMPRESA DE ENERGÍA DE ARAUCA	55560	10	4413	1018	7
EMPRESA DE ENERGÍA DE BOYACÁ S.A. ESP	217664	1547	27234	2380	1832
EMPRESA DE ENERGÍA DE CASANARE SA ESP	77497	201	8344	694	327
EMPRESA DE ENERGÍA DE CUNDINAMARCA S.A. ESP	204598	1784	19889	1928	1085
EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDIO S.A.E.S.P.	148474	1516	13669	864	2295
EMPRESA DE ENERGÍA DEL BAJO PUTUMAYO S.A. E.S.P.	20299	109	2135	313	70
EMPRESA DE ENERGÍA DEL VALLE DE SIBUNDOY S.A. E.S.P.	8968	29	133	94	8
EMPRESA DE ENERGÍA DE PEREIRA S.A. E.S.P.	136695	817	14749	717	1311
EMPRESA DE ENERGÍA DEL PACÍFICO S.A. E.S.P.	413677	2234	22098	1692	835
EMPRESA DISTRIBUIDORA DEL PACÍFICO S.A. E.S.P	66593	111	3819	669	93
EMPRESA MUNICIPAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA S.A.E.S.P	987	14	33	27	1
EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI E.I.C.E S.P	567161	1596	48925	1258	728
EMPRESAS MUNICIPALES DE CARTAGO E.S.P.	36219	387	3692	147	
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P.	1845091	15867	145256	10440	2929
ENERGÍA & AGUA SAS ESP		13	13		7
ENERGÍA EMPRESARIAL DE LA COSTA S.A. E.S.P.		31	13		10
ENERGÍA SOCIAL DE LA COSTA S.A. ESP	2020		70	15	74
ENERTOTAL S.A. E.S.P.	12871	746	4998	340	111
GENERADORA Y COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA DEL CARIBE S.A. E.S.P		8			
GENERSA S.A.S. E.S.P.		18			
ISAGEN S.A. E.S.P.		256			3
ITALCOL ENERGÍA S.A. ESP.		22			
PROFESIONALES EN ENERGÍA S.A. E.S.P		16	1		6
RENOVATIO TRADING AMERICAS SAS ESP		15			
VATIA S.A. E.S.P.	18851	768	8876	22	156

Fuente: Sistema Único de Información (SUI)⁵⁰.

⁵⁰ SUI. [en línea] http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_094 [citado en septiembre de 2014].

Cuadro 53. Tarifa media del consumo de energía eléctrica en Colombia por empresa en pesos/kWh.

Empresa	Total Residencial	Industrial	Comercial	Oficial	Otros
A.S.C INGENIERÍA SOCIEDAD ANÓNIMA SA ESP.	396,456	373,388	364,544	360,309	349,167
CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CALDAS S.A. E.S.P.	403,335	275,399	391,202	379,679	356,951
CENTRALES ELÉCTRICAS DE NARIÑO S.A. E.S.P.	446,266	336,715	434,510	298,007	332,520
CENTRALES ELÉCTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. ESP	396,939	278,430	363,756	347,647	312,055
CODENSA S.A. ESP	377,610	362,135	370,043	340,534	334,295
COMPAÑÍA ENERGÉTICA DE OCCIDENTE S.A.S. ESP.	415,455	467,551	447,156	404,132	327,981
COMPAÑÍA DE ELECTRICIDAD DE TULUÁ S.A. E.S.P.	370,325	262,597	338,156	306,026	345,636
COMPAÑÍA ENERGÉTICA DEL TOLIMA S.A. E.S.P	458,979	313,143	423,540	354,238	385,386
DISTRIBUIDORA Y COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA S.A. E.S.P.	377,797	263,576	319,420	303,881	455,134
E2 ENERGÍA EFICIENTE S.A. E.S.P.		239,208	258,397		
ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.	390,304	332,431	369,518	350,403	327,486
ELECTRIFICADORA DEL CAQUETA S.A. ESP	464,807	398,230	446,974	403,028	397,776
ELECTRIFICADORA DEL CARIBE S.A. E.S.P.	332,905	270,485	310,342	327,960	304,882
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A. E.S.P.	442,468	323,407	408,232	351,676	310,684
ELECTRIFICADORA DEL META S.A. E.S.P.	424,179	286,293	422,600	351,050	393,340
EMGESA S.A. E.S.P.		244,006	263,993	290,116	247,644
EMPRESA DE ENERGÍA DE ARAUCA	447,010	394,411	428,586	401,981	347,504
EMPRESA DE ENERGÍA DE BOYACA S.A. ESP	466,389	351,977	454,782	432,599	333,353
EMPRESA DE ENERGÍA DE CASANARE SA ESP	394,951	312,474	383,761	355,187	372,568
EMPRESA DE ENERGÍA DE CUNDINAMARCA S.A. ESP	456,026	395,300	440,418	402,648	412,031
EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDIO S.A.E.S.P.	375,648	329,935	351,117	329,722	351,255
EMPRESA DE ENERGÍA DEL BAJO PUTUMAYO S.A. E.S.P.	495,290	435,372	483,342	457,145	433,630
EMPRESA DE ENERGÍA DEL VALLE DE SIBUNDOY S.A. E.S.P.	442,867	429,571	437,413	435,290	471,967
EMPRESA DE ENERGÍA DE PEREIRA S.A. E.S.P.	363,741	291,510	323,444	327,067	343,007
EMPRESA DE ENERGÍA DEL PACÍFICO S.A. E.S.P.	402,991	255,270	324,517	347,493	311,372
EMPRESA DISTRIBUIDORA DEL PACIFICO S.A. E.S.P	389,655	387,644	387,964	372,945	360,063
EMPRESA MUNICIPAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA S.A.-E.S.P	246,912	272,183	301,281	240,435	453,569
EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI E.I.C.E E.S.P	385,529	277,099	351,320	388,820	416,756
EMPRESAS MUNICIPALES DE CARTAGO E.S.P.	462,168	411,450	403,956	414,147	
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P.	392,188	238,027	317,793	288,117	293,268
ENERGÍA & AGUA SAS ESP		264,218	261,300		261,363
ENERGÍA EMPRESARIAL DE LA COSTA S.A. E.S.P.		221,310	261,385		252,777
ENERGÍA SOCIAL DE LA COSTA S.A. ESP	370,624		379,579	388,226	384,896
ENERTOTAL S.A. E.S.P.	494,337	320,302	439,008	427,037	432,475
GENERADORA Y COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA DEL CARIBE S.A. E.S.P		196,486			
GENERSA S.A.S. E.S.P.		302,442			
ISAGEN S.A. E.S.P.		203,304			215,893
ITALCOL ENERGÍA S.A. ESP.		320,812			
PROFESIONALES EN ENERGÍA S.A. E.S.P		303,133	293,422		297,398
RENOVATIO TRADING AMERICAS SAS ESP		242,424			
RUITOQUE S.A. E.S.P.	351,595	276,047	311,922		298,498
VATIA S.A. E.S.P.	323,735	281,336	322,992	291,498	286,698

Fuente: Sistema Único de Información (SUI)⁵¹.

⁵¹ SUI. [en línea] http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_094 [citado en septiembre de 2014].

Cuadro 54. Usuarios en cada estrato en el sector residencial eléctrico por empresa.

Empresa	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6
A.S.C INGENIERÍA SOCIEDAD ANÓNIMA SA ESP.		63	152	97		
CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CALDAS S.A. E.S.P.	76877	165964	119037	27731	7102	9684
CENTRALES ELÉCTRICAS DE NARIÑO S.A. E.S.P.	190243	104562	33601	11373	2668	10
CENTRALES ELÉCTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. ESP	103978	180212	58876	21580	3734	576
CODENSA S.A. ESP	184065	1014065	794531	267747	90370	73330
COMPAÑÍA ENERGÉTICA DE OCCIDENTE S.A.S. ESP.	199370	58848	27172	8560	2960	537
COMPAÑÍA DE ELECTRICIDAD DE TULUÁ S.A. E.S.P.	3877	25159	16319	3709	3494	77
COMPAÑÍA ENERGÉTICA DEL TOLIMA S.A. E.S.P	102662	192907	61046	18618	4429	864
DISTRIBUIDORA Y COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA S.A. E.S.P.	8	317	413	1671	2539	549
E2 ENERGÍA EFICIENTE S.A. E.S.P.						
ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.	136437	248983	127336	70379	9212	8632
ELECTRIFICADORA DEL CAQUETA S.A. ESP	48186	20183	5885	660		
ELECTRIFICADORA DEL CARIBE S.A. E.S.P.	923502	537081	208334	69436	26470	29580
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A. E.S.P.	97528	131033	25435	7808	1884	215
ELECTRIFICADORA DEL META S.A. E.S.P.	59519	87189	65846	11344	3835	1221
EMGESA S.A. E.S.P.						
EMPRESA DE ENERGÍA DE ARAUCA	35250	15607	4157	546		
EMPRESA DE ENERGÍA DE BOYACA S.A. ESP	23882	121179	55422	13266	3915	
EMPRESA DE ENERGÍA DE CASANARE SA ESP	24198	38640	12837	1813	9	
EMPRESA DE ENERGÍA DE CUNDINAMARCA S.A. ESP	32300	96618	51499	19437	2989	1755
EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDIO S.A.E.S.P.	34551	55921	37007	10881	8869	1245
EMPRESA DE ENERGÍA DEL BAJO PUTUMAYO S.A. E.S.P.	13568	6053	678			
EMPRESA DE ENERGÍA DEL VALLE DE SIBUNDOY S.A. E.S.P.	7199	1743	26			
EMPRESA DE ENERGÍA DE PEREIRA S.A. E.S.P.	21571	44775	25973	21462	13620	9294
EMPRESA DE ENERGÍA DEL PACÍFICO S.A. E.S.P.	115443	199113	80226	13980	4585	330
EMPRESA DISTRIBUIDORA DEL PACIFICO S.A. E.S.P	58239	5617	2703	8		26
EMPRESA MUNICIPAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA S.A.-E.S.P	68	880	16	23		
EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI E.I.C.E E.S.P	104758	156590	180307	65524	43687	16295
EMPRESAS MUNICIPALES DE CARTAGO E.S.P.	5120	12010	13938	3972	1054	125
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P.	375156	705703	508260	132873	86117	36982
ENERGÍA & AGUA SAS ESP						
ENERGÍA EMPRESARIAL DE LA COSTA S.A. E.S.P.						
ENERGÍA SOCIAL DE LA COSTA S.A. ESP	2020					
ENERTOTAL S.A. E.S.P.	1524	3328	2072	3234	2098	615
GENERADORA Y COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA DEL CARIBE S.A E.S.P						
GENERSA S.A.S. E.S.P.						
ISAGEN S.A. E.S.P.						
ITALCOL ENERGÍA S.A. ESP.						
PROFESIONALES EN ENERGÍA S.A E.S.P						
RENOVATIO TRADING AMERICAS SAS ESP						
VATIA S.A. E.S.P.	3	509	4496	6184	4186	3473

Fuente: Sistema Único de Información (SUI)⁵².

⁵² SUI. [en línea] http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_094 [citado en septiembre de 2014].

Cuadro 55. Tarifas medias en el sector eléctrico Residencial Colombiano por sector de cada empresa en pesos/kWh.

Empresa	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Estrato 5	Estrato 6
A.S.C INGENIERÍA SOCIEDAD ANÓNIMA SA ESP.		389,005	404,906	389,005		
CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CALDAS S.A. E.S.P.	405,879	406,446	404,809	394,293	382,475	380,141
CENTRALES ELÉCTRICAS DE NARIÑO S.A. E.S.P.	442,244	449,952	450,284	449,670	446,327	451,891
CENTRALES ELÉCTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. ESP	399,274	397,820	396,197	392,250	387,678	375,758
CODENSA S.A. ESP	372,357	379,127	378,383	374,005	378,130	376,487
COMPAÑIA ENERGÉTICA DE OCCIDENTE S.A.S. ESP.	401,037	429,411	442,070	448,594	437,403	435,339
COMPAÑIA DE ELECTRICIDAD DE TULUÁ S.A. E.S.P.	370,795	370,289	370,484	369,912	370,469	359,458
COMPAÑIA ENERGÉTICA DEL TOLIMA S.A. E.S.P	460,257	460,324	459,110	451,909	441,406	447,393
DISTRIBUIDORA Y COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA ELÉCTRICA S.A. E.S.P.	431,235	383,338	379,123	381,909	376,201	376,073
E2 ENERGÍA EFICIENTE S.A. E.S.P.						
ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A. E.S.P.	397,703	393,254	391,464	379,793	368,566	364,370
ELECTRIFICADORA DEL CAQUETA S.A. ESP	463,591	465,292	470,210	465,186		
ELECTRIFICADORA DEL CARIBE S.A. E.S.P.	327,425	330,341	341,065	352,159	342,574	342,538
ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A. E.S.P.	442,452	445,191	440,662	431,099	423,038	414,321
ELECTRIFICADORA DEL META S.A. E.S.P.	425,808	427,152	422,999	417,688	402,832	414,805
EMGESA S.A. E.S.P.						
EMPRESA DE ENERGÍA DE ARAUCA	452,238	441,461	440,098	441,306		
EMPRESA DE ENERGÍA DE BOYACA S.A. ESP	468,038	467,154	466,679	457,912	456,747	
EMPRESA DE ENERGÍA DE CASANARE SA ESP	389,961	397,361	396,542	388,918	400,170	
EMPRESA DE ENERGÍA DE CUNDINAMARCA S.A. ESP	459,316	458,090	458,023	451,655	446,009	421,356
EMPRESA DE ENERGÍA DEL QUINDIO S.A.E.S.P.	380,213	380,411	375,962	362,953	356,603	355,970
EMPRESA DE ENERGÍA DEL BAJO PUTUMAYO S.A. E.S.P.	495,355	495,401	493,854			
EMPRESA DE ENERGÍA DEL VALLE DE SIBUNDOY S.A. E.S.P.	442,876	442,845	442,896			
EMPRESA DE ENERGÍA DE PEREIRA S.A. E.S.P.	366,841	365,958	367,231	363,265	357,462	353,773
EMPRESA DE ENERGÍA DEL PACÍFICO S.A. E.S.P.	404,643	402,741	403,521	399,654	396,207	380,514
EMPRESA DISTRIBUIDORA DEL PACIFICO S.A. E.S.P	388,960	392,373	394,475	393,700		
EMPRESA MUNICIPAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA S.A.E.S.P	177,010	246,457	328,430	372,518		
EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI E.I.C.E E.S.P	375,392	392,622	389,121	382,020	382,903	377,011
EMPRESAS MUNICIPALES DE CARTAGO E.S.P.	462,516	462,472	462,365	461,453	461,188	448,602
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P.	393,969	394,842	393,662	387,663	384,502	376,842
ENERGÍA & AGUA SAS ESP						
ENERGÍA EMPRESARIAL DE LA COSTA S.A. E.S.P.						
ENERGÍA SOCIAL DE LA COSTA S.A. ESP	370,624					
ENERTOTAL S.A. E.S.P.	515,059	510,746	483,775	488,971	494,023	486,471
GENERADORA Y COMERCIALIZADORA DE ENERGÍA DEL CARIBE S.A. E.S.P						
GENERSA S.A.S. E.S.P.						
ISAGEN S.A. E.S.P.						
ITALCOL ENERGÍA S.A. ESP.						
PROFESIONALES EN ENERGÍA S.A. E.S.P						
RENOVATIO TRADING AMERICAS SAS ESP						
RUITOQUE S.A. E.S.P.		339,508	359,284	354,543	359,977	346,220
VATIA S.A. E.S.P.	328,869	337,830	324,016	324,328	327,248	320,452

Fuente: Sistema Único de Información (SUI)⁵³.

