



DIRECCIÓN DE POSGRADOS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN OPCIÓN AL GRADO
ACADÉMICO DE MAGISTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

“DIAGNÓSTICO DE LA DEMANDA DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN SMART HOME, ENFOCADO EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE QUITO, DURANTE EL AÑO 2015, BARRIO LA KENNEDY. CARACTERIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA”

Autor:

GARCIA, Torres, Edwin Marcelo

Tutor:

Ph. D, Secundino, Marreros

LATACUNGA – ECUADOR

Diciembre – 2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD DE POSGRADO

Latacunga – Ecuador

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado, aprueban el presente informe e Investigación de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Edwin Marcelo García Torres, con el título de tesis: “DIAGNÓSTICO DE LA DEMANDA DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN SMART HOME, ENFOCADO EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE QUITO, DURANTE EL AÑO 2015, BARRIO LA KENNEDY. CARACTERIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA”. Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, noviembre – 2015.

Para constancia firman:

.....
MSc. ÁNGEL LEÓN
PRESIDENTE

.....
PhD. ENRIQUE TORRES
MIEMBRO

.....
PhD. GUSTAVO RODRÍGUEZ
OPENENTE

.....
PhD. ILIANA GONZALES
MIEMBRO

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En mi calidad de Tutor del Programa de Maestría en Gestión de Energías, nombrado por el Consejo de Posgrado.

CERTIFICO:

Que: analizado el Protocolo de Trabajo de Titulación, presentado como requisito previo a la aprobación y desarrollo de la investigación para optar por el grado de Magister en Gestión de Energías.

El problema de investigación se refiere a:

“DIAGNÓSTICO DE LA DEMANDA DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN SMART HOME, ENFOCADO EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE QUITO, DURANTE EL AÑO 2015, BARRIO LA KENNEDY. CARACTERIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA”

Presentado por **García Torres Edwin Marcelo** con cedula de ciudadanía N^º. **1803087400**.

Sugiero su aprobación y permita continuar con la ejecución del proyecto de investigación y desarrollo.

Latacunga, noviembre de 2015

Atentamente,

.....
Ph. D, Secundino, Marreros
DIRECTOR DE TESIS

RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE TESIS

Dejo constancia que el presente proyecto de investigación, es de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor con el tema, **“DIAGNÓSTICO DE LA DEMANDA DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN SMART HOME, ENFOCADO EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE QUITO, DURANTE EL AÑO 2015, BARRIO LA KENNEDY. CARACTERIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA”** previo a la obtención del título **Magister en Gestión de Energías**, es original auténtico y personal, a excepción de las citas.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto de investigación y luego de la redacción de este documento son y serán de mi sola y exclusiva responsabilidad legal y académica.

Atentamente

.....
Ing. Edwin Marcelo García Torres

C.C. 180308740-0

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana, por su apoyo incondicional en mi crecimiento profesional, a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a todos los docentes por verter en mí, sus conocimientos, para mi formación integral.

Al PhD. Secundino Marreno, quien aportó su conocimiento, tiempo y paciencia al dirigir este trabajo de investigación.

Marcelo García Torres

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico principalmente a Dios por darme la vida y haberme permitido llegar hasta este momento, a mi esposa Yadira por ser uno de mis pilares fundamental, a mis grandes amores Zahyra y Sebastián mis hijos que con su inocencia, ternura fueron mi inspiración e impulso a seguir adelante y superarme cada día más.

A mis padres Marcelo y Jimena, por el apoyo en todo momento desde el inicio de mis estudios.

Marcelo García Torres

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

TEMA: “Diagnóstico de la demanda de consumo de energía eléctrica en un Smart home, enfocado en el sector residencial de Quito, durante el año 2015, Barrió La Kennedy. Caracterización y optimización del consumo de energía eléctrica”

Autor: Ing. Edwin Marcelo García Torres

Tutor: Ph. D, Secundino, Marreros

RESUMEN

El avance de la tecnología y la implementación de las ciudades Inteligentes Smart Grid presenta un problema por lo que el presente: resolver, estudiar, caracterizar y modelar la curva de demanda eléctrica diaria, la cual considera el crecimiento de la tecnología y por ende el incremento del consumo de energía eléctrica en usuarios residenciales, generando un impacto importante en la curva de la demanda y en la economía de los hogares, razón por lo cual la optimización permitirá tener un equilibrio entre confort y el consumo de energía eléctrica de los usuarios.

La investigación se divide en cuatro capítulos el primero el estado de arte para la modelación de la demanda y la optimización, analizando las diferentes investigaciones, el segundo capítulo se desarrolla la metodología de la investigación y se determina la muestra con la cual se realizarán las encuestas en el barrio La Kennedy de la ciudad de Quito, mediante la aplicación de encuestas y la medición de la energía por medio de analizadores de red, en el tercer capítulo se realizó la tabulación de la información obtenida en las encuestas, además se analizó los datos medidos en un usuario tipo mediante un analizador de energía y finalmente en el capítulo IV se desarrolla la propuesta mediante la modelación de la demanda por Las Cadenas se Markov y Montecarlo (MCMC), esta modelación estableció diferentes escenarios, los cuales caracterizan el consumo de energía, la misma que por medio del método de multiobjetivo de Pareto se realizó la optimización.

El problema fue resuelto por la investigación mediante la simulación y modelamiento de la demanda, para luego optimizar la energía, generando un ahorro en el consumo de la electricidad en un 20%, generando un beneficio al medio ambiente y reduciendo las emisiones de CO₂.; sin cambiar las costumbres de los usuarios.

PALABRAS CLAVES

Cadenas De Markov, Montecarlo, Optimización de la Energía, Demanda eléctrica, Eficiencia Energética, Optimización por Pareto.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD DE POSGRADO

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

THEME: “Diagnosis of consumer demand for electricity in a Smart Home, focus on the residential area Kennedy neighborhood in Quito, during 2015. Characterization and optimization of energy consumption.”

Autor: Ing. Edwin Marcelo García Torres

Tutor: Ph. D, Secundino, Marreros

ABSTRACT

The main goal of this project is to present a possible solution to a problem that is been created by the advance of technology and the implementation of Smart cities “Smart Grid” through studying the characterization and modeling the daily electricity demand curve. This curve considers the growth of technology and therefore the increase of consumption of electricity of residential users, generating a significant impact on the demand curve and the users’ economy. For this reason, the suggested optimization will allow a balance between comfort and energy consumption of users.

The research is divided into four chapters: the first one presents the state of art for demand modeling and optimization, the second one develops the research methodology and determines the sample where the surveys will take place. The third chapter deals with tabulation of information obtained in surveys conducted in Kennedy neighborhood in Quito. Also, it includes an analysis of the measurement data by user type energy analyzer. Chapter IV, that is the last one, develops the proposal by modeling the demand by Markov Chains and Monte Carlo (MCMC). This modeling established different scenarios, which characterize the energy consumption and the optimization that was performed by means of the Pareto multi objective method.

The problem was solved through experimenting a simulation and modeling a demand to optimize energy, generating a 20% of savings in electricity consumption, generating a benefit to the environment and reducing CO2 emissions; without changing the habits of users.

KEY WORDS

Markov chain Monte Carlo, Optimization Energy, electricity demand, energy efficiency, Pareto optimization.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

PÁGINAS

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	II
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS	III
RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE TESIS	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE GENERAL	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XV
ÍNDICE de Figuras	XVI
INTRODUCCIÓN	XIX
Delimitación del problema y objeto	XIX
Situación problemática	XIX
Objeto de estudio de la investigación	XX
Formulación del problema	XX
Objetivo general y campo de acción de la investigación	XX
Objetivo General de la Investigación	XX
Objetivos Específicos	XX
Campo de Acción	XXI
Hipótesis:	XXI

Visión epistemológica de la investigación	XXI
1. CAPÍTULO I: Marco Teórico.....	- 1 -
1.1 Antecedentes del estudio.....	- 1 -
1.2 Fundamentación legal	- 2 -
1.3 Fundamentación teórica	- 3 -
1.4 Energía Eléctrica.....	- 3 -
1.4.1 ¿Cómo se genera la energía eléctrica?	- 4 -
1.4.2 Consumo de energía eléctrica en el sector residencial.....	- 5 -
1.4.3 Factores que influyen en la demanda de energía residencial	- 6 -
1.5 Clientes residenciales.....	- 6 -
1.5.1 Consumo de energía residencial en el Ecuador.....	- 7 -
1.5.2 Tipos de usuarios residenciales.....	- 8 -
1.6 Modelo Matemático para determinar la demanda de energía residencial.....	- 10 -
1.6.1 Modelos matemáticos para la predicción de la Demanda	- 10 -
1.6.2 Montecarlo por cadenas de Markov:.....	- 13 -
1.7 Evaluación de los modelos matemáticos.....	- 14 -
1.8 Eficiencia energética eléctrica	- 15 -
1.9 Disminuir el coste eléctrico.....	- 15 -
1.10 Ahorro de Energía.....	- 16 -
1.10.1 Eficiencia energética eléctrica en usuarios residenciales	- 17 -
1.11 Consumo de energía eléctrica en usuarios residenciales.....	- 19 -
1.12 Demanda eléctrica sector residencial.	- 20 -
1.12.1 Eficiencia Energética en usuarios residenciales.....	- 20 -
1.13 Modelos Matemáticos de optimización	- 21 -
1.14 Análisis Económico	- 22 -
1.14.1 Las cuestiones que comprende el análisis económico son:.....	- 22 -

1.14.2	Costo – Beneficio.....	- 22 -
1.14.3	Análisis de rentabilidad económica.	- 23 -
1.14.4	Cálculo del Valor Actual Neto.....	- 23 -
1.14.5	Calculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)	- 24 -
1.14.6	Calculo del periodo de recuperación del capital Descontado (PRCD).	- 24 -
1.15	Tipos de sistemas SCADA para el control de la demanda.....	- 25 -
1.16	Las funciones principales de un sistema SCADA.....	- 25 -
1.16.1	Sistemas SCADA según la tipología.....	- 27 -
1.17	Tipos de HMI.....	- 30 -
1.18	Gestión de la Energía eléctrica en el mundo	- 31 -
2.	CAPÍTULO II: Metodología de investigación.....	- 34 -
2.1	Objeto de la Investigación.....	- 34 -
2.2	Modalidad de la investigación	- 35 -
2.2.1	Investigación de Campo.....	- 35 -
2.3	Nivel de investigación.....	- 35 -
2.3.1	Correlacional.....	- 35 -
2.4	Población y muestra.....	- 35 -
2.4.1	Muestra:	- 36 -
2.5	Métodos de investigación.....	- 36 -
2.5.1	Observación:	- 37 -
2.5.2	Inductivo:	- 37 -
2.5.3	Deductivo:.....	- 37 -
2.6	Técnicas e instrumentos de la investigación	- 37 -
2.7	Operacionalización de las variables.....	- 38 -
2.8	Instrumentos a utilizar.....	- 39 -
2.8.1	Encuesta	- 39 -

2.8.2	Analizador de energía	- 41 -
2.8.3	Diagramas de Conexiones Principales	- 43 -
2.8.4	Ecuaciones por medio de modelos matemáticos.....	- 44 -
2.9	Software para el modelado (Matlab).....	- 44 -
2.10	Software para la implementación del sistema Scada para el control y monitoreo (Labview)	- 45 -
2.10.1	Características	- 46 -
2.10.2	Programa en LabVIEW.....	- 46 -
2.10.3	Entorno de Labview.....	- 47 -
2.11	Procedimiento de aplicación de la metodología.....	- 48 -
3.	CAPÍTULO III: Análisis e interpretación de resultados	- 49 -
3.1	Análisis de resultados	- 49 -
3.1.1	<i>Tipo de vivienda</i>	- 49 -
3.1.2	¿Cuántas personas viven en su hogar?.....	- 50 -
3.1.3	¿Cuál es el número de habitaciones considerando baño/s y cocina/s?.....	- 50 -
3.1.4	Lo que representa 7 habitaciones por vivienda	- 50 -
3.1.5	¿Cuántas luminarias (focos) utiliza en el exterior de su hogar?.....	- 52 -
3.1.6	¿Utiliza ducha eléctrica?.....	- 53 -
3.1.7	¿Usa calefacción eléctrica?.....	- 53 -
3.1.8	¿Usa Plancha eléctrica?.....	- 53 -
3.1.9	¿Usa cocina de inducción?.....	- 54 -
3.1.10	¿Cuánto tiempo promedio toma para cocinar los alimentos del desayuno?-	55 -
3.1.11	¿Cuánto tiempo promedio toma para cocinar los alimentos del almuerzo?-	56 -
3.1.12	¿Cuánto tiempo promedio toma para cocinar los alimentos de la merienda?-	56 -
	-	
3.1.13	¿Aproximadamente cuánto paga por energía eléctrica al mes?	- 57 -

3.1.14	¿Cuántos celulares tiene?	- 58 -
3.1.15	¿En qué horario carga su teléfono celular?	- 58 -
3.1.16	¿Funciona en su hogar un local comercial?	- 60 -
3.2	Análisis de resultados de medición de energía	- 64 -
3.3	Interpretación de resultados de medición de energía	- 66 -
3.4	Posibles soluciones al problema	- 68 -
4.	CAPITULO IV: Propuesta	71
4.1	Tema:	71
4.2	Justificación	71
4.3	Objetivo General de la Investigación.....	72
4.3.1	Objetivos Específicos.....	72
4.4	Estructura de la Propuesta.....	72
4.5	Desarrollo de la propuesta.....	72
4.5.1	Modelación de la demanda de energía	72
4.6	Modelamiento de la demanda residencial en MATLAB.	73
4.6.1	Programación de actividades.	76
4.6.2	Modelación Aseo.	76
4.6.3	Lavado de ropa.....	78
4.6.4	Modelación Ocupantes de la Residencia.....	78
4.6.5	Modelación uso computador.	79
4.6.6	Iluminación.	80
4.6.7	Modelación de la demanda	82
4.7	Optimización de la energía	84
4.7.1	Optimización de Pareto.....	84
4.7.2	Optimización de la energía mediante Pareto.....	85
4.7.3	Resultados obtenidos.....	87

4.8	Simulación de los modelos en Matlab	90
4.9	Sistema Scada	92
4.9.1	Protocolos de comunicación	95
4.9.2	Tipos de dispositivos Zegbee	95
4.9.3	Topologías de redes Zigbee	96
4.10	Evaluación económica y ambiental.....	96
4.10.1	TIR y VAN	98
4.10.2	Impacto social y ambiental.	100
4.11	Comprobación de la hipótesis	100
4.11.1	Validación del sistema	102
5.	CONCLUSIONES GENERALES	104
6.	RECOMENDACIONES	106
7.	REFERENCIAS	107
8.	BIBLIOGRÁFICAS	111
9.	ANEXOS:	117

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Página
Tabla 1: Estrato de consumo. (Empresa Eléctrica Quito S.A., 2014)	- 8 -
Tabla 2: Relación según el uso del suelo. (Empresa Eléctrica Quito S.A., 2014)	- 9 -
Tabla 3: Característica casa Usuario tipo.....	- 34 -
Tabla 4: Electrodomésticos usuario tipo.....	- 34 -
Tabla 5: Categorización de consumo acorde a EEQ.....	- 35 -
Tabla 6: Matriz de Operacionalización Variable independiente.....	- 38 -
Tabla 7: Matriz de Operacionalización Variable dependiente.....	- 39 -
Tabla 8: Configuración del analizador de Red Fluke 435.....	- 43 -
Tabla 9: Energía consumida usuario tipo.....	- 66 -
Tabla 10: Frecuencias de uso de los electrodomésticos usuarios residencial tipo	- 68 -
Tabla 11: Seudocódigo Ocupantes.....	78
Tabla 12: Seudocódigo Optimización Pareto.....	87
Tabla 13: Datos Iniciales del Usuario	97
Tabla 14: Valor del Sistema Smart Home	97

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS

	Página
Figura 1: Red de energía eléctrica.....	- 4 -
Figura 2: Consumo de energía en el Ecuador	- 5 -
Figura 3: Evolución histórica y proyección de clientes del sector residencial.....	- 7 -
Figura 4: Consumo de energía por provincias	- 8 -
Figura 5: Cadena de Markov.....	- 14 -
Figura 6: Diferenciación de curvas con administración y sin administración de carga	- 17 -
Figura 7: Comparación de Tecnologías de Iluminación	- 19 -
Figura 8: Funcionamiento de la Domótica.....	- 19 -
Figura 9: Consumo.....	- 20 -
Figura 10: Optimización de la Demanda de energía.....	- 21 -
Figura 11: Dispositivos de un Sistema SCADA de uso residencial.....	- 27 -
Figura 12: Sistema Centralizado	- 28 -
Figura 13: Sistema Descentralizado.....	- 28 -
Figura 14: Sistema Distribuido	- 29 -
Figura 15: Sistemas Mixtos	- 30 -
Figura 16: Gestión de la energía en el mundo mediante los Smart Home	- 33 -
Figura 17: Características Principales de un Analizador de Redes.....	- 41 -
Figura 18: Partes del Equipo Analizador Fluke 435	- 42 -
Figura 19: Ubicación del puerto RS-232	- 42 -
Figura 20: Conexión del analizador a un sistema de distribución trifásico	- 43 -
Figura 21: Diagrama vectorial de un analizador correctamente conectado	- 44 -
Figura 22: Entorno de Matlab	- 45 -
Figura 23: Panel Frontal.....	- 47 -
Figura 24: Diagrama de Bloques	- 47 -
Figura 25: Viviendas Barrió La Kennedy	- 49 -
Figura 26: Luminarias interiores por tipo de residencia	- 50 -
Figura 27: Tendencia de luminarias encendidas por horas en el interior de la residencia ..	- 51 -