⁵³ SUI. [en línea] http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_094 [citado en septiembre de 2014].

Cuadro 56. Demanda nacional de energía para el sector residencial, entre los años 2000-2030.

kBOE	GN	EE	GLP	GM	DO	KS	CM	LN	TOTAL
2000	3,877	12,466	5,501	91	23	56	166	6,614	28,795
2001	4,516	12,133	5,482	81	24	47	155	6,172	28,610
2002	4,878	12,575	5,195	79	24	55	145	5,766	28,716
2003	5,076	12,848	4,836	77	27	38	136	5,392	28,431
2004	5,272	13,502	4,727	75	30	34	127	5,048	28,816
2005	5,688	12,883	4,769	72	32	28	119	4,733	28,325
2006	6,745	13,615	4,838	71	35	5	112	4,444	29,864
2007	7,155	14,045	4,565	69	37	4	105	4,179	30,160
2008	7,592	14,591	4,416	66	39	3	99	3,939	30,744
2009	7,584	14,655	4,341	66	41	5	94	3,721	30,505
2010	8,022	15,002	4,213	67	43	4	89	3,523	30,963
2011	8,376	15,178	4,104	68	44	4	84	3,345	31,203
2012	8,657	15,459	4,012	68	44	4	80	3,184	31,509
2013	8,880	15,738	3,938	69	45	4	76	3,039	31,789
2014	9,058	16,038	3,877	69	45	4	73	2,908	32,073
2015	9,200	16,393	3,830	70	45	4	70	2,791	32,403
2016	9,323	16,794	3,794	71	46	4	67	2,685	32,785
2017	9,433	17,210	3,769	72	46	4	65	2,591	33,190
2018	9,537	17,669	3,752	73	47	4	63	2,506	33,652
2019	9,635	18,154	3,743	74	48	4	61	2,429	34,147
2020	9,733	18,716	3,739	75	49	4	59	2,361	34,737
2021	9,832	19,311	3,741	77	49	4	58	2,300	35,372
2022	9,932	19,940	3,749	78	50	4	56	2,246	36,055
2023	10,034	20,604	3,760	80	51	4	55	2,197	36,785
2024	10,136	21,249	3,774	81	52	4	54	2,154	37,506
2025	10,237	21,867	3,792	83	53	4	53	2,117	38,206
2026	10,340	22,536	3,812	84	54	4	52	2,084	38,967
2027	10,443	23,260	3,835	86	56	4	52	2,055	39,790
2028	10,547	24,005	3,859	88	57	4	51	2,024	40,636
2029	10,653	24,772	3,887	90	58	4	50	2,003	41,517
2030	10,760	25,576	3,912	92	59	4	50	1,982	42,435

Fuente: UPME - Proyección de Demanda de Energía en Colombia⁵⁴.

GN se refiere a Gas Natural, EE=Energía Eléctrica, GLP=Gas Licuado de Petróleo, GM=Gasolina Motor (corriente y extra), DO=Diésel Oil (ACPM), KS=Kerosene Jet, CM=Carbón Mineral, LN=Leña y un Mboe=1586.7 GWh.

⁵⁴ Subdirección de Planeación Energética. Grupo de Demanda Energética. Proyección de Demanda de Energía en Colombia. UPME. Revisión octubre de 2010. p. 55.

Anexo B. Rspecificaciones técnicas del analizador trifásico de energía y calidad de la energía eléctrica fluke 435 serie ii.

Cuadro 57. Especificaciones técnicas del analizador de redes Fluke 435.

Entradas de tensión	
Número de entradas	4(3 fases + neutro) acopladas a cc
máximo valor de entrada	1000 Vrms
Rango de tensión nominal	1V a 1000V seleccionable
Máximo tensión de medición pico	6kV (modo de transitorios solo)
Impedancia de entrada	4MΩ// 5pF
Ancho de banda	> 10kHz, hasta 100kHz para modo de transitorios
Escala	1:1, 10:1, 100:1; 10000:1 y variable
Entradas de corriente	
Número de entradas	4(3 fases + neutro) acopladas a cc
Tipo	Pinza o transformador de corriente con salidas mV
Rango	0,5 Arms a 600 Arms con punta de prueba
Impedancia de entrada	1MΩ
Ancho de banda	> 10kHz
Escala	1:1, 10:1, 100:1; 10000:1 y variable
Sistema de muestreo	
Resolución	Convertidor A/D de 16 bits en 8 canales
Máxima velocidad de muestreo	200 kS/s en cada canal simultáneamente
Muestreo RMS	5000 muestras 10/12 ciclos
Sincronización PLL	4096 muestras 10/12 ciclos
Frecuencia nominal	50 Hz y 60 Hz
Fuente: Fluke.	

- Método de medición⁵⁵ usado por el analizador Fluke 435 para la obtención de los parámetros deseados.

La medición de los parámetros eléctricos en el analizador Fluke 435 está basado en los distintos estándares y normas para obtener sus valores, a continuación se

⁵⁵Fluke. Analizadores trifásicos de calidad eléctrica y energía 435 Serie II.

muestran cada uno de los parámetros que fueron necesarios a lo largo de este proyecto con su respectiva norma.

- Vrms, Arms: Intervalos de 10/12 ciclo no superpuestos y contiguos usando 500/4162 muestras por ciclo de acuerdo con la norma IEC 61000-4-30.
- Vpico, Apico: Muestra de valor máximo dentro del intervalo de 10/12 ciclos con una resolución de la muestra de 40 μ s.
- Hz: Medido cada 10 segundos de acuerdo con la norma IEC61000-4-30. Los valores de Vrms^{1/2}, Arms^{1/2} se miden a lo largo de 1 ciclo, comenzando en un cruce de cero de la fundamental, y se actualiza cada medio ciclo. Esta técnica es independiente para cada canal de acuerdo con la norma IEC 61000-4-30.
- Armónicos: Calculados a partir de mediciones de grupos de armónicos sin separación de 10/12 ciclos, en tensión y amperios, de acuerdo con la norma IEC 61000-4-7.
- Vatios: Pantalla de visualización de la potencia real de la fundamental y total. Calcula el valor medio de la potencia instantánea a lo largo de períodos de 10/12 ciclos para cada fase. Potencia activa total $PT = P1 + P2 + P3$.
- VA: Pantalla de visualización de la potencia aparente y total de la fundamental. Calcula la potencia aparente utilizando el valor de Vrms por Arms a lo largo de un período de 10/12 ciclos.
- VAR: Pantalla de visualización de la potencia reactiva de la fundamental. Calcula la potencia reactiva en componentes de secuencia positiva de la fundamental. La carga capacitiva e inductiva se indica con los iconos del condensador y bobina.

- Factor de potencia: (PF) Vatios/VA totales calculados.
- $\cos(\phi)$: Coseno del ángulo entre la tensión y la corriente de la componente fundamental.

Anexo C. Especificaciones pinza i5sPQ3.

Cuadro 58. Especificaciones pinza i5sPQ3.

Especificaciones		
Rango de corriente nominal	5 A	
Rango de corriente continua	10 mA a 6 A	
Corriente máxima no destructiva	70 A	
Corriente mínima de medida	10 mA	
Exactitud básica	10 mA a 1 A	48 Hz a 65 Hz
		Exactitud: 1% + 5 mA
		Resolución: 1%
Frecuencia utilizable	40 Hz a 5 kHz	
Niveles de salida	400 mV/A	
Impedancia de carga de entrada	> 1 M Ω en paralelo hasta 47 pF	
Factor de cresta	≤ 3 , se añade 0,7% a la precisión	
Especificaciones de seguridad		
Seguridad	CAT III 600 V de acuerdo con la norma IEC/EN61010-1, grado de polución: 2	
Voltaje máximo	600 V CA	
Fuente: Fluke.		

Anexo D. Definiciones de cada uno de los parámetros a evaluar.

- **Corriente:** Es una medida de la rapidez con que una carga se mueve de un punto a otro en una dirección específica⁵⁶, como se muestra en la Ecuación (28), esta corriente presente en un trayectoria, tiene asociadas una dirección y una magnitud. Su unidad es el Ampere.

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (28)$$

i: corriente en Ampers,

q: carga electrica en coulombs,

t: tiempo en segundos.

- **Tensión:** Suponiendo que en un conductor con terminales a y b, entra una corriente por la terminal a, pasa a través del elemento, sale por la terminal b y además requiere un gasto de energía. Entonces se dice que entre los dos terminales del conductor existe una diferencia de potencial o una tensión o un voltaje eléctrico, como se muestra en la Ecuación (29), por lo tanto la tensión entre terminales se denomina como el trabajo requerido para mover una carga positiva de 1C de una terminal a otra⁵⁷. Su unidad es el Volt.

$$v = \frac{dw}{dq} \quad (29)$$

⁵⁶ William H. Hayt Análisis De Circuitos En Ingeniería Quinta edición 1999 p. 11

⁵⁷ William H. Hayt Análisis De Circuitos En Ingeniería Quinta edición 1999. p.14.

v : voltaje en Volts.

w : energía o trabajo en Joules,

q : carga eléctrica en coulombs.

- **Potencia:** Es la cantidad de energía entregada o absorbida en cierto tiempo.⁵⁸
Como se observa en la Ecuación (30)

$$P = \frac{dw}{dt} \quad (30)$$

P : Potencia en Watts,

w : Energía en Joules,

t : tiempo en segundos.

La potencia asociada con el flujo de corriente de un elemento se muestra en la ecuación (31).

$$P = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} * \frac{dq}{dt} = V * I \quad (31)$$

- **Potencia aparente:** La potencia aparente o la potencia compleja de un circuito es la suma vectorial de la potencia real o activa medida en watt más la potencia reactiva medida en Volt-Ampere-Reactivos VAR, la potencia compleja

⁵⁸ DORF Richard C. Circuitos Eléctricos Sexta Edición 2006 p. 14.

representa la potencia total en un circuito de impedancia Z. Su unidad de medida es el Volt-Ampere, mostrada a continuación en la Ecuación (32).

-

$$S = V * I^* \quad (32)$$

S: Potencia compleja en Volt – Amper,

V: tension en Volts,

I: Corriente en Ampers.

- **Potencia real:** Como se muestra en la ecuación (33). La potencia real o la potencia activa, es aquella potencia capaz de transformar la energía eléctrica en trabajo, es decir, convertir la energía eléctrica en energía lumínica, térmica, mecánica, química etc. Su unidad de medida es el watt.

$$P = V * I * \text{Cos}\theta \quad (33)$$

P: Potencia activa en Watts,

V: tension en Volts,

I: Corriente en Ampers,

θ : Angulo entre V e I.

- **Potencia reactiva:** Es la potencia demandada por las bobinas y/o condensadores encontrados en los circuitos, como se muestra en la Ecuación (34), es necesaria para crear el campo eléctrico y magnético de estos componentes, esta potencia no produce trabajo útil y afecta el factor de potencia

alejándolo de la unidad. Se representa por la letra Q y tiene como unidades el Volt-Ampere-Reactivo VAR.

$$Q = V * I * \sin\theta \quad (34)$$

Q : Potencia reactiva en VAR,

V : tensión en Volts,

I : Corriente en Amperes,

θ : Angulo entre V e I.

- **Factor de Potencia:** Se define el factor de potencia como el cociente entre la potencia activa y la potencia aparente, como se muestra en la ecuación (35).

$$FP = \frac{P}{S} \quad (35)$$

FP : Factor de Potencia,

P : Potencia Activa en Watts,

S : Potencia Aparente en VA.

El factor de potencia describe la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo.

- **THD:** (Total Harmonic Distortion) La distorsión armónica total, es una medida de la similitud entre la forma de onda ya sea corriente o tensión y su componente fundamental, se define como⁵⁹ se muestra en la Ecuación (36).

$$THD = \frac{1}{X_1} \left[\sum_{N=2,3,5\dots}^x X_n^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (36)$$

⁵⁹ RASID H. Muhammad. Electrónica de Potencia Segunda edición p. 359

Anexo E. Norma IEC 61000-4-30⁶⁰

La norma IEC 61000-4-30, tiene por objetivo principal la descripción de los métodos de medición de un gran número de parámetros de calidad de energía para hacer posible la obtención de información y resultados confiables, reproducibles y comparables, más allá del instrumento específico compatible con las prestaciones requeridas y de las condiciones ambientales. Además se focaliza en la metodología de mediciones in-situ⁶¹.