Figura 28: Luminarias exteriores por tipo de residencia.....	- 52 -
Figura 29: Tendencia de luminarias encendidas por horas en el exterior de la residencia .-	52 -
Figura 30: Tendencia del uso de la ducha.....	- 53 -
Figura 31: Utilización de la planta.....	- 54 -
Figura 32: Cambio a cocinas de Inducción.....	- 54 -
Figura 33: Tiempo de cocción para el desayuno.....	- 55 -
Figura 34: Tiempo de cocción de los alimentos en el almuerzo	- 56 -
Figura 35: Tiempo de cocción merienda.....	- 57 -
Figura 36: Valor de referencia del pago de energía al mes	- 57 -
Figura 37: En qué horario carga su teléfono celular	- 58 -
Figura 38: Consumo de energía fin de semana.	- 59 -
Figura 39: Consumo de energía en feriados.....	- 59 -
Figura 40: Residencia con locales comerciales.....	- 60 -
Figura 41: Curva de uso de los ordenadores.	- 61 -
Figura 42: Consumo Electrodomésticos kWh	- 62 -
Figura 43: Porcentaje de uso de electrodomésticos	- 63 -
Figura 44: Demanda Típica de los Usuarios Barrio La Kennedy	- 64 -
Figura 45: Información pantalla Analizador.....	- 65 -
Figura 46: Consumo de energía casa tipo	- 65 -
Figura 47: Curva de voltaje y corriente	- 66 -
Figura 48: Curva de Demanda usuario Tipo.....	- 67 -
Figura 49: Grafica de Pareto de los electrodomésticos Usuario Tipo.....	- 69 -
Figura 50: Flujograma de la modelación de la demanda de energía parte (1)	74
Figura 51: Gráfico de la Modelación de la Demanda	75
Figura 52: Flujograma Aseo	77
Figura 53: Curva de aseo personal.....	77
Figura 54: Curva modelada de la utilización de planchas eléctricas y lavadora de ropa.	78
Figura 55: Modelación del comportamiento de cargas residenciales puntuales	79
Figura 56: Modelación utilización de computadoras.	80
Figura 57: Modelación de los TV.	81
Figura 58: Modelación iluminación Interior.....	81
Figura 59: Modelación iluminación Exterior	82
Figura 60: Demanda Usuario Tipo.....	82

Figura 61: Modelamiento de la demanda usuario tipo.....	83
Figura 62: Proceso de Optimización por Pareto	86
Figura 63: Población para la optimización	87
Figura 64: Restricciones de Pareto.....	88
Figura 65: Optimización por Pareto.....	89
Figura 66: Valores de Optimización	89
Figura 67: Resultado de la optimización.....	90
Figura 68: Comparación de las curvas de demanda real vs la modelada.....	91
Figura 69: Pantalla de Bienvenida y acceso al sistema principal.....	92
Figura 70: Pantalla de Acceso.....	92
Figura 71: Pantalla de control y monitoreo de la demanda.....	93
Figura 72: Tendencia de la demanda y optimización de energía	94
Figura 73: Indicador de ahorro y Kg de CO2 que dejamos de emitir	94
Figura 74: Topología estrella(Shahin, 2008)	96
Figura 75: Topologías de redes Zigbee (Shahin, 2008)	96
Figura 76: Tiempo de recuperación de inversión.....	99
Figura 77: Curva de Demanda Modelada y Real	101
Figura 78: Demanda Optimizada	101
Figura 79: Prueba de optimización en la mañana (pico).....	102
Figura 80: Prueba de optimización por la noche (Pico).....	102

INTRODUCCIÓN

Delimitación del problema y objeto

Situación problemática

En los últimos años el consumo de energía eléctrica se ha incrementado a un ritmo superior al crecimiento económico ya que cumple necesidades del aparato productivo al estar íntimamente ligado al alcance de mayores niveles de vida de la sociedad en general, por lo que es necesario tomar acciones que impidan que aumente el índice físico del consumo energético, se deben identificar y emprender alternativas de eficiencia energética.

El problema no solo es nacional sino a nivel internacional como lo indica la Agencia Internacional de Energía (AIE), estima que el consumo energético aumentará y tiene una relación directa con el desempeño de la economía de cada nación. Por ello, el ritmo de recuperación en cada país será un factor determinante para la evolución del sector energético en los siguientes años.

Por una parte, las necesidades energéticas de la humanidad no dejan de crecer, el sector energético constituye una palanca de desarrollo, lo que se vuelve indispensable mantener un equilibrio entre este crecimiento y la demanda de energía, en la cual juega un rol muy importante la eficiencia energética, como:

En el sector residencial en Ecuador no dispone de un control y gestión de la Demanda de Energía Eléctrica, lo que conlleva a tener que grandes Consumos de Energía afectado a la economía de los usuarios, por lo que es de mucho interés para el país disponer de un recurso de respuesta de la demanda para beneficios del cliente y de las empresas de suministro eléctrico.

Con el incremento descontrolado del consumo de energía, ha provocado el incremento de la demanda y de usuarios, el sector energético no garantiza satisfacer una demanda que crece cada año, ni asegura sostenibilidad, lo que genera un incremento en el valor de las tarifas eléctricas, puesto que se tiene que comprar o generar energía muchos más caras como son las centrales térmicas o lo que es peor tener los famosos cortes de energía provocando, pérdidas millonarias a las industria y por ende a nuestro país.

Actualmente el Ecuador a través del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER), está desarrollando diferentes planes de gestión eficiente del consumo eléctrico a nivel comercial, industrial y residencial, los cuales se encuentran enmarcados dentro del plan nacional del buen vivir. Todo esto conlleva a tener un incremento en la eficiencia energética en un Smart Home, mediante optimización del consumo de energía eléctrica.

Para mejorar la Eficiencia Energética y optimizar el consumo de energía eléctrica se ha planteado: sistemas de modelamiento, simulaciones, los cuales determinará el uso eficiente de la energía que implica realizar actividades (cotidianas) con el mínimo consumo de energía posible.

Objeto de estudio de la investigación

El consumo de energía eléctrica en un Smart Home.

Formulación del problema

¿Cómo influye la optimización de la demanda en el consumo de energía eléctrica en un Smart Home, Enfocado en el sector residencial de Quito, durante el año 2015?

Variable Independiente	Variable Dependiente
Demanda de Energía Eléctrica	Consumos de Energía

Objetivo general y campo de acción de la investigación

Objetivo General de la Investigación

Caracterizar y modelar la demanda de un Smart Home para optimizar el consumo de energía eléctrica, en el sector residencial de Quito, Barrio la Kennedy, durante el año 2015.

Objetivos Específicos

- Investigar el estado de arte de los modelos de optimización de energía eléctrica aplicado a Smart Home.
- Diagnosticar de la demanda de consumo de energía eléctrica en un Smart Home, Enfocado en el sector residencial de Quito, durante el año 2015.
- Caracterizar y modelar el comportamiento de la demanda en un Smart Home en usuarios residencias de la ciudad de Quito.
- Optimizar la demanda la cual permitirá disminuir el consumo de energía eléctrica.

- Desarrollar un software que permita el control, monitoreo y registro de datos históricos de un Smart Home.

Campo de Acción

Eficiencia energética en el sector residencial de Quito, Barrio La Kennedy, permitiendo optimizar el consumo de energía eléctrica.

Hipótesis:

La caracterización y modelación de la demanda eléctrica en un Smart Home permitirá optimizar el consumo de energía eléctrica, que garantice resultados energéticamente eficientes en el sector residencial de Quito, Barrio La Kennedy.

Visión epistemológica de la investigación

En el trabajo de investigación se utilizara el enfoque cuali-cuantitativo mediante la caracterización de la demanda para optimizar el consumo de energía eléctrica, que garantice resultados energéticamente eficientes en un Smart Home para el sector residencial, utilizando herramientas como las mediciones, descripciones y observaciones, de la cual se generaron datos recolectados y el análisis para contestar las interrogantes generadas en la investigación lo que establecerá con exactitud patrones de comportamiento de la demanda en un Smart Home.

La presente investigación tiene como alcance dar una alternativa de solución a los problemas de la eficiencia energética mediante la optimización el consumo de energía eléctrica utilizando sistemas de modelamiento, simulaciones, los cuales determinará el uso eficiente de la energía que implica realizar actividades (cotidianas) con el mínimo consumo de energía posible.

En el capítulo I se basa en el estado de arte de los para la modelación de la Demanda y los métodos de Optimización de la energía.

Capitulo II es la metodología de la investigación determinando las herramientas con las cuales se realizará el trabajo de investigación, como también las muestra con la que se aplicará las encuestas en el barrio La Kennedy de la ciudad de Quito.

En el capítulo III la investigación presenta la tabulación de los datos obtenidos en la encuesta, se analiza la información extraída por el equipo de analizador de energía para determinar la curva característica de consumo de un usuario tipo que sea representativo para el barrio.

Capitulo IV es la propuesta para la solución del problema mediante la modelación de la demanda por las cadenas de Markov y Montecarlo, aplicando la optimización multiobjetivo de Pareto se genera un ahorro en el consumo de energía, además se desarrolla el sistema Scada para la implementación de estos modelos.