Los parámetros de calidad de energía que hace referencia son de naturaleza conductiva correspondiente a la tensión y corriente de los sistemas eléctricos:

- Medición de frecuencia fundamental de red.
- Magnitud RMS de tensión y corriente.
- Interrupciones, sobre y subtensiones.
- Desbalance de tensión.
- Flicker de tensión (PST y PLT).
- Transitorios de tensión.
- Armónicos de tensión y corriente.
- Inter-armónicos de tensión y corriente.
- Índices de distorsión armónica total de tensión y corriente.

⁶⁰ IEC 61000-4-30:2003(E)

⁶¹ Medición de Parámetros de Calidad de Energía bajo el estándar IEC61000-4-30.

- Tensiones de señalización.
- Cambios rápidos de estabilidad de tensión.

La IEC 61000-4-30, expone especificaciones de performance sobre las mediciones y resultados obtenidos, pero no es una especificación de diseño del instrumento. Tampoco fija los umbrales de las magnitudes a medir.

Distingue dos categorías de instrumento que denomina Clase A y Clase B. La Clase A se reserva a solución de litigios contractuales, verificación del cumplimiento de otros estándares, etc, en donde una baja incertidumbre es mandataria. Cualquier medida proveniente de dos instrumentos clase A debe arrojar resultados concordantes dentro de la incertidumbre especificada en cada parámetro. Los instrumentos correspondientes a la clase B, son de mayor incertidumbre y su aplicación es en relevamientos estadísticos (campañas de medición) y la solución de problemas generales en la red.

Anexo F. Desarrollo del plan de muestreo

1. Definición de la Población / Universo: es todo el grupo de personas u elementos de quienes el investigador necesita obtener información. En un proceso de investigación, el primer paso consiste en definir las características de dicha población. Para el caso del proyecto, la *POBLACIÓN* son los electrodomésticos enlistados en el cuadro 9.

Para efectos del cálculo de la muestra, la población es infinita, ya que no existe un dato específico que permita determinar la cantidad de estos electrodomésticos en los hogares de la zona de alcance del estudio (Bucaramanga y área metropolitana).

2. Elegir el método de recopilación de datos: Consiste en definir la técnica con la cual se van a recopilar los datos. Existen diferentes técnicas como entrevistas, encuestas, grupos focales, observación del fenómeno de estudio. Para el caso del estudio, se determinó el uso del analizador de la energía y de la calidad eléctrica de Fluke 435 Serie II.

3. Identificar marco de referencia del muestreo: Radica en la lista de miembros o elementos sobre los cuales se obtendrá la muestra. Para efecto del proyecto, se definieron los electrodomésticos, objeto de estudio que serán medidos, evaluados y analizados.

4. Seleccionar método de muestreo: El método del muestreo depende de factores como; objetivos del estudio, recursos financieros disponibles, limitaciones de tiempo, naturaleza del problema, entre otros.

El método de muestreo se divide en:

- Muestreo Probabilístico: Selección de la muestra, de tal manera que cada elemento de la población tiene una probabilidad *No Cero (0)* conocida de ser seleccionada
- Muestreo No Probabilístico: Selección de la muestra en la que los elementos específicos que la conforman, se han seleccionado de manera *No Aleatoria*. Debido a términos de tiempo, disponibilidad de los electrodomésticos y recursos, el método usado para el proyecto es Muestreo No Probabilístico.

5. Definición del tamaño de la muestra: Teniendo en cuenta el método seleccionado es Muestreo No Probabilístico, las opciones de definición del tamaño de la muestra son:

- De conveniencia: Basado en el uso de elementos a los que se puede tener acceso fácilmente.
- De criterio: Muestra en la que los criterios de selección se basan en el criterio personal del investigador acerca de la representatividad de la población se está estudiando.
- De bola de nieve: Obtención de la muestra mediante la selección de participantes iniciales que basándose en referencias se logra el acceso a participantes adicionales.

- De cuota: Muestra en la que se establecen cuotas basadas en factores demográficos o de clasificación seleccionados por el investigador.

Cómo los electrodomésticos que serán analizados, deben cumplir con unas características definidas para el cumplimiento de los objetivos del estudio, el tamaño de la muestra se determinará mediante la técnica de *CRITERIO*.

En conclusión, para efectos del estudio se aplicará el Muestreo No Probabilístico por Criterio.

El proceso operacional para definir el tamaño de la muestra consta de definir las siguientes variables:

Distribución Normal: Es una distribución continua que tiene forma de campana y es simétrica alrededor de la media; la media; la mediana y el modo son iguales.

Población (N): Infinita, ya que como se dijo anteriormente, no se conoce el dato exacto del total de electrodomésticos enlistados.

Nivel de confianza: Probabilidad de que un intervalo en particular incluirá un verdadero valor de la población; también llamado coeficiente de confianza. Para el caso del estudio el nivel de confianza fue de: **85%**

Intervalo de confianza (Z): Es el intervalo que, en el nivel de confianza especificado, incluye al verdadero valor de la población. El intervalo de confianza estimado para el estudio es de: **1,44**

Probabilidad de que ocurra o no un evento (p, q): Consiste en determinar en términos porcentuales la probabilidad de que se cumpla o no una hipótesis. Esta probabilidad se define al tener referencias de información que permitan definir un peso para cada caso. Para efectos del proyecto, al no tener bases para esta información, se hace uso de la formula estándar que supone implícitamente un poder del **50** por ciento para la probabilidad de que el evento ocurra y otro **50** por ciento para la probabilidad de que no ocurra.

Error Muestral (E): Cantidad de error de muestreo que está dispuesto a aceptar el investigador. La estimación del error de muestreo para el proyecto fue de 9,6% = **0,096** Un error aceptable teniendo en cuenta los recursos, tiempo y la accesibilidad a los elementos que componen la muestra.

Teniendo en cuenta las variables anteriormente mencionadas, se dispone a definir el tamaño de la muestra (n) mediante la siguiente formula (37) de muestreo ante una *Población Infinita*.

$$\frac{Z^2 \times p \times q}{E^2} = n \quad (37)$$

$$\frac{1,44^2 \times 0,5 \times 0,5}{0,096^2} = 56$$

Anexo G. Resultado del proceso de incertidumbre.

La obtención de estos valores pueden ser observados en el archivo incertidumbre.xlsx

Cuadro 59. Valores promedios de potencia activa en modo encendido con su respectiva incertidumbre.

Requerimiento de potencia activa en modo ON				
Cocina				
Electrodoméstico	Ref.	Modelo	Medida	P [W]
Horno Microondas	1	Haceb - ARHM07DXINUX	Promedio	1050,0
			±	1,7
	2	LG - MS0745V	Promedio	125,0
			±	1,7
	3	Electrolux - EMX171D1PW	Promedio	125,9
			±	1,7
Limpieza				
Electrodoméstico	Ref.	Modelo	Medida	P [W]
Lavadora	4	LG - WF - T6605TP	Promedio	3,1
			±	0,2
	5	Centrales - DCA264PLE	Promedio	1,4
			±	0,2
	6	LG - WFS6605TPZ	Promedio	2,8
			±	0,2
Entretenimiento				
Electrodoméstico	Ref.	Modelo	Medida	P [W]
Televisor	7	LG 42LK450	Promedio	150,5
			±	1,9
	8	LG 32PC5RVH	Promedio	135,4
			±	7,6
	9	Samsung Smart TV- UN32D5500	Promedio	135,7
			±	173,2
	10	Samsung UN32F5000	Promedio	50,5
			±	0,8
	11	Panasonic Viera - L42E3M	Promedio	87,2
			±	2,5
	12	SONY - Trinitron 21"	Promedio	54,1
			±	2,4
	13	Daewoo - 20P2SS	Promedio	36,3
			±	1,6
14	Sankey - CT1590R	Promedio	39,5	
		±	0,6	

Cuadro 59. (Continuación)

Requerimiento de potencia activa en modo ON				
Entretenimiento				
Electrodoméstico	Ref.	Modelo	Medida	P [W]
Caja decodificadora de televisión	15	Claro - COSHIPN5266C	Promedio	6,1
			±	0,2
	16	Direct TV - EPS12W0	Promedio	4,4
			±	0,2
	17	Claro - HUAWEI DC211	Promedio	4,0
			±	0,2
Equipo de sonido	18	SONY	Promedio	28,9
			±	0,5
	19	Samsung - MMT8	Promedio	10,2
			±	0,2
	20	AIWA - Z650	Promedio	25,0
			±	1,5
21	AIWA - NSXSZ80	Promedio	42,1	
		±	0,6	
22	AIWA - CXNS55lh	Promedio	26,2	
		±	1,3	
Teatro en Casa	23	Samsung - HTE353	Promedio	12,6
			±	0,3
DVD	24	SONY - DVPNS53P	Promedio	6,9
			±	0,2
	25	Samsung - P250K	Promedio	6,4
			±	0,2
Porta retratos digital	26	Nordeck - FKS308HSC	Promedio	15,9
			±	0,3
Cargador de Laptop	27	ACER-Chrome - Q1VZC	Promedio	22,6
			±	0,4
	28	Chrome - PA115022GO	Promedio	19,3
			±	0,6
	29	Samsung - A10090p1A	Promedio	62,2
			±	2,0
30	HP - NSW24187	Promedio	14,5	
		±	0,4	
31	DELL - LA130PM121	Promedio	17,8	
		±	0,3	
Cargador de Celular	32	Samsung ACE - ETAOU10JBS	Promedio	2,8
			±	0,2
	33	Motorola G - MOTC0063ADUMX	Promedio	4,5
			±	0,2
	34	Samsung EUROPA - ETAOU10UBE	Promedio	4,0
			±	0,2
	35	Samsung - ATADS30JBS	Promedio	2,8
			±	0,2

Cuadro 59. (Continuación)

Requerimiento de potencia activa en modo ON				
Entretenimiento				
Electrodoméstico	Ref.	Modelo	Medida	P [W]
Cargador de Tablet	36	Samsung - ETAOU61JWE	Promedio	6,1
			±	0,2
	37	Touch+ SW0983	Promedio	5,9
			±	0,5
	38	Woo - HT001-050200	Promedio	6,2
			±	0,4
Cargador de MP3	39	iPod - A1265	Promedio	0,3
			±	0,1
Video Juegos	40	Xbox One	Promedio	104,7
			±	1,4
	41	Nintendo Wii - AC Adapter	Promedio	15,3
			±	0,3
	42	PS4	Promedio	104,7
			±	2,7
Video Juego portátil	43	PSP Adapter - 100	Promedio	3,5
			±	0,2
Estabilizador	44	Artelectro de 1000W	Promedio	2,9
			±	0,2
Grabadora	45	SONY - CFD 5200	Promedio	2,6
			±	0,2
	46	SONY - CFS 200	Promedio	2,1
			±	0,2
VHS	47	LG - C240M	Promedio	6,1
			±	0,2
PC Integrado	48	Mac Pro Apple	Promedio	89,4
			±	3,4
Computador de escritorio				
Electrodoméstico	Ref.	Modelo	Medida	P [W]
CPU	49	Intel Core i7	Promedio	55,2
			±	11,1
	50	Pentium 4	Promedio	108,8
			±	3,3
Monitor	51	Samsung LED - AD3014N	Promedio	10,1
			±	0,2
	52	Samsung LED - 743NX	Promedio	33,3
			±	0,5
Impresora	53	HP office jet pro K860	Promedio	6,9
			±	0,2
Impresora multifuncional	54	HP - office jet 7610	Promedio	5,7
			±	0,9
	55	EPSON L210	Promedio	3,1
			±	0,2
	56	EPSON - TX220	Promedio	4,3
			±	0,2

Cuadro 60. Valores promedios de tensión y corriente con su respectiva incertidumbre.

Datos de mediciones de los parámetros eléctricos de las cargas parásitas					
Cocina					
Electrodoméstico	Ref.	Modelo	Medida	V[V]	I[A]
Horno Microondas	1	Haceb - ARHM07DXINUX	Promedio	124,70	0,019
			±	1,69	0,006
	2	LG - MS0745V	Promedio	124,97	0,027
			±	1,68	0,006
	3	Electrolux - EMX171D1PW	Promedio	125,91	0,021
			±	1,70	0,006
Limpieza					
Electrodoméstico	Ref.	Modelo	Medida	V[V]	I[A]
Lavadora	4	LG - WF - T6605TP	Promedio	131,25	0,025
			±	1,75	0,006
	5	Centrales - DCA264PLE	Promedio	126,41	0,025
			±	1,70	0,006
	6	LG - WFS6605TPZ	Promedio	122,56	0,018
			±	1,66	0,006
Entretenimiento					
Electrodoméstico	Ref.	Modelo	Medida	V[V]	I[A]
Televisor	7	LG 42LK450	Promedio	126,56	0,023
			±	1,70	0,006
	8	LG 32PC5RVH	Promedio	125,11	0,070
			±	1,69	0,007
	9	Samsung Smart TV- UN32D5500	Promedio	124,27	0,023
			±	1,68	0,006
	10	Samsung UN32F5000	Promedio	129,38	0,034
			±	1,73	0,006
	11	Panasonic Viera - L42E3M	Promedio	121,80	0,024
			±	1,65	0,006
	12	SONY - Trinitron 21"	Promedio	127,15	0,090
			±	1,71	0,007
	13	Daewoo - 20P2SS	Promedio	126,02	0,040
			±	1,70	0,006
14	Sankey - CT1590R	Promedio	126,36	0,098	
		±	1,70	0,007	
Caja decodificadora de televisión	15	Claro - COSHIPN5266C	Promedio	130,73	0,078
			±	1,75	0,007
	16	Direct TV - EPS12W0	Promedio	131,49	0,057
			±	1,75	0,006
	17	Claro - HUAWEI DC211	Promedio	126,06	0,048
			±	1,70	0,006

Cuadro 60. (Continuación)