CAPÍTULO I: Marco Teórico

1.1 Antecedentes del estudio

Los autores Barker, Kalra, Irwin, & Shenoy proponen que: las técnicas de análisis para datos de uso de la electricidad mediante la caracterización y modelación de las cargas eléctricas, el control de la electricidad como portador de energía principal, en esta investigación la metodología empleada es empírica y determina la supervisión de una amplia variedad de cargas comunes instaladas en Smart home, sin especificar precisos, la conclusión de este trabajo determinó un modelo que permita disminuir las cargas conectadas en un Smart home. (Barker, Kalra, Irwin, & Shenoy, 2013)

Los autores Apostolos y Dimitrios proponen que: el modelado, la funcionalidad y la implementación de un sistema de hogar moderno interactivo inteligente, que es compatible con varios automatismos para una vida cómoda y segura, incluyendo un subsistema de gestión de la energía, que coopera con una instalación fotovoltaica sobre cubierta, mediante la utilización de la energía eléctrica como portador, esta investigación utiliza la metodología problemático – hipotético, iniciando con la propuesta del problema a solucionar mediante la automatización de una casa y concluye con el modelamiento y simulación de un Smart home de manera eficiente. (Meliones & Giannakis, 2013)

El autor López diseña un proyecto para automatizar una casa, utilizando portadores de energías como la temperatura, electricidad e iluminación, para lo cual utiliza una metodología problemático – hipotético, determinando el problema a solucionar y generando mediante la utilización de un software y hardware, el trabajo de investigación concluye con la solución: monitoreo para un edificio, oficina, departamentos o casa, y el control de diferentes sistemas de seguridad, energía, comunicaciones, iluminación logrando aumentar la eficiencia energética en general de la edificación. (López, 2014)

El autor Babbitt describe un modelo y define el comportamiento de Smart home, la tecnología utilizada, la privacidad de la información, y la relación entre entornos inteligentes para el hogar, para lo cual utiliza la metodología de investigación: levantamiento de la información, gestión para proponer una modelación. Este trabajo culmina con la verificación del modelo implementado sobre una casa inteligente y la afectación de la falta de seguridad en la información en el control y monitoreo de las mismas. (Babbitt, 2006)

El autor Hernández describe implementa un modelo de optimización de energía y define el diseño óptimo de sistema de distribución de energía eléctrica mediante de aplicación de este conjunto de técnicas de la matemática para proponer una modelación. Este trabajo culmina con la verificación del modelo, en las previsiones de la demanda de energía ha sido un importante campo a fin de permitir la planificación de la generación y adaptación y analizando el comportamiento en redes eléctricas inteligentes. (Hernández, 2014)

1.2 Fundamentación legal

El Ecuador por medio del CONELEC, quien se constituye como un ente regulador y controlador, a través del cual regula las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, a empresas concesionarias a nivel nacional.

Ley Orgánica del Servicio Público De Energía Eléctrica 15/01

Norma la prestación del servicio de energía eléctrica y alumbrado público general.

Ley Orgánica de defensa del consumidor 00/07

Disposiciones de defensa al consumidor para los servicios públicos domiciliarios

Regulaciones sobre la comercialización de energía

Regulación CONELEC 002/14 (CONELEC, 2014)

Establece las condiciones técnicas, económicas y operativas, para que las empresas eléctricas de distribución comercialicen energía eléctrica a través de sistemas prepago.

Equipos de medición

Los equipos de medición instalados permitirán al consumidor conocer en todo momento el monto de energía remanente (kWh) del medidor.

Esta regulaciones permitirá a los usuarios de Smart home poder comprar la energía justa y necesaria para sus actividades.

ANSI C12.22 / IEEE Std 1703

Estos protocolos determina el transporte de datos a través de redes, con el propósito de la interoperabilidad entre los módulos de comunicaciones y medidores. Este estándar utiliza AES de cifrado para permitir comunicaciones seguras y fuertes, incluyendo la confidencialidad y la integridad de los datos. Su modelo de seguridad es extensible para apoyar nuevos mecanismos de seguridad.

1.3 Fundamentación teórica

Con el rápido desarrollo de la economía global, la necesidad de la energía ha aumentado notablemente, especialmente en países de alta demanda. La comprensión de que los recursos de combustibles fósiles requeridos para la generación de energía son cada vez más escasos y que el cambio climático está relacionado con las emisiones de carbono a la atmósfera ha aumentado interés en el ahorro de energía y protección del medio ambiente. La primera estrategia para reducir la dependencia de los recursos fósiles se basa en la reducción del consumo de energía mediante la aplicación de programas de ahorro de energía se centraron en la reducción de la demanda de energía y la eficiencia energética en los campos industriales y domésticos.

1.4 Energía Eléctrica

La energía eléctrica es causada por el movimiento de las cargas eléctricas (electrones positivos y negativos) en el interior de materiales conductores. Es decir, cada vez que se acciona el interruptor de nuestra lámpara, se cierra un circuito eléctrico y se genera el movimiento de electrones a través de cables metálicos, como el cobre. Además del metal, para que exista este transporte y se pueda encender una bombilla, es necesario un generador o una pila que impulse el movimiento de los electrones en un sentido dado.

Siguiendo el principio de conservación de la energía en el que se indica que ésta no se crea ni se destruye, sólo se transforma de unas formas en otras, se explica que la energía eléctrica pueda convertirse en energía luminosa, mecánica y térmica. A esto hay que añadir su facilidad con la que se genera y se transporta. No obstante, y a pesar de ser una de las energía más utilizadas por el ser humano debido a su aplicación en una diversa gama de productos y aparatos cotidianos, esta energía tiene la dificultad de almacenar la electricidad.

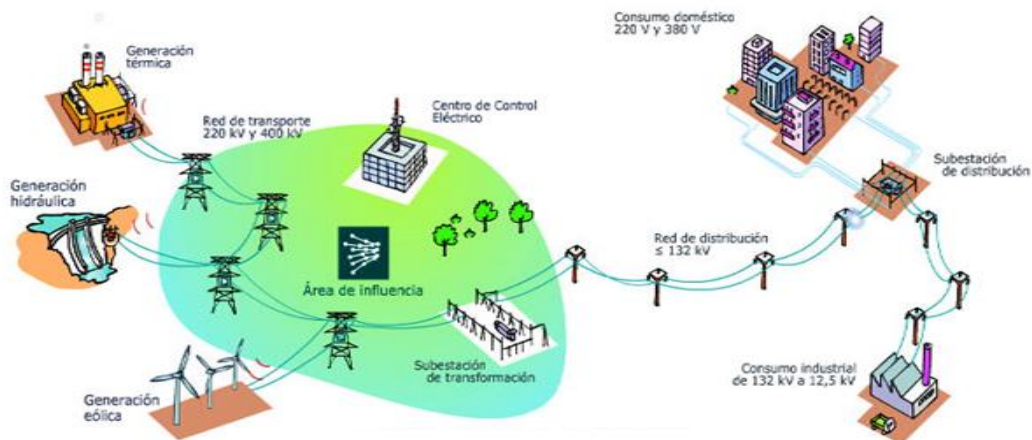


Figura 1: Red de energía eléctrica

Fuente: www.coens.es

1.4.1 ¿Cómo se genera la energía eléctrica?

1. Generación. La energía eléctrica se obtiene en las centrales de generación, las cuales están determinadas por la fuente de energía que se utiliza para mover el motor. A su vez, estas fuentes de energías pueden ser renovables o no. En el grupo de las renovables se encuentran las centrales hidráulicas (hacen uso de la fuerza mecánica del agua), eólicas (viento), solares (sol) y de biomasa (quema de compuestos orgánicos de la naturaleza como combustible). Cada una de estas fuentes indicadas se puede regenerar de manera natural o artificial.

Frente a éstas últimas, se encuentran las centrales que utilizan fuentes de energía que no son renovables. Es decir, aquellas que tienen un uso ilimitado en el planeta y cuya velocidad de consumo son mayor que la de su regeneración. En esta segunda formación se agrupan las centrales térmicas (se produce electricidad a partir de recursos limitados como el carbón, el petróleo, gas natural y otros combustibles fósiles) y las nucleares (a través de fisión y fusión nuclear).

2. Transmisión. Una vez que se ha generado la energía eléctrica por alguna de las técnicas precedentes, se procede a dar paso a la fase de transmisión. Para ello, se envía la energía a las subestaciones ubicadas en las centrales generadoras por medio de líneas de transmisión, las cuales pueden estar elevadas (si se encuentran en torres de sustentación) o subterráneas. Estas líneas de alta tensión transmiten grandes cantidades de energía y se despliegan a lo largo de distancias considerables.

3. Distribución. El último paso antes de obtener la electricidad en los hogares es el que corresponde a la distribución. Este sistema de suministro eléctrico tiene como función abastecer de energía desde la subestación de distribución hasta los usuarios finales

Consumo promedio de electricidad en usuarios residenciales

El sector residencial, es la categoría con el mayor consumo de electricidad a nivel nacional, utilizando el 35 % de la energía producida, como se muestra en el siguiente gráfico.

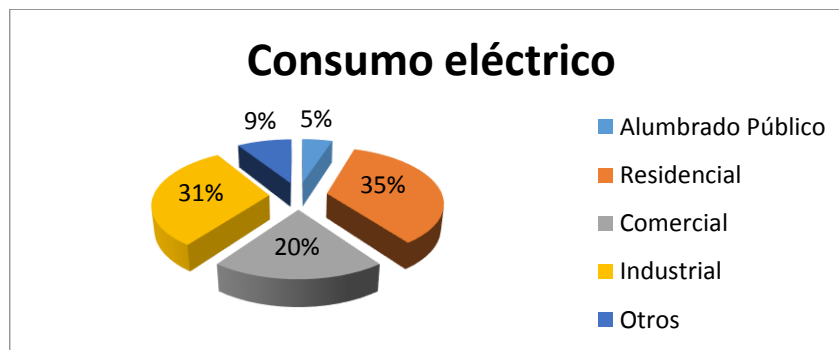


Figura 2: Consumo de energía en el Ecuador

Fuente: (CONELEC, 2013)

El consumo de energía a nivel nacional en el 2012 por parte del sector residencia fue de 5624 GWh.(Segura, Dávila, & CONELEC, 2013)

La distribución por región del Ecuador de clientes residenciales y su consumo se puede apreciar en la siguiente figura donde la región Costa presenta aproximadamente el mayor número de clientes residenciales y consumo de energía eléctrica.(CONELEC, 2013)

1.4.2 Consumo de energía eléctrica en el sector residencial

La demanda de energía eléctrica se define como el valor de potencia, que en un intervalo de tiempo, es requerida de la red por el consumidor, es decir mientras más aparatos eléctricos se encuentren funcionando al mismo tiempo mayor es la demanda de energía.

En el perfil de demanda se puede distinguir: la demanda máxima, también conocida como demanda punta, es el máximo valor de demanda en un periodo determinado. La demanda mínima, también conocida como carga base, es el mínimo valor de demanda en un periodo determinado. Finalmente la demanda media, que es la relación entre la energía consumida durante un periodo considerado y la duración de dicho periodo:

$$D_{med} = \frac{E}{T} = \frac{\int_0^T P(t)dt}{T} [W] \quad (1.1)$$

1.4.3 Factores que influyen en la demanda de energía residencial

La demanda de energía eléctrica está sujeta a cambios debido a un gran número de factores. En el sector residencial, se consideran factores influyentes el número de personas por vivienda, el número de viviendas usuarias del servicio, condiciones socioeconómicas, el precio de los electrodomésticos, usos diarios de calefacción o refrigeración. También puede variar la demanda según la hora del día, ya que se suele consumir más electricidad durante las primeras horas del día antes de producirse la incorporación a la jornada laboral, disminuyendo durante el desarrollo de la misma y volviendo a aumentar dicho consumo al finalizar la jornada laboral.

Las estaciones del año son otro de los factores que influyen en la demanda de energía, ya sean estas, invierno o verano, en las cuales se utiliza aire acondicionado para contrarrestar los cambios de temperatura, en este aspecto también hay que tener en cuenta el tipo de material que se utiliza en la construcción o el aislamiento térmico en las viviendas. La demanda de energía también varía según los días de la semana, ya está suele ser mayor en los días laborables que en los fines de semana o días festivos.

Otro factor que influye en la demanda de energía eléctrica puede ser el uso ineficiente de la energía, el uso de equipos obsoletos o de baja eficiencia energética.

1.5 Clientes residenciales

Como resultado de la proyección del crecimiento del sector residencial se espera que la cantidad de clientes en el futuro mantenga su tendencia creciente pero a un menor ritmo de crecimiento, se espera que en promedio incremente un 3.9% en el periodo 2013-2022 hasta alcanzar los 5.5 millones de clientes al término de este periodo (CONELEC, 2013).

Esta desaceleración en el crecimiento se debe principalmente al alto grado de cobertura ya alcanzado (2010: 94.77%), otro factor que influye es la escasa variación prevista en la tasa de crecimiento promedio anual en la población.

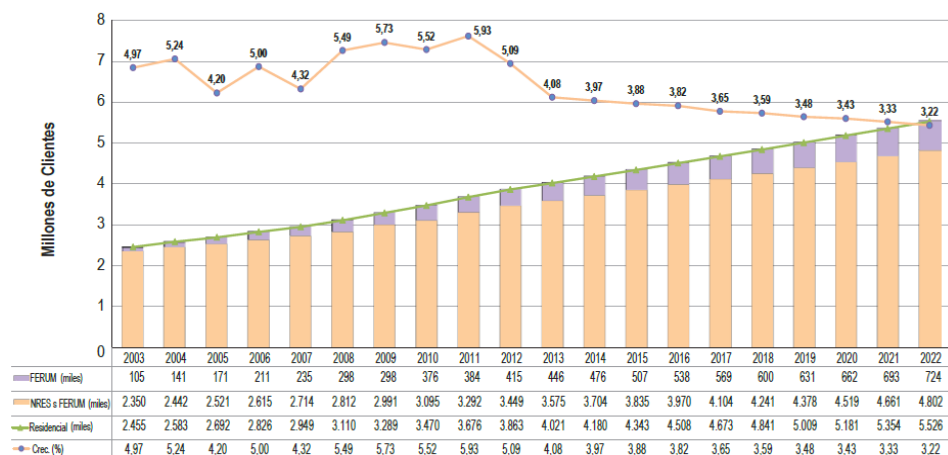


Figura 3: Evolución histórica y proyección de clientes del sector residencial.

Fuente: PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACION 2013-2022, volumen 2, Estudio y gestión de la demanda eléctrica, capítulo 4: Estudio de la proyección de la demanda eléctrica.

1.5.1 Consumo de energía residencial en el Ecuador

El consumo residencial se obtuvo de las proyecciones de consumo residencial de clientes del FERUM y los clientes residenciales. Como resultado de la proyección se espera que el consumo residencial de los clientes totales crezca a una tasa promedio anual de 4.8 % en el periodo 2013-2022, alcanzando 9.004 GWh en el horizonte de estudio.

En nuestro país al ser uno de los más ricos en diversidad de climas y ambientes desde los más fríos hasta los más cálidos se ha convertido en uno de los primordiales para tener varias zonas en las cuales el consumo de energía depende necesariamente de las necesidades de cada zona, por ejemplo en la región costa el uso de los aires acondicionados es alto ya que el calor en el día es demasiado, en cambio en la región sierra el uso de calefones para calentar ambientes es considerable pero no en gran escala como en la costa u oriente.

De tal forma de acuerdo a registros del INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) en nuestro país existen provincias con un alto consumo de energía eléctrica mensual, los cuales son: (CONELEC, 2013)

- Guayas con 164,02 kW
- Pastaza con 140,03 kW
- Pichincha con 137,52 kW

- El Oro con 131,61 kW
- Azuay con 127,20 kW

De ahí para las demás provincias tienen un margen de consumo entre 100 a 120 kW mensuales.

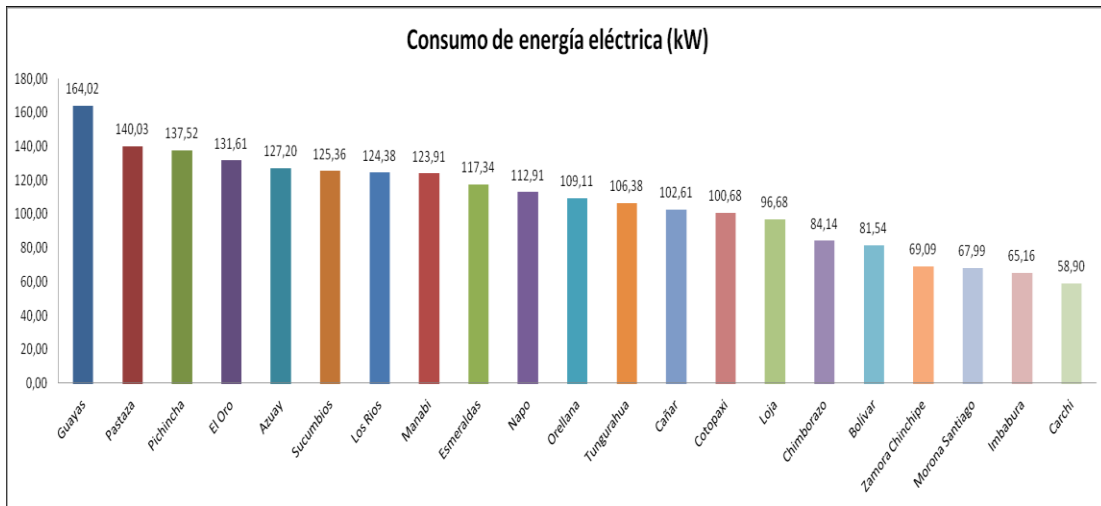


Figura 4: Consumo de energía por provincias

Fuente: (CONELEC, 2013)

1.5.2 Tipos de usuarios residenciales

Clasificación de consumidores.

Para determinar la demanda máxima coincidente la Empresa Eléctrica Quito S.A. ha clasificado los clientes residenciales en su concesión en seis grupos según su consumo eléctrico.

Tabla 1: Estrato de consumo. (Empresa Eléctrica Quito S.A., 2014)

Categoría de estrato de Consumo	Escalas de consumo (kWh/mes/cliente) sin considerar la influencia de las cocinas de inducción para usuarios tipo C, D y E
E	0 – 100
D	101 – 150
C	151 – 250
B	251 – 350
A	351 – 500
A1	501 – 900

Fuente: Empresa Eléctrica Quito S.A., NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN, vol. PARTE A. Quito, 2014, pp. 1–162.

Además de la clasificación según su consumo de energía la Empresa Eléctrica Quito S.A. dispone:

NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN, vol. PARTE A. del autor: (Empresa Eléctrica Quito S.A., 2014)

“Las ordenanzas expedidas por los municipios determinan la distribución general del uso del suelo así como las características que deben tener las edificaciones a construir en las zonas determinadas para uso residencial”.

En dichas ordenanzas se establece que las zonas de uso de suelo residencial (R) son aquellas destinadas a viviendas en forma exclusiva o combinada con otros usos de suelo. Para efectos de regular la combinación de usos, el uso residencial se divide en las siguientes categorías: Residencial 1 (R1), Residencial 2 (R2), Residencial 3 (R3) y las zonas de uso múltiple (M) como las áreas de centralidad en las que se pueden coexistir residencia, comercio, industria de bajo y mediano impacto, servicios y equipamientos compatibles o condicionados”.