Datos de mediciones de los parámetros eléctricos de las cargas parásitas					
Entretenimiento					
Electrodoméstico	Ref.	Modelo	Medida	V[V]	I[A]
Equipo de sonido	18	SONY	Promedio	125,76	0,230
			±	1,69	0,009
	19	Samsung - MMT8	Promedio	131,36	0,068
			±	1,76	0,007
	20	AIWA - Z650	Promedio	125,90	0,127
			±	1,69	0,007
	21	AIWA - NSXSZ80	Promedio	121,66	0,398
			±	1,66	0,011
	22	AIWA - CXNS55lh	Promedio	125,78	0,179
			±	1,70	0,008
Teatro en Casa	23	Samsung - HTE353	Promedio	127,43	0,035
			±	1,71	0,006
DVD	24	SONY - DVPNS53P	Promedio	125,62	0,060
			±	1,70	0,006
	25	Samsung - P250K	Promedio	131,28	0,017
			±	1,78	0,006
Porta retratos digital	26	Norteck - FKS308HSC	Promedio	125,15	0,010
			±	1,71	0,006
Cargador de Laptop	27	ACER-Chrome - Q1VZC	Promedio	126,31	0,011
			±	1,73	0,006
	28	Chrome - PA115022GO	Promedio	126,09	0,001
			±	1,74	0,006
	29	Samsung - A10090p1A	Promedio	124,27	0,015
			±	1,71	0,006
	30	HP - NSW24187	Promedio	126,95	0,021
			±	1,71	0,006
	31	DELL - LA130PM121	Promedio	122,66	0,020
			±	1,66	0,006
Cargador de Celular	32	Samsung ACE - ETAOU10JBS	Promedio	125,98	0,002
			±	1,70	0,006
	33	Motorola G - MOTC0063ADUMX	Promedio	126,47	0,002
			±	1,70	0,006
	34	Samsung EUROPA - ETAOU10UBE	Promedio	127,09	0,002
			±	1,76	0,006
	35	Samsung - ATADS30JBS	Promedio	125,04	0,003
			±	1,69	0,006
Cargador de Tablet	36	Samsung - ETAOU61JWE	Promedio	125,45	0,005
			±	1,69	0,006
	37	Touch+ SW0983	Promedio	127,07	0,002
			±	1,71	0,006
	38	Woo - HT001-050200	Promedio	122,71	0,003
			±	1,66	0,006

Cuadro 60. (Continuación)

Datos de mediciones de los parámetros eléctricos de las cargas parásitas					
Entretenimiento					
Electrodoméstico	Ref.	Modelo	Medida	V[V]	I[A]
Cargador de MP3	39	Ipod - A1265	Promedio	122,78	0,002
			±	1,66	0,006
Video Juegos	40	Xbox One	Promedio	126,13	0,036
			±	1,70	0,006
	41	Nintendo Wii - AC Adapter	Promedio	126,99	0,025
			±	1,71	0,006
	42	PS4	Promedio	127,50	0,071
			±	1,71	0,007
Video Juego portatil	43	PSP Adapter - 100	Promedio	122,65	0,006
			±	1,68	0,006
Estabilizador	44	Artelectro de 1000W	Promedio	125,77	0,004
			±	1,69	0,006
Grabadora	45	SONY - CFD 5200	Promedio	122,13	0,034
			±	1,65	0,006
	46	SONY - CFS 200	Promedio	121,77	0,022
			±	1,65	0,006
VHS	47	LG - C240M	Promedio	122,55	0,042
			±	1,66	0,006
PC Integrado	48	Mac Pro Apple	Promedio	125,08	0,047
			±	1,69	0,006
Computador de escritorio					
Electrodoméstico	Ref.	Modelo	Medida	V[V]	I[A]
CPU	49	Intel Core i7	Promedio	125,29	0,067
			±	1,69	0,007
	50	Pentium 4	Promedio	132,58	0,052
			±	1,77	0,006
Monitor	51	Samsung LED - AD3014N	Promedio	125,94	0,012
			±	1,70	0,006
	52	Samsung LED - 743NX	Promedio	132,39	0,027
			±	1,77	0,006
Impresora	53	HP office jet pro K860	Promedio	124,89	0,023
			±	1,69	0,006
Impresora multifuncional	54	HP - office jet 7610	Promedio	125,70	0,017
			±	1,69	0,006
	55	EPSON L210	Promedio	124,97	0,006
			±	1,68	0,006
	56	EPSON - TX220	Promedio	126,47	0,043
			±	1,70	0,006

Cuadro 61. Valores promedios de parámetros de potencia con su respectiva incertidumbre.

Datos de mediciones de los parámetros eléctricos de las cargas parásitas						
Cocina						
Electrodoméstico	Ref.	Medida	P[W]	S[VA]	Q[VA_r]	FP
Horno Microondas	1	Promedio	1,4	2,4	1,7	0,61
		±	0,1	0,2	0,3	0,02
	2	Promedio	2,2	3,2	1,9	0,67
		±	0,2	0,3	0,3	0,02
	3	Promedio	1,4	2,6	1,9	0,55
		±	0,1	0,2	0,3	0,02
Limpeza						
Electrodoméstico	Ref.	Medida	P[W]	S[VA]	Q[VA_r]	FP
Lavadora	4	Promedio	1,5	3,3	2,7	0,44
		±	0,2	0,2	0,3	0,02
	5	Promedio	1,0	3,2	2,6	0,31
		±	0,1	0,2	0,3	0,02
	6	Promedio	1,3	2,2	1,6	0,58
		±	0,1	0,2	0,3	0,02
Entretenimiento						
Electrodoméstico	Ref.	Medida	P[W]	S[VA]	Q[VA_r]	FP
Televisor	7	Promedio	0,1	2,9	2,8	0,05
		±	0,1	0,2	0,3	0,02
	8	Promedio	0,6	8,8	8,5	0,07
		±	0,1	0,3	0,4	0,01
	9	Promedio	0,1	2,8	2,7	0,06
		±	0,1	0,3	0,3	0,02
	10	Promedio	0,1	4,3	4,2	0,02
		±	0,1	0,3	0,3	0,01
	11	Promedio	0,2	2,7	2,4	0,09
		±	0,2	0,5	0,3	0,01
	12	Promedio	4,4	11,2	2,3	0,40
		±	0,2	0,4	0,3	0,02
	13	Promedio	2,3	5,1	0,2	0,46
		±	0,2	0,3	0,3	0,02
	14	Promedio	7,5	12,3	0,7	0,61
		±	0,2	0,4	0,3	0,02
Caja decodificadora de televisión	15	Promedio	5,6	10,2	1,6	0,55
		±	0,2	0,4	0,3	0,02
	16	Promedio	3,7	7,4	0,9	0,49
		±	0,2	0,3	0,3	0,02
	17	Promedio	3,7	6,1	0,6	0,61
		±	0,2	0,3	0,3	0,02

Cuadro 61. (Continuación)

Datos de mediciones de los parámetros eléctricos de las cargas parásitas							
Entretenimiento							
Electrodoméstico	Ref.	Medida	P[W]	S[VA]	Q[VA _r]	FP	
Equipo de sonido	18	Promedio	16,2	29,3	4,5	0,55	
		±	0,3	0,7	0,8	0,02	
	19	Promedio	4,6	8,9	1,1	0,54	
		±	0,2	0,4	0,3	0,02	
	20	Promedio	11,9	16,0	6,5	0,75	
		±	0,3	0,5	0,4	0,02	
	21	Promedio	35,1	48,4	26,5	0,72	
		±	0,5	1,0	0,9	0,02	
	22	Promedio	17,2	22,7	13,2	0,76	
		±	0,3	0,6	0,5	0,02	
	Teatro en Casa	23	Promedio	0,3	4,5	4,3	0,08
			±	0,1	0,3	0,3	0,01
DVD	24	Promedio	0,1	0,8	0,8	0,12	
		±	0,1	0,2	0,3	0,01	
	25	Promedio	0,8	2,2	1,1	0,37	
		±	0,1	0,2	0,3	0,02	
Porta retratos digital	26	Promedio	0,5	1,3	0,7	0,40	
		±	0,1	0,2	0,3	0,02	
Cargador de Laptop	27	Promedio	0,1	1,4	1,3	0,04	
		±	0,1	0,2	0,3	0,01	
	28	Promedio	0,1	0,2	0,2	0,50	
		±	0,1	0,2	0,3	0,02	
	29	Promedio	0,1	1,9	1,8	0,08	
		±	0,1	0,2	0,3	0,01	
	30	Promedio	0,1	2,7	2,6	0,05	
		±	0,1	0,2	0,3	0,01	
	31	Promedio	0,5	2,5	2,1	0,23	
		±	0,1	0,2	0,3	0,02	
Cargador de Celular	32	Promedio	0,1	0,2	0,1	0,34	
		±	0,1	0,2	0,3	0,03	
	33	Promedio	0,1	0,3	0,2	0,33	
		±	0,1	0,2	0,3	0,02	
	34	Promedio	0,1	0,3	0,2	0,33	
		±	0,1	0,2	0,3	0,02	
	35	Promedio	0,2	0,4	0,2	0,50	
		±	0,1	0,2	0,3	0,02	
Cargador de Tablet	36	Promedio	0,0	0,1	0,1	0,16	
		±	0,1	0,2	0,3	0,02	
	37	Promedio	0,1	0,2	0,1	0,47	
		±	0,1	0,2	0,3	0,07	
	38	Promedio	0,1	0,3	0,2	0,33	
		±	0,1	0,2	0,3	0,02	

Cuadro 61. (Continuación)

Datos de mediciones de los parámetros eléctricos de las cargas parásitas						
Entretenimiento						
Electrodoméstico	Ref.	Medida	P[W]	S[VA]	Q[VAR]	FP
Cargador de MP3	39	Promedio	0,1	0,2	0,2	0,50
		±	0,1	0,2	0,3	0,02
Video Juegos	40	Promedio	1,1	4,5	3,3	0,23
		±	0,2	0,3	0,3	0,02
	41	Promedio	1,4	3,3	1,2	0,42
		±	0,2	0,2	0,3	0,02
	42	Promedio	0,1	9,1	8,7	0,05
		±	0,1	0,3	0,4	0,08
Video Juego portatil	43	Promedio	0,1	0,8	0,7	0,12
		±	0,1	0,2	0,3	0,01
Estabilizador	44	Promedio	0,5	0,5	0,1	0,90
		±	0,1	0,2	0,3	0,02
Grabadora	45	Promedio	1,0	4,1	3,7	0,24
		±	0,1	0,3	0,3	0,02
	46	Promedio	1,2	2,7	2,2	0,45
		±	0,1	0,2	0,3	0,02
VHS	47	Promedio	2,4	5,1	0,8	0,48
		±	0,2	0,3	0,3	0,02
PC Integrado	48	Promedio	0,8	5,7	3,2	0,13
		±	0,1	0,6	0,5	0,02
Computador de escritorio						
Electrodoméstico	Ref.	Medida	P[W]	S[VA]	Q[VAR]	FP
CPU	49	Promedio	4,0	8,4	0,2	0,49
		±	0,2	0,4	0,3	0,02
	50	Promedio	3,1	7,0	0,2	0,44
		±	0,2	0,3	0,3	0,02
Monitor	51	Promedio	0,2	1,6	1,5	0,09
		±	0,1	0,2	0,3	0,01
	52	Promedio	0,4	3,6	3,3	0,11
		±	0,1	0,3	0,3	0,01
Impresora	53	Promedio	0,4	2,9	2,6	0,14
		±	0,2	0,2	0,3	0,03
Impresora multifuncional	54	Promedio	0,3	2,2	2,0	0,13
		±	0,1	0,2	0,3	0,02
	55	Promedio	0,1	0,8	0,7	0,07
		±	0,1	0,2	0,3	0,03
	56	Promedio	2,3	5,4	0,6	0,42
		±	0,2	0,3	0,3	0,02

Cuadro 62. Valores promedios de distorsión armónica con su respectiva incertidumbre.