En la Tabla 2 se muestra la relación según el uso del suelo.

Tabla 2: Relación según el uso del suelo. (Empresa Eléctrica Quito S.A., 2014)

Uso	Tipología	Símbolo	Actividades / Establecimientos	Ocupación del suelo	Área del lote (m ²) Coeficiente de ocupación del suelo [COS] (%)
Residencial	Residencial 1	R1	Viviendas con otros usos de barrio	Baja densidad.	600 < Lotes < 1000 m ² COS < 50%
	Residencial 2	R2	Viviendas con usos sectoriales predominantes	Mediana densidad	400 < Lotes < 600 m ² 50% < COS < 80%
	Residencial 3	R3	Viviendas con usos zonales condicionados	Alta densidad	Lotes < 400m ² COS > 80%
Múltiple	Múltiple	M1	Usos diversos de carácter zonal y de ciudad compatibles	-	-

Fuente: Empresa Eléctrica Quito S.A., NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN, vol. PARTE A. Quito, 2014, pp. 1–162.

1.6 Modelo Matemático para determinar la demanda de energía residencial

El crecimiento de nuevas tecnologías en redes inteligentes (Smart Grid) conlleva a comprender de mejor manera la demanda eléctrica residencial que antiguamente no era un factor considerable. El perfil de demanda de un usuario residencial tiene un comportamiento dinámico que es influenciado por factores como el clima, el número de aparatos eléctricos, la potencia de los aparatos eléctricos y el uso que se le da a los mismos, en la actualidad se estudia a fondo la demanda eléctrica residencial para pronosticar su comportamiento a fin de tomar decisiones adecuadas de estabilidad y seguridad del sistema.

1.6.1 Modelos matemáticos para la predicción de la Demanda

Los modelos matemáticos hacen una predicción de ésta para obtener valores futuros basados en valores pasados y algunas variables influyentes.

Existen 4 tipos de predicciones dependiendo del intervalo de tiempo futuro al que se desee predecir, estos son: (X. S. Yang, 2010)

LTLF (Long-Term Load Forecasting). Son predicciones a largo plazo entre uno a diez años, utilizadas para la planificación de la generación.

MTLF (Medium-Term Load Forecasting). Son predicciones a mediano plazo, desde meses a un año, se utilizan para asegurar las limitaciones de capacidad.

STLF (Short-Term Load Forecasting). Son predicciones de corto plazo en intervalo de un día, ayudan a la planificación, pre-despacho y la participación en el mercado.

VSTLF (Very Short-Term Load Forecasting). Las predicciones a muy corto plazo tienen un intervalo de horas y minutos y ayuda a la comercialización de la energía.

Métodos de predicción de la Demanda

Dentro de los métodos de predicción existen los siguientes:

- Métodos clásicos
- Métodos de inteligencia artificial.
- Métodos híbridos.

De los métodos antes mencionados podemos encontrar:

Predicción de la demanda utilizando series de tiempo: se basa en técnicas de suavización y modelos de auto-regresión, considera como entradas únicamente regresiones de la demanda. Son un conjunto de estadísticas, obtenidos en intervalos de tiempo regulares (Bowerman, K., B., & Richard, 2007).

La predicción se construye simplemente como el valor observado para el período correspondiente de la semana anterior

Función:

$$y_t(k) = y_t + k - s^2 \quad (1.2)$$

Donde:

$y_t =$ demanda en el período t

$k =$ tiempo de la predicción ($k - s^2$)

Predicción de la demanda utilizando modelos de regresión: este modelo es una de las herramientas estadísticas más utilizadas para describir la variación de una variable dependiente y (demanda anual de energía de calefacción) con variables explicativas (temperatura sol-aire, resistencia térmica, de superficie a volumen, etc.) utilizados como insumos en la función. (“Multiple regression model for fast prediction of the heating energy demand,” n.d.)

Este método combina dos modelos basados en regresión, Modelo A para predecir períodos de alto consumo y Modelo B para predecir períodos de consumo baja. Estos modelos controlan la demanda y se basan principalmente en el horario del día donde se produce mayor demanda.

Modelo A, identifica datos después de la demanda máxima, considera los datos de días anteriores.

$$D_t^n = \alpha_1 D_{(t-1)}^n + \alpha_2 D_{(t-2)}^n + \beta_1 D_{(t)}^{n-1} + \beta_2 D_{(t-2)}^{n-1} + \beta_3 D_{(t-7)}^{n-1} + \beta_4 D_{(t-8)}^{n-1} + \\ \beta_5 D_{(t-9)}^{n-1} + \beta_6 D_{(t-14)}^{n-1} + \beta_6 D_{(t-14)}^{n-1} + \beta_6 D_{(t-14)}^{n-1} + \delta_1 D_{(t)}^{n-2} + \delta_1 D_{(t)}^{n-2} + \delta_1 D_{(t)}^{n-2} + \\ \delta_2 D_{(t-2)}^{n-2} + \delta_3 D_{(t-3)}^{n-2} + \delta_4 D_{(t-5)}^{n-2} + \delta_5 D_{(t-7)}^{n-2} + \delta_6 D_{(t-10)}^{n-2} + \delta_7 D_{(t-12)}^{n-2} + C$$

Modelo B, modelos de datos de demandas menores, utiliza datos de demanda de una semana anterior a la demanda máxima.

$$D_t^n = \alpha_1 D_{(t-1)}^n + \alpha_2 D_{(t-2)}^n + \alpha_3 D_{(t-55)}^n + \alpha_4 D_{(t-6)}^n + \alpha_5 D_{(t-11)}^n + \alpha_6 D_{(t-13)}^n + \\ \beta_1 D_{(t)}^{n-1} + \beta_2 D_{(t-6)}^{n-1} + \beta_3 D_{(t-11)}^{n-1} + \beta_4 D_{(t-12)}^{n-1} + \delta_1 D_{(t-9)}^{n-2} + \delta_1 D_{(t-10)}^{n-2} + C$$

Predicción de la demanda usando modelos ARIMA: se realizan estudios estadísticos de la demanda incluyendo las cargas por hora y los máximos consumos en la carga diaria.(Demand, 2014), es un modelo estructural de alta precisión para los datos cíclicos, específicamente los datos de series de tiempo.(Yuanyuan, 2012)

Formulación:

$$A_{(q)}y_{(t)} + \sum_{i=1}^n B_{i(q)}U_{i(t)} = e_{(t)} \quad (1.3)$$

Donde:

$y_{(t)}$: es la salida

$U_{i(t)}$: son las entradas del modelo ARIMA

$e_{(t)}$: término de error o ruido

n : el número de entradas

Predicción de la demanda con Redes Neuronales Artificiales: este método puede aplicarse para resolver problemas en procesos donde no existan algoritmos para resolverlos, ya que este posee una cierta flexibilidad y no es exacto como los algoritmos.(Electr, Electromagn, El, & Keywords, 2012)

Formulación:

$$y_{(t)} = \alpha_0 + \sum_{j=1}^n \alpha_j f \left(\sum_{i=1}^m \beta_{ij} y_t + \beta_{0j} \right) + \varepsilon_t \quad (1.4)$$

Donde:

m: número de nodos de entradas

n: número de nodos escondidos

f: función de transferencia sigmoidea

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)} \quad (1.5)$$

1.6.2 Montecarlo por cadenas de Markov:

El método consiste en un proceso aleatorio determinado por estados, donde el siguiente estado de una variable *U* depende únicamente del estado actual y no interviene los valores anteriores y así sucesivamente con todos los estados del sistema, a estas sucesiones se les determina como las cadenas de Markov, la parte principal de este método es la probabilidad de transición que son los datos con los que se inicia el modelado (. J. Johnson, Starke, Abdelaziz, Jackson, & Tolbert, 2014).

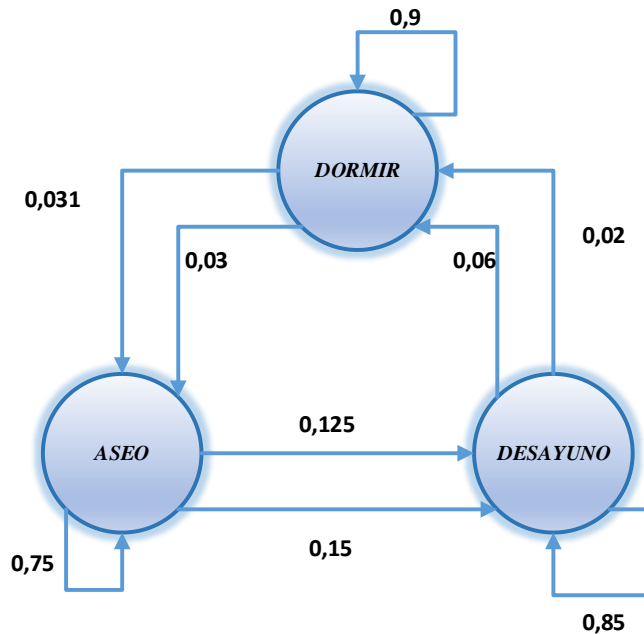


Figura 5: Cadena de Markov.