Datos de mediciones de los parámetros eléctricos de las cargas parásitas							
Cocina							
Electrodoméstico	Ref.	Medida	THDV	THDI	THDI 3er %	THDI 5o %	
Horno Microondas	1	Promedio	2,7	35,2	32,3	14,1	
		±	0,0	0,4	0,4	0,4	
	2	Promedio	3,2	50,9	31,5	12,2	
		±	0,0	0,6	0,4	0,2	
	3	Promedio	2,2	40,0	37,9	10,1	
		±	0,0	0,5	0,4	0,1	
Limpieza							
Electrodoméstico	Ref.	Medida	THDV	THDI	THDI 3er %	THDI 5o %	
Lavadora	4	Promedio	3,3	40,3	36,5	15,7	
		±	0,0	0,5	0,4	0,3	
	5	Promedio	3,1	72,6	35,2	18,8	
		±	0,0	12,9	0,4	1,2	
	6	Promedio	3,4	40,6	33,8	21,3	
		±	0,0	0,5	0,4	0,4	
Entretenimiento							
Electrodoméstico	Ref.	Medida	THDV	THDI	THDI 3er %	THDI 5o %	
Televisor	7	Promedio	2,3	21,5	6,8	14,5	
		±	0,1	0,3	0,2	0,4	
	8	Promedio	3,2	25,9	8,6	16,4	
		±	0,0	0,4	0,1	0,9	
	9	Promedio	3,1	25,3	7,2	14,0	
		±	0,1	1,6	0,4	2,3	
	10	Promedio	2,4	19,8	5,5	12,9	
		±	0,0	0,2	0,1	0,3	
	11	Promedio	3,1	43,5	18,2	23,6	
		±	0,0	1,0	0,2	0,5	
	12	Promedio	3,6	197,3	87,0	85,6	
		±	0,1	2,8	1,0	1,5	
	13	Promedio	3,8	189,8	96,6	94,3	
		±	0,0	2,2	1,1	1,7	
	14	Promedio	3,9	124,8	85,1	70,2	
		±	0,1	1,5	1,0	1,3	
	Caja decodificadora de televisión	15	Promedio	2,7	133,1	87,1	68,2
			±	0,1	1,6	1,0	1,2
16		Promedio	2,4	167,5	92,1	84,2	
		±	0,0	1,9	1,1	1,5	
17		Promedio	2,4	122,3	86,8	66,6	
		±	0,0	1,4	1,0	1,2	

Cuadro 62. (Continuación)

Datos de mediciones de los parámetros eléctricos de las cargas parásitas							
Entretenimiento							
Electrodoméstico	Ref.	Medida	THDV	THDI	THDI 3er %	THDI 5o %	
Equipo de sonido	18	Promedio	3,2	137,0	87,8	74,2	
		±	0,0	1,7	1,0	1,3	
	19	Promedio	3,2	151,4	89,3	74,6	
		±	0,0	2,0	1,1	1,4	
	20	Promedio	2,3	61,2	40,7	34,0	
		±	0,0	0,8	0,5	0,6	
	21	Promedio	3,2	45,1	29,6	26,8	
		±	0,0	0,5	0,4	0,5	
	22	Promedio	3,7	29,2	20,5	16,9	
		±	0,0	0,4	0,2	0,3	
	Teatro en Casa	23	Promedio	3,2	33,3	10,3	21,6
			±	0,0	0,4	0,2	0,5
DVD	24	Promedio	3,3	33,2	11,4	19,4	
		±	0,1	0,4	0,2	0,4	
	25	Promedio	2,8	90,4	52,6	54,4	
		±	0,1	39,5	0,7	1,0	
Porta retratos digital	26	Promedio	3,8	112,4	55,8	51,9	
		±	0,0	1,3	0,7	34,2	
Cargador de Laptop	27	Promedio	2,4	22,6	6,4	14,4	
		±	0,0	0,3	0,5	0,3	
	28	Promedio	2,8	206,7	67,6	67,7	
		±	0,0	3,6	0,9	2,1	
	29	Promedio	2,9	30,2	12,1	17,7	
		±	0,1	0,5	0,6	1,6	
	30	Promedio	3,6	27,0	6,5	16,2	
		±	0,0	0,3	0,1	3,8	
	31	Promedio	3,4	49,6	22,7	4,5	
		±	0,0	0,6	0,3	0,1	
Cargador de Celular	32	Promedio	2,5	214,0	81,6	82,7	
		±	0,0	17,1	1,0	1,7	
	33	Promedio	3,5	85,7	31,2	41,9	
		±	0,0	1,0	0,5	1,9	
	34	Promedio	3,2	100,1	38,8	47,8	
		±	0,1	1,2	0,5	0,8	
	35	Promedio	3,1	145,5	63,3	68,9	
		±	0,0	3,2	0,8	1,4	
Cargador de Tablet	36	Promedio	2,5	39,9	12,4	19,8	
		±	0,0	1,1	0,2	2,5	
	37	Promedio	3,5	139,2	69,3	74,2	
		±	0,0	1,7	1,0	1,4	
	38	Promedio	3,5	118,3	47,2	55,5	
		±	0,0	2,1	0,6	1,2	

Cuadro 62. (Continuación)

Datos de mediciones de los parámetros eléctricos de las cargas parásitas						
Entretenimiento						
Electrodoméstico	Ref.	Medida	THDV	THDI	THDI 3er %	THDI 5o %
Cargador de MP3	39	Promedio	3,5	75,8	22,3	31,0
		±	0,0	0,9	0,3	0,5
Video Juegos	40	Promedio	2,3	81,4	32,3	33,3
		±	0,0	4,4	0,5	0,8
	41	Promedio	3,9	148,9	73,2	80,7
		±	0,1	1,8	0,9	1,4
	42	Promedio	3,8	24,8	3,7	19,9
		±	0,0	0,3	0,0	0,4
Video Juego portatil	43	Promedio	3,4	43,6	12,4	24,7
		±	0,0	0,5	0,1	0,4
Estabilizador	44	Promedio	3,2	5,8	2,0	3,4
		±	0,0	0,1	0,0	0,1
Grabadora	45	Promedio	3,2	41,1	39,6	9,6
		±	0,0	0,5	0,5	0,2
	46	Promedio	3,2	34,8	33,4	8,8
		±	0,0	0,4	0,4	0,2
VHS	47	Promedio	3,2	169,5	89,6	83,2
		±	0,0	2,0	1,0	1,4
PC Integrado	48	Promedio	2,8	71,7	31,8	16,7
		±	0,0	1,6	2,2	1,5
Computador de escritorio						
Electrodoméstico	Ref.	Medida	THDV	THDI	THDI 3er %	THDI 5o %
CPU	49	Promedio	3,1	181,8	95,1	86,7
		±	0,0	2,1	1,1	1,5
	50	Promedio	2,3	202,6	96,2	91,1
		±	0,0	3,0	1,1	1,6
Monitor	51	Promedio	3,1	34,6	11,1	19,7
		±	0,1	0,7	0,2	0,4
	52	Promedio	2,3	37,2	13,5	18,8
		±	0,0	0,5	0,2	0,4
Impresora	53	Promedio	2,7	44,2	17,4	24,4
		±	0,0	1,1	0,4	1,3
Impresora multifuncional	54	Promedio	2,6	52,6	16,8	25,5
		±	0,1	0,9	0,2	0,7
	55	Promedio	3,1	33,0	11,0	17,8
		±	0,0	1,4	0,4	0,3
	56	Promedio	3,5	26,2	6,3	16,5
		±	0,0	0,5	0,1	0,3

Anexo H. Medidas de los parámetros eléctricos de las cargas parasitas.

Cuadro 63. Medidas de tensión obtenidas en cada carga eléctrica parásita organizadas de mayor a menor.

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	V[V]
CPU	50	Pentium 4	132,58
Monitor	52	Samsung LED - 743NX	132,39
Caja decodificadora de televisión	16	Direc TV - EPS12W0	131,49
Equipo de sonido	19	Samsung - MMT8	131,36
DVD	25	Samsung - P250K	131,28
Lavadora	4	LG - WF - T6605TP	131,25
Caja decodificadora de televisión	15	Claro - COSHIPN5266C	130,73
Televisor	10	Samsung UN32F5000	129,38
Video Juegos	42	PS4	127,50
Teatro en Casa	23	Samsung - HTE353	127,43
Televisor	12	SONY - Trinitron 21"	127,15
Cargador de Celular	34	Samsung EUROPA - ETAOU10UBE	127,09
Cargador de Tablet	37	Touch+ SW0983	127,07
Video Juegos	41	Nintendo Wii - AC Adapter	126,99
Cargador de Laptop	30	HP - NSW24187	126,95
Televisor	7	LG 42LK450	126,56
Cargador de Celular	33	Motorola G - MOTC0063ADUMX	126,47
Impresora multifuncional	56	EPSON - TX220	126,47
Lavadora	5	Centrales - DCA264PLE	126,41
Televisor	14	Sankey - CT1590R	126,36
Cargador de Laptop	27	ACER-Chrome - Q1VZC	126,31
Video Juegos	40	Xbox One	126,13
Cargador de Laptop	28	Chrome - PA115022GO	126,09
Caja decodificadora de televisión	17	Claro - HUAWEI DC211	126,06
Televisor	13	Daewoo - 20P2SS	126,02
Cargador de Celular	32	Samsung ACE - ETAOU10JBS	125,98
Monitor	51	Samsung LED - AD3014N	125,94
Horno Microondas	3	Electrolux - EMX171D1PW	125,91
Equipo de sonido	20	AIWA - Z650	125,90
Equipo de sonido	22	AIWA - CXNS55lh	125,78
Estabilizador	44	Artelectro de 1000W	125,77
Equipo de sonido	18	SONY	125,76
Impresora multifuncional	54	HP - office jet 7610	125,70
DVD	24	SONY - DVPNS53P	125,62
Cargador de Tablet	36	Samsung - ETAOU61JWE	125,45
CPU	49	Intel Core i7	125,29
Porta retratos digital	26	Nortec - FKS308HSC	125,15
Televisor	8	LG 32PC5RVH	125,11
PC Integrado	48	Mac Pro Apple	125,08

Cuadro 63. (Continuación)

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	V[V]
Cargador de Celular	35	Samsung - ATADS30JBS	125,04
Horno Microondas	2	LG - MS0745V	124,97
Impresora multifuncional	55	EPSON L210	124,97
Impresora	53	HP office jet pro K860	124,89
Horno Microondas	1	Haceb - ARHM07DXINUX	124,70
Televisor	9	Samsung Smart TV- UN32D5500	124,27
Cargador de Laptop	29	Samsung - A10090p1A	124,27
Cargador de Laptop	31	DELL - LA130PM121	123,75
Cargador de MP3	39	Ipod - A1265	122,79
Cargador de Tablet	38	Woo - HT001-050200	122,71
Video Juego portátil	43	PSP Adapter - 100	122,65
Lavadora	6	LG - WFS6605TPZ	122,56
VHS	47	LG - C240M	122,55
Grabadora	45	SONY - CFD 5200	122,13
Televisor	11	Panasonic Viera - L42E3M	121,80
Grabadora	46	SONY - CFS 200	121,77
Equipo de sonido	21	AIWA - NSXSZ80	121,66

Cuadro 64. Medidas de corriente obtenidas en cada carga eléctrica parásita organizadas de mayor a menor.

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	I[A]
Equipo de sonido	21	AIWA - NSXSZ80	0,398
Equipo de sonido	18	SONY	0,230
Equipo de sonido	22	AIWA - CXNS55lh	0,179
Equipo de sonido	20	AIWA - Z650	0,127
Televisor	14	Sankey - CT1590R	0,098
Televisor	12	SONY - Trinitron 21"	0,090
Caja decodificadora de televisión	15	Claro - COSHIPN5266C	0,078
Video Juegos	42	PS4	0,071
Televisor	8	LG 32PC5RVH	0,070
Equipo de sonido	19	Samsung - MMT8	0,068
CPU	49	Intel Core i7	0,067
DVD	24	SONY - DVPNS53P	0,060
Caja decodificadora de televisión	16	Direc TV - EPS12W0	0,057
CPU	50	Pentium 4	0,052
Caja decodificadora de televisión	17	Claro - HUAWEI DC211	0,048
PC Integrado	48	Mac Pro Apple	0,047
Impresora multifuncional	56	EPSON - TX220	0,043
VHS	47	LG - C240M	0,042
Televisor	13	Daewoo - 20P2SS	0,040
Video Juegos	40	Xbox One	0,036
Teatro en Casa	23	Samsung - HTE353	0,035

Cuadro 64. (Continuación)

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	I[A]
Televisor	10	Samsung UN32F5000	0,034
Grabadora	45	SONY - CFD 5200	0,034
Monitor	52	Samsung LED - 743NX	0,027
Horno Microondas	2	LG - MS0745V	0,027
Lavadora	5	Centrales - DCA264PLE	0,025
Video Juegos	41	Nintendo Wii - AC Adapter	0,025
Lavadora	4	LG - WF - T6605TP	0,025
Televisor	11	Panasonic Viera - L42E3M	0,024
Televisor	9	Samsung Smart TV- UN32D5500	0,023
Impresora	53	HP office jet pro K860	0,023
Televisor	7	LG 42LK450	0,023
Grabadora	46	SONY - CFS 200	0,022
Horno Microondas	3	Electrolux - EMX171D1PW	0,021
Cargador de Laptop	30	HP - NSW24187	0,021
Horno Microondas	1	Haceb - ARHM07DXINUX	0,019
Lavadora	6	LG - WFS6605TPZ	0,018
Cargador de Laptop	31	DELL - LA130PM121	0,018
DVD	25	Samsung - P250K	0,017
Impresora multifuncional	54	HP - office jet 7610	0,017
Cargador de Laptop	29	Samsung - A10090p1A	0,015
Monitor	51	Samsung LED - AD3014N	0,012
Cargador de Laptop	27	ACER-Chrome - Q1VZC	0,011
Porta retratos digital	26	Norteck - FKS308HSC	0,010
Video Juego portátil	43	PSP Adapter - 100	0,006
Impresora multifuncional	55	EPSON L210	0,006
Cargador de Tablet	36	Samsung - ETAOU61JWE	0,005
Estabilizador	44	Artelectro de 1000W	0,004
Cargador de Celular	35	Samsung - ATADS30JBS	0,003
Cargador de Tablet	38	Woo - HT001-050200	0,003
Cargador de Celular	32	Samsung ACE - ETAOU10JBS	0,002
Cargador de Celular	33	Motorola G - MOTC0063ADUMX	0,002
Cargador de Celular	34	Samsung EUROPA - ETAOU10UBE	0,002
Cargador de Tablet	37	Touch+ SW0983	0,002
Cargador de MP3	39	Ipod - A1265	0,002
Cargador de Laptop	28	Chrome - PA115022GO	0,001

Cuadro 65. Medidas de potencia aparente obtenidas en cada carga eléctrica parásita organizadas de mayor a menor.

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	S[VA]
Equipo de sonido	21	AIWA - NSXSZ80	48,4
Equipo de sonido	18	SONY	29,3
Equipo de sonido	22	AIWA - CXNS55lh	22,7
Equipo de sonido	20	AIWA - Z650	16,0
Televisor	14	Sankey - CT1590R	12,3
Televisor	12	SONY - Trinitron 21"	11,2
Caja decodificadora de televisión	15	Claro - COSHIPN5266C	10,2
Video Juegos	42	PS4	9,1
Equipo de sonido	19	Samsung - MMT8	8,9
Televisor	8	LG 32PC5RVH	8,8
CPU	49	Intel Core i7	8,4
Caja decodificadora de televisión	16	Direc TV - EPS12W0	7,4
CPU	50	Pentium 4	7,0
Caja decodificadora de televisión	17	Claro - HUAWEI DC211	6,1
PC Integrado	48	Mac Pro Apple	5,7
Impresora multifuncional	56	EPSON - TX220	5,4
VHS	47	LG - C240M	5,1
Televisor	13	Daewoo - 20P2SS	5,1
Video Juegos	40	Xbox One	4,5
Teatro en Casa	23	Samsung - HTE353	4,5
Televisor	10	Samsung UN32F5000	4,3
Grabadora	45	SONY - CFD 5200	4,1
Monitor	52	Samsung LED - 743NX	3,6
Lavadora	4	LG - WF - T6605TP	3,3
Video Juegos	41	Nintendo Wii - AC Adapter	3,3
Horno Microondas	2	LG - MS0745V	3,2
Lavadora	5	Centrales - DCA264PLE	3,2
Televisor	7	LG 42LK450	2,9
Impresora	53	HP office jet pro K860	2,9
Televisor	9	Samsung Smart TV- UN32D5500	2,8
Televisor	11	Panasonic Viera - L42E3M	2,7
Cargador de Laptop	30	HP - NSW24187	2,7
Grabadora	46	SONY - CFS 200	2,7
Horno Microondas	3	Electrolux - EMX171D1PW	2,6
Horno Microondas	1	Haceb - ARHM07DXINUX	2,4
Impresora multifuncional	54	HP - office jet 7610	2,2
Lavadora	6	LG - WFS6605TPZ	2,2
DVD	25	Samsung - P250K	2,2
Cargador de Laptop	31	DELL - LA130PM121	2,2
Cargador de Laptop	29	Samsung - A10090p1A	1,9
Monitor	51	Samsung LED - AD3014N	1,6
Cargador de Laptop	27	ACER-Chrome - Q1VZC	1,4
Porta retratos digital	26	Norteck - FKS308HSC	1,3

Cuadro 65. (Continuación)

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	S[VA]
DVD	24	SONY - DVPNS53P	0,8
Video Juego portátil	43	PSP Adapter - 100	0,8
Impresora multifuncional	55	EPSON L210	0,8
Estabilizador	44	Artelectro de 1000W	0,5
Cargador de Celular	35	Samsung - ATADS30JBS	0,4
Cargador de Celular	33	Motorola G - MOTC0063ADUMX	0,3
Cargador de Celular	34	Samsung EUROPA - ETAOU10UBE	0,3
Cargador de Tablet	38	Woo - HT001-050200	0,3
Cargador de Tablet	37	Touch+ SW0983	0,2
Cargador de Celular	32	Samsung ACE - ETAOU10JBS	0,2
Cargador de Laptop	28	Chrome - PA115022GO	0,2
Cargador de MP3	39	Ipod - A1265	0,2
Cargador de Tablet	36	Samsung - ETAOU61JWE	0,1

Cuadro 66. Medidas de potencia activa obtenidas en cada carga eléctrica parásita organizadas de mayor a menor.

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	P[W]
Equipo de sonido	21	AIWA - NSXSZ80	35,1
Equipo de sonido	22	AIWA - CXNS55lh	17,2
Equipo de sonido	18	SONY	16,2
Equipo de sonido	20	AIWA - Z650	11,9
Televisor	14	Sankey - CT1590R	7,5
Caja decodificadora de televisión	15	Claro - COSHIPN5266C	5,6
Equipo de sonido	19	Samsung - MMT8	4,6
Televisor	12	SONY - Trinitron 21"	4,4
CPU	49	Intel Core i7	4,0
Caja decodificadora de televisión	16	Direc TV - EPS12W0	3,7
Caja decodificadora de televisión	17	Claro - HUAWEI DC211	3,7
CPU	50	Pentium 4	3,1
VHS	47	LG - C240M	2,4
Televisor	13	Daewoo - 20P2SS	2,3
Impresora multifuncional	56	EPSON - TX220	2,3
Horno Microondas	2	LG - MS0745V	2,2
Lavadora	4	LG - WF - T6605TP	1,5
Horno Microondas	1	Haceb - ARHM07DXINUX	1,4
Horno Microondas	3	Electrolux - EMX171D1PW	1,4
Video Juegos	41	Nintendo Wii - AC Adapter	1,4
Lavadora	6	LG - WFS6605TPZ	1,3
Grabadora	46	SONY - CFS 200	1,2
Video Juegos	40	Xbox One	1,1
Lavadora	5	Centrales - DCA264PLE	1,0
Grabadora	45	SONY - CFD 5200	1,0

Cuadro 66. (Continuación)

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	P[W]
PC Integrado	48	Mac Pro Apple	0,8
DVD	25	Samsung - P250K	0,8
Televisor	8	LG 32PC5RVH	0,6
Porta retratos digital	26	Norteck - FKS308HSC	0,5
Estabilizador	44	Artelectro de 1000W	0,5
Impresora	53	HP office jet pro K860	0,4
Cargador de Laptop	31	DELL - LA130PM121	0,4
Monitor	52	Samsung LED - 743NX	0,4
Teatro en Casa	23	Samsung - HTE353	0,3
Impresora multifuncional	54	HP - office jet 7610	0,3
Televisor	11	Panasonic Viera - L42E3M	0,2
Cargador de Celular	35	Samsung - ATADS30JBS	0,2
Monitor	51	Samsung LED - AD3014N	0,2
Televisor	7	LG 42LK450	0,1
Televisor	10	Samsung UN32F5000	0,1
Televisor	9	Samsung Smart TV- UN32D5500	0,1
Cargador de Laptop	29	Samsung - A10090p1A	0,1
DVD	24	SONY - DVPNS53P	0,1
Cargador de Laptop	27	ACER-Chrome - Q1VZC	0,1
Cargador de Laptop	28	Chrome - PA115022GO	0,1
Cargador de Laptop	30	HP - NSW24187	0,1
Cargador de Celular	33	Motorola G - MOTC0063ADUMX	0,1
Cargador de Celular	34	Samsung EUROPA - ETAOU10UBE	0,1
Cargador de Tablet	37	Touch+ SW0983	0,1
Cargador de Tablet	38	Woo - HT001-050200	0,1
Cargador de MP3	39	Ipod - A1265	0,1
Video Juegos	42	PS4	0,1
Video Juego portátil	43	PSP Adapter - 100	0,1
Impresora multifuncional	55	EPSON L210	0,1
Cargador de Celular	32	Samsung ACE - ETAOU10JBS	0,1
Cargador de Tablet	36	Samsung - ETAOU61JWE	0,0

Cuadro 67. Potencia no activa en cada carga eléctrica parásita organizadas de mayor a menor.

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	QF[VA]
Equipo de sonido	21	AIWA - NSXSZ80	33,4
Equipo de sonido	18	SONY	24,5
Equipo de sonido	22	AIWA - CXNS55lh	14,8
Equipo de sonido	20	AIWA - Z650	10,7
Televisor	12	SONY - Trinitron 21"	10,3
Televisor	14	Sankey - CT1590R	9,7
Video Juegos	42	PS4	9,1
Televisor	8	LG 32PC5RVH	8,8
Caja decodificadora de televisión	15	Claro - COSHIPN5266C	8,5
Equipo de sonido	19	Samsung - MMT8	7,6
CPU	49	Intel Core i7	7,4
Caja decodificadora de televisión	16	Direc TV - EPS12W0	6,4
CPU	50	Pentium 4	6,3
PC Integrado	48	Mac Pro Apple	5,6
Impresora multifuncional	56	EPSON - TX220	4,9
Caja decodificadora de televisión	17	Claro - HUAWAI DC211	4,8
Televisor	13	Daewoo - 20P2SS	4,5
VHS	47	LG - C240M	4,5
Teatro en Casa	23	Samsung - HTE353	4,5
Video Juegos	40	Xbox One	4,4
Televisor	10	Samsung UN32F5000	4,3
Grabadora	45	SONY - CFD 5200	4,0
Monitor	52	Samsung LED - 743NX	3,6
Lavadora	5	Centrales - DCA264PLE	3,0
Video Juegos	41	Nintendo Wii - AC Adapter	3,0
Lavadora	4	LG - WF - T6605TP	2,9
Televisor	7	LG 42LK450	2,9
Impresora	53	HP office jet pro K860	2,8
Televisor	9	Samsung Smart TV- UN32D5500	2,8
Cargador de Laptop	30	HP - NSW24187	2,7
Televisor	11	Panasonic Viera - L42E3M	2,7
Grabadora	46	SONY - CFS 200	2,4
Horno Microondas	2	LG - MS0745V	2,4
Impresora multifuncional	54	HP - office jet 7610	2,2
Horno Microondas	3	Electrolux - EMX171D1PW	2,2
Cargador de Laptop	31	DELL - LA130PM121	2,2
DVD	25	Samsung - P250K	2,0
Cargador de Laptop	29	Samsung - A10090p1A	1,9
Horno Microondas	1	Haceb - ARHM07DXINUX	1,9
Lavadora	6	LG - WFS6605TPZ	1,8
Monitor	51	Samsung LED - AD3014N	1,6
Cargador de Laptop	27	ACER-Chrome - Q1VZC	1,4
Porta retratos digital	26	Norteck - FKS308HSC	1,2

Cuadro 67. (Continuación)

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	QF[VA]
DVD	24	SONY - DVPNS53P	0,8
Video Juego portátil	43	PSP Adapter - 100	0,8
Impresora multifuncional	55	EPSON L210	0,8
Cargador de Celular	35	Samsung - ATADS30JBS	0,3
Cargador de Celular	33	Motorola G - MOTC0063ADUMX	0,3
Cargador de Celular	34	Samsung EUROPA - ETAOU10UBE	0,3
Cargador de Tablet	38	Woo - HT001-050200	0,3
Cargador de Celular	32	Samsung ACE - ETAOU10JBS	0,2
Cargador de Tablet	37	Touch+ SW0983	0,2
Cargador de Laptop	28	Chrome - PA115022GO	0,2
Cargador de MP3	39	Ipod - A1265	0,2
Cargador de Tablet	36	Samsung - ETAOU61JWE	0,1
Estabilizador	44	Artelectro de 1000W	0,0

Cuadro 68. Medidas de factor de potencia obtenidas en cada carga eléctrica parásita organizadas de mayor a menor.

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	FP
Estabilizador	44	Artelectro de 1000W	0,90
Equipo de sonido	22	AIWA - CXNS55lh	0,76
Equipo de sonido	20	AIWA - Z650	0,75
Equipo de sonido	21	AIWA - NSXSZ80	0,72
Horno Microondas	2	LG - MS0745V	0,67
Caja decodificadora de televisión	17	Claro - HUAWEI DC211	0,61
Horno Microondas	1	Haceb - ARHM07DXINUX	0,61
Televisor	14	Sankey - CT1590R	0,61
Lavadora	6	LG - WFS6605TPZ	0,58
Horno Microondas	3	Electrolux - EMX171D1PW	0,55
Caja decodificadora de televisión	15	Claro - COSHIPN5266C	0,55
Equipo de sonido	18	SONY	0,55
Equipo de sonido	19	Samsung - MMT8	0,54
Cargador de Laptop	28	Chrome - PA115022GO	0,50
Cargador de Celular	35	Samsung - ATADS30JBS	0,50
Cargador de MP3	39	Ipod - A1265	0,50
Caja decodificadora de televisión	16	Direc TV - EPS12W0	0,49
CPU	49	Intel Core i7	0,49
VHS	47	LG - C240M	0,48
Cargador de Tablet	37	Touch+ SW0983	0,47
Televisor	13	Daewoo - 20P2SS	0,46
Grabadora	46	SONY - CFS 200	0,45
Lavadora	4	LG - WF - T6605TP	0,44
CPU	50	Pentium 4	0,44
Video Juegos	41	Nintendo Wii - AC Adapter	0,42

Cuadro 68. (Continuación)

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	FP
Impresora multifuncional	56	EPSON - TX220	0,42
Televisor	12	SONY - Trinitron 21"	0,40
Porta retratos digital	26	Norteck - FKS308HSC	0,40
DVD	25	Samsung - P250K	0,37
Cargador de Celular	32	Samsung ACE - ETAOU10JBS	0,34
Cargador de Celular	33	Motorola G - MOTC0063ADUMX	0,33
Cargador de Celular	34	Samsung EUROPA - ETAOU10UBE	0,33
Cargador de Tablet	38	Woo - HT001-050200	0,33
Lavadora	5	Centrales - DCA264PLE	0,31
Grabadora	45	SONY - CFD 5200	0,24
Video Juegos	40	Xbox One	0,23
Cargador de Tablet	36	Samsung - ETAOU61JWE	0,16
Cargador de Laptop	31	DELL - LA130PM121	0,15
Impresora	53	HP office jet pro K860	0,14
Impresora multifuncional	54	HP - office jet 7610	0,13
PC Integrado	48	Mac Pro Apple	0,13
Video Juego portátil	43	PSP Adapter - 100	0,12
DVD	24	SONY - DVPNS53P	0,12
Monitor	52	Samsung LED - 743NX	0,11
Televisor	11	Panasonic Viera - L42E3M	0,09
Monitor	51	Samsung LED - AD3014N	0,09
Cargador de Laptop	29	Samsung - A10090p1A	0,08
Teatro en Casa	23	Samsung - HTE353	0,08
Impresora multifuncional	55	EPSON L210	0,07
Televisor	8	LG 32PC5RVH	0,07
Televisor	9	Samsung Smart TV- UN32D5500	0,06
Video Juegos	42	PS4	0,05
Cargador de Laptop	30	HP - NSW24187	0,05
Televisor	7	LG 42LK450	0,05
Cargador de Laptop	27	ACER-Chrome - Q1VZC	0,04
Televisor	10	Samsung UN32F5000	0,02

Cuadro 69. Medidas de distorsión armónica de tensión obtenidas en cada carga eléctrica parásita organizadas de mayor a menor.