Fuente: (B. J. Johnson, Starke, Abdelaziz, Jackson, & Tolbert, 2014b) B. J. Johnson, M. R. Starke, O. a. Abdelaziz, R. K. Jackson, and L. M. Tolbert, "A method for modeling household occupant behavior to simulate residential energy consumption," *Isgt 2014*, pp. 1–5, Feb. 2014.

En la Figura 5 se representa un ejemplo de las probabilidades para tres estados.

Para los casos de problemas de optimización mediante las probabilidades de transición $P(i,j)$ se llega a conocer el comportamiento de los ocupantes de una vivienda (B. J. Johnson, Starke, Abdelaziz, Jackson, & Tolbert, 2014a), (X.-S. Yang, 2010).

$$\begin{aligned}
 P(i,j) &\equiv P(U_{t+1} = S_j | U_0 = S_p, \dots, U_t = S_i) \\
 &= P(U_{t+1} = S_j | U_t = S_i).
 \end{aligned}
 \tag{1.6}$$

El método de cadenas de Markov si bien da por resultado un comportamiento general de la demanda pero es necesario complementar el método incluyendo métodos como Monte Carlo.

1.7 Evaluación de los modelos matemáticos

Dentro de la evaluación de los modelos de optimización un aspecto importante que se debe tener en cuenta para lograr un objetivo claro es que el proceso que se elija debe encontrar una

alternativa de decisión con la propiedad de ser mejor que cualquier otra en algún sentido, la característica de todo modelo de optimización son las siguientes partes fundamentales:

Función Objetivo.- Esta función es la que desempeña o da la visión de medida cuantitativa del funcionamiento de un sistema que se desea maximizar o minimizar.(Ramos, n.d.)

Variables.- Las variables son exclusivas de cada modelo a optimizar dentro de estas las variables definen decisiones que afectan el valor de la función objetivo, y por lo general son de tipo dependientes e independientes.(Ramos, n.d.)

Restricciones.- esta parte del proceso de optimización es importante ya que es aquella en que las variables están obligatoriamente a cumplir para satisfacer el resultado de la optimización.

1.8 Eficiencia energética eléctrica

Partiendo del concepto de Eficiencia Energética Eléctrica, es decir, la relación entre los bienes y servicios producidos y el coste energético eléctrico, para mejorar la eficiencia de una empresa debemos:

Aumentar y/o mejorar bienes y servicios producidos

1.9 Disminuir el coste eléctrico

En definitiva, debemos disminuir al máximo el coste eléctrico por unidad producida (coste específico).

Para ello debemos analizar en la empresa los costes técnicos, económicos y ecológicos, así como la calidad del producto final y el confort de los usuarios en la instalación.

La eficiencia energética residencial se puede definir como la reducción del consumo de energía manteniendo los mismos niveles de servicios energéticos, sin disminuir los siguientes aspectos: el confort y la calidad de vida, ayudando así a proteger el medio ambiente, asegurando el abastecimiento de energía y fomentando un comportamiento sostenible en su uso para futuras generaciones, es decir hacer al menos lo mismo con menos energía, conservando el medio que nos rodea.(Poveda, 2007)

“Uso óptimo de energía eléctrica, incluyendo la reducción del consumo y el coste y la mejora de la disponibilidad.” (Schonek, 2010)

“La eficiencia energética como concepto, agrupa acciones que se toman tanto en el lado de la oferta como de la demanda, sin sacrificar el bienestar ni la producción, permitiendo mejorar la seguridad del suministro. Logrando, además, ahorros tanto en el consumo de energía como en la economía de la población en general. Simultáneamente se logran reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero y mejoras en las finanzas de las empresas energéticas.”(Poveda, 2007)

“La Eficiencia Energética es realizar un aprovechamiento óptimo de la energía y ello no implica renunciar a la calidad de vida sino obtener los mismos bienes, servicios y realizar las mismas actividades sin desperdiciarla.”(MEER, 2015)

1.10 Ahorro de Energía

Un plan de gestión de la demanda es una acción encaminada al ahorro de energía a nivel mundial. La gestión de la demanda es un proceso de planificación, ejecución y evaluación de aquellas actividades de la empresa eléctrica, con la finalidad de influir en el uso de la electricidad por el cliente, ya que es más barato invertir en modificar las costumbres de los clientes en la manera como estos usan la energía eléctrica que en construir nuevas plantas de generación y/o ampliar sus instalaciones, teniendo como objetivo la modificación de la curva de carga en la empresa, tanto en el tiempo como en su magnitud.

El ahorro de energía generalmente se centra en el control de la demanda. Con el nuevo sistema de análisis permanente, se pueden atacar los costes de energía desde un nuevo flanco. Por ejemplo:

Permitirá asignar los costes energéticos a cada departamento, en base a su consumo de energía real y a su potencia demandada. De esta forma, por medio del “software”, se podrá crear un informe en una hoja de Excel o Lotus, donde se muestran los kW y kWh consumidos. Si se repite este informe cada mes, se podrá saber cómo evoluciona el consumo de cada departamento.

Además se identificará a los principales culpables de estos recargos, a tiempo. Estos datos ayudarán en las inversiones en recortes de pico automáticos y en esquemas de descarga de consumos. Permitirá contrastar las facturas de la compañía con los datos obtenidos, ya que,

en ocasiones, aparecen errores. Finalmente, se podrá situar en una buena posición a la hora de negociar las tarifas con la compañía.(Study, 2015)

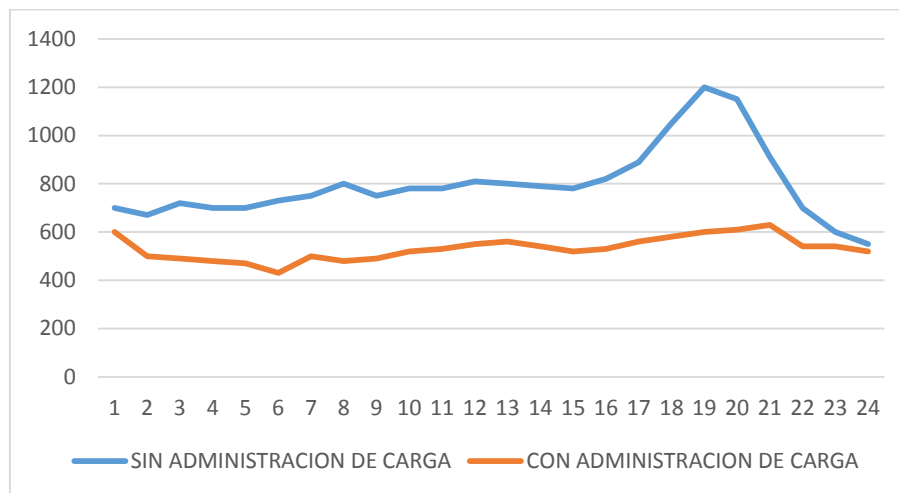


Figura 6: Diferenciación de curvas con administración y sin administración de carga

Fuente: Autor

1.10.1 Eficiencia energética eléctrica en usuarios residenciales

La creciente demanda por los recursos naturales ocasionará en el futuro que los precios del petróleo y del gas natural se mantengan o estén por encima de los niveles actuales, sin embargo el carbón seguirá siendo un recurso económico y abundante, especialmente en los mercados emergentes, es por esto, que cada vez más surge la necesidad de reducir la emisión de gases contaminantes para evitar el cambio climático global que es imperiosa actualmente, es por esto que más que nunca, el calentamiento global es la prioridad. Las preocupaciones ambientales y la opinión pública sobre el tema deben orientar a crear una acción legislativa de líderes o grupos que den un interés especial a las industrias para que obliguen a tomar acciones correctivas.(Elizabeth, Zhao, & Low, 2012)

Las causas de los cambios climáticos son consecuencia del efecto invernadero producido por la contaminación ambiental, que en el sector eléctrico son producidos especialmente por las centrales térmicas de generación y la producción de aparatos eléctricos ineficientes, los efectos de éste cambio climático nos afecta a todos, producen más inundaciones, más sequías y problemas en la energía, alimentación, salud, escasez de agua. Una de las formas de contribuir y mitigar el cambio climático es a través de la implementación en todo nivel de

Eficiencia Energética para disminuir la contaminación ambiental, por medio de la reducción del consumo de demanda y energía eléctrica y de la generación térmica.(Bayas, Jaramillo, Betancourt, & Reinoso,)

La eficiencia energética es y será uno de los puntos clave del crecimiento de la economía de un país, relacionada de forma directa con sus niveles de productividad. Según la propia Comisión Europea, “la eficiencia energética debe ser llevada hasta un nuevo nivel con un potencial alcanzable de reducción del 20 %, lo cual conlleva el desarrollo de políticas decididas para mejorar la eficiencia energética a lo largo de todo el sistema productivo desde las fuentes hasta el usuario final”.

Se determina un valor de tarifa horaria de demanda y energía eléctrica para las horas pico del Sistema Eléctrico Ecuatoriano como incentivo de eficiencia energética. Se propone aplicar a un segmento de usuarios residenciales e industriales y se pueda conseguir en el caso de que se implemente en el país, reducir el consumo de energía eléctrica, demanda, generación termoeléctrica ineficiente en las horas pico del sistema y emisiones de gases de efecto invernadero que afectan al cambio climático.