Electrodoméstico	Ref.	V[V]	THDV %
Televisor	14	126,36	3,9
Video Juegos	41	126,99	3,9
Televisor	13	126,02	3,8
Porta retratos digital	26	125,15	3,8
Video Juegos	42	127,50	3,8
Equipo de sonido	22	125,78	3,7
Televisor	12	127,15	3,6
Cargador de Laptop	30	126,95	3,6
Cargador de Celular	33	126,47	3,5
Cargador de Tablet	37	127,07	3,5
Cargador de Tablet	38	122,71	3,5
Cargador de MP3	39	122,79	3,5
Impresora multifuncional	56	126,47	3,5
Lavadora	6	122,56	3,4
Cargador de Laptop	31	123,75	3,4
Video Juego portátil	43	122,65	3,4
DVD	24	125,62	3,3
Lavadora	4	131,25	3,3
Cargador de Celular	34	127,09	3,2
Horno Microondas	2	124,97	3,2
Televisor	8	125,11	3,2
Equipo de sonido	18	125,76	3,2
Equipo de sonido	19	131,36	3,2
Equipo de sonido	21	121,66	3,2
Teatro en Casa	23	127,43	3,2
Estabilizador	44	125,77	3,2
Grabadora	45	122,13	3,2
Grabadora	46	121,77	3,2
VHS	47	122,55	3,2
Monitor	51	125,94	3,1
Lavadora	5	126,41	3,1
Televisor	11	121,80	3,1
Cargador de Celular	35	125,04	3,1
CPU	49	125,29	3,1
Impresora multifuncional	55	124,97	3,1
Televisor	9	124,27	3,1
Cargador de Laptop	29	124,27	2,9
DVD	25	131,28	2,8
Cargador de Laptop	28	126,09	2,8
PC Integrado	48	125,08	2,8
Caja decodificadora de televisión	15	130,73	2,7
Horno Microondas	1	124,70	2,7
Impresora	53	124,89	2,7

Cuadro 69. (Continuación)

Electrodoméstico	Ref.	V[V]	THDV %
Impresora multifuncional	54	125,70	2,6
Cargador de Celular	32	125,98	2,5
Cargador de Tablet	36	125,45	2,5
Televisor	10	129,38	2,4
Caja decodificadora de televisión	16	131,49	2,4
Caja decodificadora de televisión	17	126,06	2,4
Cargador de Laptop	27	126,31	2,4
Televisor	7	126,56	2,3
Equipo de sonido	20	125,90	2,3
Video Juegos	40	126,13	2,3
CPU	50	132,58	2,3
Monitor	52	132,39	2,3
Horno Microondas	3	125,91	2,2

Cuadro 70. Medidas de distorsión armónica de corriente obtenidas en cada carga eléctrica parásita organizadas de mayor a menor.

Electrodoméstico	Ref.	I[A]	THDI %	THDI 3er %	THDI 5to %
Cargador de Celular	32	0,002	214,0	81,6	82,7
Cargador de Laptop	28	0,001	206,7	67,6	67,7
CPU	50	0,052	202,6	96,2	91,1
Televisor	12	0,412	197,3	87,0	85,2
CPU	49	0,067	181,8	95,1	86,7
VHS	47	0,042	169,5	89,6	83,2
Caja decodificadora de televisión	16	0,057	167,5	92,1	84,2
Equipo de sonido	19	0,068	151,4	89,3	74,6
Video Juegos	41	0,025	148,9	73,2	80,7
Cargador de Celular	35	0,003	145,5	63,3	68,9
Cargador de Tablet	37	0,002	139,2	69,3	74,2
Equipo de sonido	18	0,230	137,0	87,8	74,2
Caja decodificadora de televisión	15	0,078	133,1	87,1	68,2
Televisor	14	0,098	124,8	85,1	70,2
Caja decodificadora de televisión	17	0,048	122,3	86,8	66,6
Cargador de Tablet	38	0,003	118,3	47,2	55,5
Porta retratos digital	26	0,010	112,4	55,8	51,9
Cargador de Celular	34	0,002	100,1	38,8	47,8
Televisor	13	0,040	96,6	96,6	94,3
DVD	25	0,017	90,4	52,6	54,4
Cargador de Celular	33	0,002	85,7	31,2	41,9
Video Juegos	40	0,036	81,4	32,3	33,3
Cargador de MP3	39	0,002	75,8	22,3	31,0
Lavadora	5	0,025	72,6	35,2	18,8
PC Integrado	48	0,047	71,7	31,8	16,7

Cuadro 70. (Continuación)

Electrodoméstico	Ref.	I[A]	THDI %	THDI 3er %	THDI 5to %
Equipo de sonido	20	0,127	61,2	40,7	34,0
Impresora multifuncional	54	0,017	52,6	16,8	25,5
Horno Microondas	2	0,027	50,9	31,5	12,2
Equipo de sonido	21	0,398	45,1	29,6	26,8
Impresora	53	0,023	44,2	17,4	24,4
Video Juego portátil	43	0,006	43,6	12,4	24,7
Televisor	11	0,024	43,5	18,2	23,6
Grabadora	45	0,034	41,1	39,6	9,6
Lavadora	6	0,018	40,6	33,8	21,3
Lavadora	4	0,025	40,3	36,5	15,7
Horno Microondas	3	0,021	40,0	37,9	10,1
Cargador de Tablet	36	0,005	39,9	12,4	19,8
Monitor	52	0,027	37,2	13,5	18,8
Horno Microondas	1	0,019	35,2	32,3	14,1
Grabadora	46	0,022	34,8	33,4	8,8
Monitor	51	0,012	34,6	11,1	19,7
Cargador de Laptop	31	0,018	33,3	16,1	10,6
Teatro en Casa	23	0,035	33,3	10,3	21,6
DVD	24	0,060	33,2	11,4	19,4
Impresora multifuncional	55	0,006	33,0	11,0	17,8
Cargador de Laptop	29	0,015	30,2	12,1	17,7
Equipo de sonido	22	0,179	29,2	20,5	16,9
Cargador de Laptop	30	0,021	27,0	6,5	16,2
Impresora multifuncional	56	0,043	26,2	6,3	16,5
Televisor	8	0,070	25,9	8,6	16,4
Televisor	9	0,023	25,3	7,2	14,0
Video Juegos	42	0,455	24,8	3,7	19,9
Cargador de Laptop	27	0,011	22,6	6,4	14,4
Televisor	7	0,023	21,5	6,8	14,5
Televisor	10	0,034	19,8	5,5	12,9
Estabilizador	44	0,004	5,8	2,0	3,4

Cuadro 71. Calculo de potencia de distorsión D en cada carga eléctrica parásita organizadas de mayor a menor.

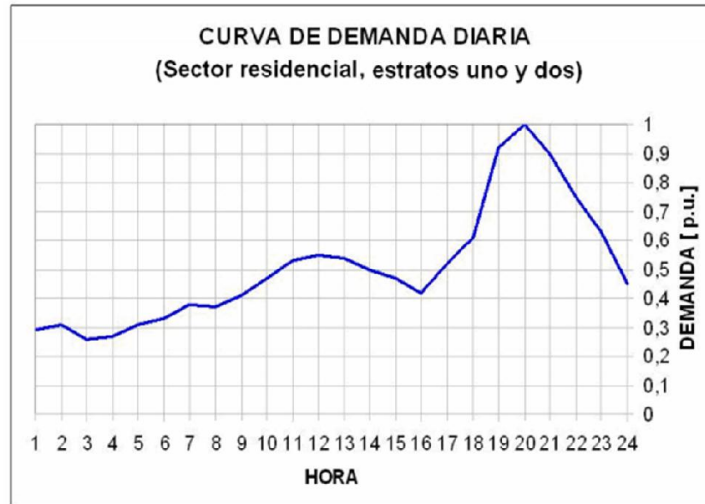
Electrodoméstico	Ref.	Modelo	D[VA]
Equipo de sonido	18	SONY	24,0
Equipo de sonido	21	AIWA - NSXSZ80	20,3
Televisor	12	SONY - Trinitron 21"	10,1
Televisor	14	Sankey - CT1590R	9,7
Equipo de sonido	20	AIWA - Z650	8,5
Caja decodificadora de televisión	15	Claro - COSHIPN5266C	8,4
Equipo de sonido	19	Samsung - MMT8	7,6

Cuadro 71. (Continuación)

Electrodoméstico	Ref.	Modelo	D[VA]
CPU	49	Intel Core i7	7,4
Equipo de sonido	22	AIWA - CXNS55lh	6,7
Caja decodificadora de televisión	16	Direc TV - EPS12W0	6,3
CPU	50	Pentium 4	6,3
Impresora multifuncional	56	EPSON - TX220	4,8
Caja decodificadora de televisión	17	Claro - HUAWEI DC211	4,8
PC Integrado	48	Mac Pro Apple	4,6
Televisor	13	Daewoo - 20P2SS	4,5
VHS	47	LG - C240M	4,4
Video Juegos	40	Xbox One	2,9
Video Juegos	41	Nintendo Wii - AC Adapter	2,8
Video Juegos	42	PS4	2,7
Televisor	8	LG 32PC5RVH	2,2
DVD	25	Samsung - P250K	1,7
Lavadora	5	Centrales - DCA264PLE	1,6
Horno Microondas	2	LG - MS0745V	1,5
Grabadora	45	SONY - CFD 5200	1,5
Monitor	52	Samsung LED - 743NX	1,4
Teatro en Casa	23	Samsung - HTE353	1,3
Televisor	11	Panasonic Viera - L42E3M	1,2
Impresora	53	HP office jet pro K860	1,2
Lavadora	4	LG - WF - T6605TP	1,2
Horno Microondas	3	Electrolux - EMX171D1PW	1,1
Televisor	10	Samsung UN32F5000	1,1
Impresora multifuncional	54	HP - office jet 7610	1,0
Grabadora	46	SONY - CFS 200	1,0
Porta retratos digital	26	Nortek - FKS308HSC	1,0
Televisor	9	Samsung Smart TV- UN32D5500	0,9
Cargador de Laptop	31	DELL - LA130PM121	0,8
Horno Microondas	1	Haceb - ARHM07DXINUX	0,8
Lavadora	6	LG - WFS6605TPZ	0,8
Cargador de Laptop	30	HP - NSW24187	0,7
Televisor	7	LG 42LK450	0,7
Cargador de Laptop	29	Samsung - A10090p1A	0,6
Monitor	51	Samsung LED - AD3014N	0,5
Cargador de Laptop	27	ACER-Chrome - Q1VZC	0,5
Video Juego portátil	43	PSP Adapter - 100	0,4
Impresora multifuncional	55	EPSON L210	0,4
Cargador de Celular	35	Samsung - ATADS30JBS	0,3
Cargador de Celular	33	Motorola G - MOTC0063ADUMX	0,2
Cargador de Celular	34	Samsung EUROPA - ETAOU10UBE	0,2
Cargador de Tablet	38	Woo - HT001-050200	0,2
Cargador de Celular	32	Samsung ACE - ETAOU10JBS	0,2
Cargador de Tablet	37	Touch+ SW0983	0,2
Cargador de Tablet	36	Samsung - ETAOU61JWE	0,0

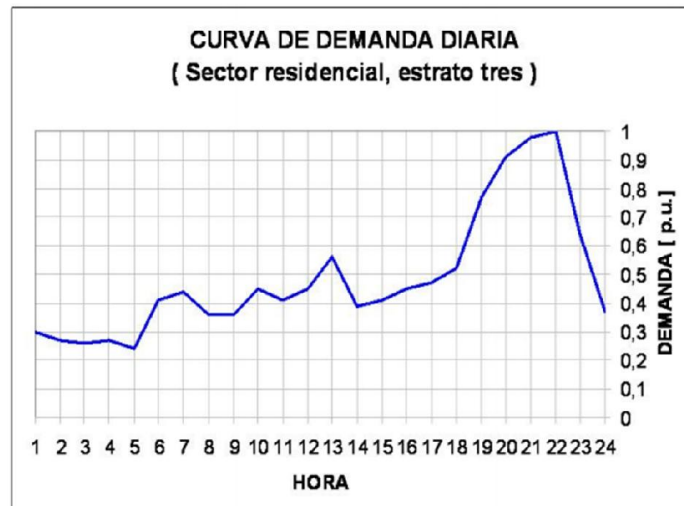
Anexo I. Curvas de demanda diaria del sector residencial.

Figura 36. Curva de demanda diaria del sector residencial en el estrato 1 y 2.



Fuente: Electrificadora de Santander S.A. E.S.P⁶².

Figura 37. Curva de demanda diaria del sector residencial en el estrato 3.

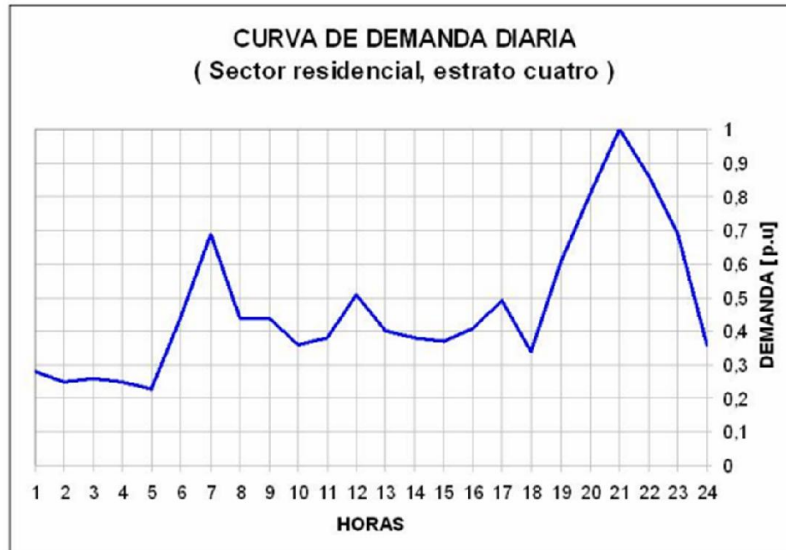


Fuente: Electrificadora de Santander S.A. E.S.P⁶³.

⁶² ESSA SA E.S.P. Normas para cálculo y diseño de sistemas de distribución. p. 115.

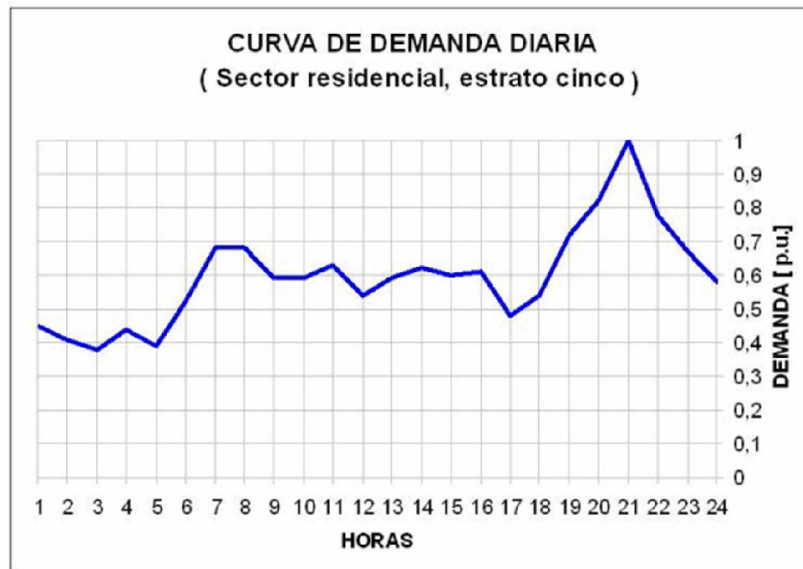
⁶³ Ibid., p. 116.

Figura 38. Curva de demanda diaria del sector residencial en el estrato 4.



Fuente: Electrificadora de Santander S.A. E.S.P⁶⁴.

Figura 39. Curva de demanda diaria del sector residencial en el estrato 5.

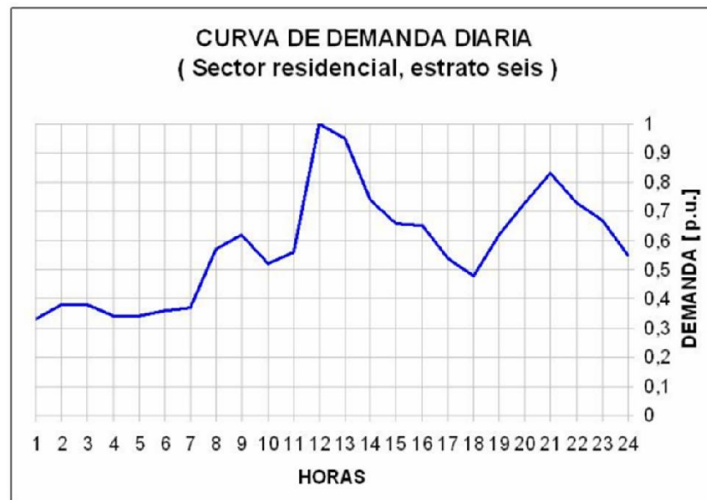


Fuente: Electrificadora de Santander S.A. E.S.P⁶⁵.

⁶⁴ ESSA SA E.S.P. Normas para cálculo y diseño de sistemas de distribución. p. 117.

⁶⁵ Ibid., p. 118.

Figura 40. Curva de demanda diaria del sector residencial en el estrato 6.



Fuente: Electrificadora de Santander S.A. E.S.P.⁶⁶.

⁶⁶ ESSA SA E.S.P. Normas para cálculo y diseño de sistemas de distribución. p 118.

Anexo J. requerimiento de potencia no activa de los usuarios tipo en horas del día.

Cuadro 72. Potencia no activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario tipo estrato 1 y 2.

Estrato 1 y 2		QF[VA] Requerida en cada hora del día en modo OFF											
Electrodoméstico	Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Televisor	14	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7	9,7		
Cargador de celular	34		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	34		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	35		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	35		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Grabadora	46	2,4	2,4	2,4	2,4			2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
VHS	47	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Total QF[VAh] en modo OFF		16,6	17,8	17,8	17,8	15,4	15,4	17,8	17,8	17,8	17,8	8,1	8,1

Cuadro 72. (Continuación).

Estrato 1 y 2		QF[VA] Requerida en cada hora del día en modo OFF												
Electrodoméstico	Ref.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Televisor	14		9,7	9,7								9,7	9,7	
Cargador de celular	34	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			
	34	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			
	35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			
	35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			
Grabadora	46	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	
VHS	47	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5			4,5	4,5	
Total QF[VAh] en modo OFF		8,1	17,8	17,8	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	3,6	3,6	16,6	16,6

Cuadro 73. Potencia no activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario tipo estrato 3.

Estrato 3		QF[VA] Requerida en cada hora del día en modo OFF											
Electrodoméstico	Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Televisor	8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8		
Equipo de sonido	20	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7
DVD	25	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Cargador de celular	34	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	34	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Estabilizador	44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Grabadora	45	4,0	4,0	4,0	4,0			4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
CPU	50	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
Monitor	51	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Total QF[VAh] en modo OFF		34,6	34,6	34,6	34,6	30,6	30,6	34,6	34,6	34,6	34,6	25,8	25,8

Cuadro 73. (Continuación).

Estrato 3		QF[VA] Requerida en cada hora del día en modo OFF											
Electrodoméstico	Ref.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Televisor	8		8,8	8,8								8,8	8,8
Equipo de sonido	20	10,7			10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7
DVD	25	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0				2,0	2,0
Cargador de celular	34	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			
	34	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			
	35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			
	35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			
Estabilizador	44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						0,0	0,0
Grabadora	45	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
CPU	50	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3						6,3	6,3
Monitor	51	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6						1,6	1,6
Total QF[VAh] en modo OFF		25,8	23,9	23,9	25,8	25,8	17,9	17,9	15,9	15,9	14,7	33,4	33,4

Cuadro 74. Potencia no activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario tipo estrato 4.

Estrato 4		QF[VA] Requerida en cada hora del día en modo OFF											
Electrodoméstico	Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lavadora	2	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Televisor	7	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
	8	8,8	8,8	8,8	8,8			8,8	8,8	8,8	8,8		
Decodificador TV	15	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
	15	8,5	8,5	8,5	8,5			8,5	8,5	8,5	8,5		
Equipo de sonido	21	33,4	33,4	33,4	33,4			33,4	33,4	33,4	33,4	33,4	33,4
DVD	25	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Cargador Laptop	29		1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
Cargador de celular	32		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	34		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	35		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	35		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Cargador de MP3	39		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Estabilizador	44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CPU	50	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
Monitor	52	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Impresora	53	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Total QF[VAh] en modo OFF		79,2	82,4	82,4	82,4	31,7	31,7	82,4	82,4	82,4	82,4	65,1	65,1

Cuadro 74. (Continuación)

Estrato 4		QF[VA] Requerida en cada hora del día en modo OFF											
Electrodoméstico	Ref.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lavadora	2	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4		2,4	2,4	2,4
Televisor	7	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9					2,9	2,9
	8		8,8	8,8								8,8	8,8
Decodificador TV	15	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5					8,5	8,5
	15		8,5	8,5					8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Equipo de sonido	21	33,4			33,4	33,4	33,4	33,4	33,4	33,4	33,4	33,4	33,4
DVD	25	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0				25,0	25,0
Cargador Laptop	29	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9				
Cargador de celular	32	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		
	34	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3		
	35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3		
	35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3		
Cargador de MP3	39	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2		
Estabilizador	44	0,0	0,0	0,0								0,0	0,0
CPU	50	6,3	6,3	6,3								6,3	6,3
Monitor	52	3,6	3,6	3,6								3,6	3,6
Impresora	53	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8		2,8	2,8
Total QF[VAh] en modo OFF		65,1	49,0	49,0	55,2	55,2	55,2	43,8	50,3	46,0	45,6	102,2	102,2

Cuadro 75. Potencia no activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario del estrato 5.

Estrato 5		QF[VA] Requerida en cada hora del día en modo OFF											
Electrodoméstico	Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Microondas	1	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
Lavadora	4	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9		2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Televisor	8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8			8,8	8,8	8,8
	9	2,8	2,8	2,8	2,8			2,8	2,8	2,8	2,8		
	10	4,3	4,3	4,3	4,3			4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3
	11	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7		
Decodificador TV	17	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8			4,8	4,8	4,8
	17	4,8	4,8	4,8	4,8			4,8	4,8	4,8	4,8		
	17	4,8	4,8	4,8	4,8			4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
	17	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8		
Equipo de sonido	18	24,5	24,5	24,5	24,5				24,5	24,5	24,5	24,5	24,5
Teatro en casa	23	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Cargador Laptop	27	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
	31	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Cargador de celular	32	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	32	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	33	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	33	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Cargador Tablet	37	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	38	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Cargador de MP3	39	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Video Juego	40	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
Video juego portátil	43	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Estabilizador	44	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Computador Integrado	48	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
CPU	49	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
Monitor	51	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Impresora multifuncional	56	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
Total QF[VAh] en modo OFF		101,6	101,6	101,6	101,6	60,4	60,4	74,2	88,0	88,0	101,6	86,5	86,5

Cuadro 75. (Continuación).

Estrato 5		QF[VA] Requerida en cada hora del día en modo OFF											
Electrodoméstico	Ref.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Microondas	1	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9		1,9	1,9	1,9
Lavadora	4	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Televisor	8	8,8	8,8	8,8				8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8
	9		2,8	2,8	2,8	2,8	2,8					2,8	2,8
	10	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3						4,3	4,3
	11		2,7	2,7							2,7	2,7	2,7
Decodificador TV	17	4,8	4,8	4,8				4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
	17		4,8	4,8	4,8	4,8	4,8					4,8	4,8
	17	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8						4,8	4,8
	17		4,8	4,8							4,8	4,8	4,8
Equipo de sonido	18	24,5			24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5
Teatro en casa	23	4,5	4,5	4,5								4,5	4,5
Cargador Laptop	27	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4			
	31	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2			
Cargador de celular	32	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2			
	32	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2			
	33	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			
	33	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			
Cargador Tablet	37	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2			
	38	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			
Cargador de MP3	39	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2			
Video Juego	40	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4				4,4	4,4	4,4
Video juego portátil	43	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8			
Estabilizador	44	0,0	0,0	0,0	0,0							0,0	0,0
Computador Integrado	48	5,6	5,6	5,6	5,6							5,6	5,6
CPU	49	7,4	7,4	7,4	7,4							7,4	7,4
Monitor	51	1,6	1,6	1,6	1,6							1,6	1,6
Impresora multifuncional	56	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9		4,9	4,9	4,9
Total QF[VAh] en modo OFF		86,5	77,1	77,1	76,0	61,4	52,3	53,9	53,9	47,1	59,7	95,5	95,5

Cuadro 76. Potencia no activa requerida en cada hora del día por los electrodomésticos en modo apagado en un usuario del estrato 6.

Estrato 6		QF[VA] Requerida en cada hora del día en modo OFF											
Electrodoméstico	Ref.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Microondas	2	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Lavadora	6	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Televisor	7	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9		
	8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	8,8	
	9	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	
	11	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7		
Decodificador TV	16	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4		
	16	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	
	16	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	
	16	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4		
Equipo de sonido	18	24,5	24,5	24,5	24,5						24,5	24,5	24,5
Teatro en casa	23	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5		
Porta retratos digital	26	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Cargador Laptop	29	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
	30	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
	31	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Cargador de celular	32	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	32	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	33	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	33	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Cargador Tablet	36	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	37	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	38	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Cargador de MP3	39	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	39	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Video Juego	41	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
	42	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1
Video juego portátil	43	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Computador Integrado	48	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6					5,6	5,6
	48	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
Impresora multifuncional	54	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Total QF[VAh] en modo OFF		112,3	112,3	112,3	112,3	87,8	87,8	82,2	82,2	82,2	106,7	89,4	62,6

Cuadro 76. (Continuación).

Estrato 6		QF[VA] requerida en cada hora del día en modo OFF											
Electrodoméstico	Ref.	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Microondas	2	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4
Lavadora	6	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8		1,8	1,8	1,8
Televisor	7			2,9	2,9	2,9	2,9	2,9				2,9	2,9
	8		8,8	8,8	8,8	8,8	8,8						8,8
	9		2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8
	11			2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Decodificador TV	16			6,4	6,4	6,4	6,4	6,4				6,4	6,4
	16		6,4	6,4	6,4	6,4	6,4						6,4
	16		6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
	16			6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4
Equipo de sonido	18	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5	24,5
Teatro en casa	23			4,5	4,5	4,5	4,5						4,5
Porta retratos digital	26	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2						1,2
Cargador Laptop	29	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9			
	30	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7			
	31	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2			
Cargador de celular	32	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2			
	32	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2			
	33	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			
	33	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			
Cargador Tablet	36	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1			
	37	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2			
	38	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			
Cargador de MP3	39	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2			
	39	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2			
Video Juego	41	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0					3,0
	42	9,1	9,1					9,1	9,1	9,1	9,1	9,1	9,1
Video juego portátil	43	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8			
Computador Integrado	48	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6						5,6
	48	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6						5,6
Impresora multifuncional	54	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2		2,2	2,2	2,2
Total QF[Vah] en modo OFF		65,0	89,4	103,2	103,2	103,2	103,2	80,2	67,9	63,9	58,3	67,6	102,7

Anexo K. Anexos digitales.

Este proyecto de investigación incluye un CD donde se encuentran los anexos digitales que contienen los siguientes archivos:

- 1.Fotos_medidas.

Esta carpeta contiene un soporte fotográfico de las medidas realizadas con el analizador trifásico de energía y calidad de la energía eléctrica Fluke 435 serie II con las pinzas i5sPQ3, y la extensión que se modificó para facilitar la conexión entre los electrodomésticos y el instrumento de medida.

- 2.Incertidumbre.

En este archivo de Excel se muestran las medidas tomadas a cada electrodoméstico con su respectivo cálculo incertidumbre.

- 3.Derecho_de_peticion_ESSA_ESP.

En este archivo digital en formato pdf se muestra el trámite realizado para solicitar información necesaria para la realización del proyecto de grado con su respectiva respuesta.