El consumo de energía en este sector tiene una tendencia de crecimiento, por eso se están diseñando estrategias que permitan el ahorro de energía en este sector, en el Ecuador se está desarrollando los siguientes proyectos:(MEER, 2014)

RENOVA: este programa contempla la sustitución de refrigeradoras ineficientes, es decir de alto consumo energético) por electrodomésticos nuevos, prevé sustituir 330000 unidades con las cuales se espera obtener un ahorro de energía eléctrica de 215780 MWh/año.(MEER, n.d.)

ILUMINACIÓN EFICIENTE: Establece la sustitución de focos ahorradores por incandescentes, se sustituyeron 6 millones de focos ahorradores en el 2008, se destinó al sector residencial con consumos menores a 150 kWh/mes.(MEER, n.d.)

electrodomésticos de cocina), 5%.(MEER, 2012.). Según (Albornoz & MEER, 2012), representa en el siguiente gráfico el consumo de los principales artefactos que consumen energía eléctrica en la región Costa y Sierra, siendo la iluminación la categoría con el más alto consumo.

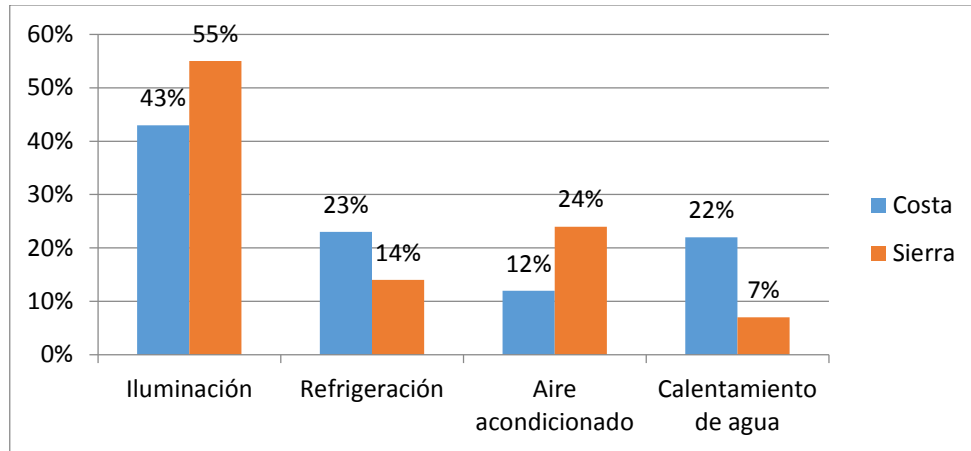


Figura 9: Consumo

Fuente: (Albornoz & MEER, 2012)

1.12 Demanda eléctrica sector residencial.

1.12.1 Eficiencia Energética en usuarios residenciales

Toda la generación de energía y el rendimiento del sistema de distribución se pueden mejorar mediante la optimización de la gestión de la energía casa. Junto a la reducción de la factura de energía para usuarios individuales, otra ventaja puede obtenerse para el sistema global mediante la administración conjuntamente el consumo de energía de un conjunto de usuarios, reduciendo así su absorción máxima.

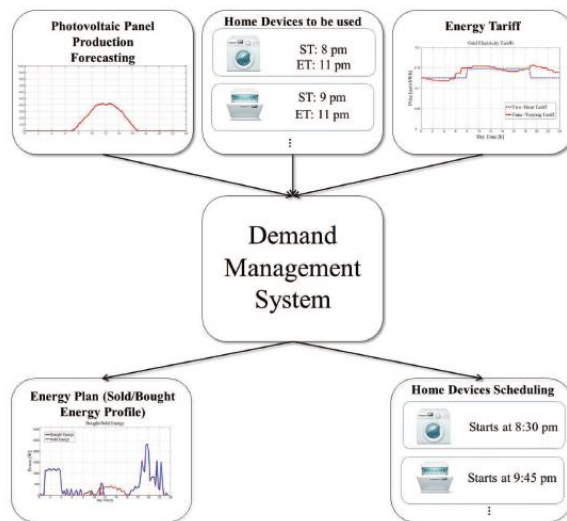


Figura 10: Optimización de la Demanda de energía

Fuente: (Albornoz & MEER, 2012)

1.13 Modelos Matemáticos de optimización

Entre algunos de los modelos de optimización para el consumo se presentan los siguientes (Z. Zhu et al., 2011):

MIP (programación entera mixta): Podría aplicarse al tipo de la carga y gestionar la energía que va a las cargas para poder lograr una reducción en el costo global del consumo eléctrico.

Programación Lineal Entera (ILP) y teoría de juegos: Ambos tipos de optimización se han propuesto para la optimización centralizada basada en la programación lineal y la teoría de juegos descentralizada.

Metodología basada en Tabu (TS): Esta ayuda para encontrar la ubicación óptima de las unidades de generación distribuida con el fin de minimizar las pérdidas de potencia.

Ant Colony Optimization: Este modelo sirve para la asignación de fuentes de generación distribuida y en el tamaño de sistemas de distribución.

GA y un método limitados-E: Con este modelo se puede mejorar la optimización de la DG, La principal limitación de esta técnicas meta- heurística es la dificultad en la determinación de los parámetros de control óptimos.

Programación Entera No Lineal Mixta: Este modelo es una programación matemática con variables y no linealidades continuas y discretas.

1.14 Análisis Económico

El análisis económico estudia la estructura y evolución de los resultados de la empresa (ingresos y gastos) y de la rentabilidad de los capitales utilizados. Este análisis se realiza a través de la cuenta de Pérdidas y Ganancias, la cual para que sea significativa debe cumplir dos requisitos:

La cuenta de resultados –también se denomina así a la cuenta de Pérdidas y Ganancias- puede variar sensiblemente según los criterios de valoración que se hayan adoptado, por lo que debe ser depurada de tal forma que refleje un resultado homogéneo con otros períodos de tiempo y otras empresas. Lo más lógico para evitar este problema es haber observado durante el ejercicio los principios de contabilidad generalmente aceptados.

A la cuenta de resultados afluyen una serie de flujos de muy distinta naturaleza y deben estar claramente diferenciados entre los resultados de explotación normal y los resultados extraordinarios o atípicos.

1.14.1 Las cuestiones que comprende el análisis económico son:

La productividad de la empresa, que viene determinada por el grado de eficiencia, tanto cualitativa como cuantitativa, del equipo productivo en la obtención de un determinado volumen y calidad del producto.

La rentabilidad externa, la cual trata de medir el mayor o menor rendimiento de los capitales invertidos en la empresa.

El examen de la cuenta de resultados, analizando sus distintos componentes tanto en la vertiente de ingresos y gastos.

1.14.2 Costo – Beneficio

El costo-beneficio es una lógica o razonamiento basado en el principio de obtener los mayores y mejores resultados con un menor uso de recursos, logrando eficiencia por una mayor producción y venta de productos. También podemos decir que es una relación matemática que compara los dólares que gastamos, contra los dólares que tenemos de utilidad sirve para ver cómo va evolucionando el proyecto.

La relación costo-beneficio es el cociente de dividir el valor actualizado de los beneficios del proyecto (ingresos) entre el valor actualizado de los costos (egresos) a una tasa de actualización igual a la tasa de rendimiento mínima aceptable (trema), a menudo también conocida como tasa de evaluación.

Los beneficios actualizados son todos los ingresos actualizados del proyecto, aquí tienen que ser considerados desde ventas hasta recuperaciones y todo tipo de “entradas” de dinero; y los costos actualizados son todos los egresos actualizados o “salidas” del proyecto desde costos de operación, inversiones, pago de impuestos, depreciaciones, pago de créditos, intereses, etc. de cada uno de los años del proyecto. Su cálculo es simple, se divide la suma de los beneficios actualizados de todos los años entre la suma de los costos actualizados de todos los años del proyecto.

1.14.3 Análisis de rentabilidad económica.

Para realizar el análisis de rentabilidad económica de este o cualquier proyecto se toma en consideración que el propósito de invertir un capital de dinero tiene como propósito generar beneficios económicos, sociales, ambientales, entre otros para quienes invierten.

Para el presente estudio de este caso particular se tomará en cuenta el valor del dinero en el tiempo como es: el valor actual neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación del Capital Descontado (PRCD), este período permite conocer el tiempo de recuperación de la inversión, el cual nos ayudara para saber si el proyecto es rentable o no.

1.14.4 Cálculo del Valor Actual Neto.

Para el cálculo de VAN se resta la suma de los flujos descontados a la inversión inicial como se puede observar en la ecuación

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (1.7)$$

Criterios de referencia para catalogar al proyecto como aceptado o rechazado:

Si el $VAN > 0$ el proyecto es aceptable.

Si el $VAN = 0$ el proyecto es neutro, puede ser aceptado o rechazado.

Si el $VAN < 0$ el proyecto se rechaza.

1.14.5 Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR representa la tasa de interés más alta que un inversionista puede pagar sin que este pierda dinero, siempre que los fondos para la inversión estén financiados y el préstamo se pague con el ingreso de la inversión a medida que estos se producen. La fórmula de cálculo de la TIR.

$$\sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0 \quad (1.8)$$

Luego de tener el dato calculado de VAN se debe tener en consideración que:

Si $r \geq i$ se acepta el proyecto

Si $r < i$ se rechaza el proyecto

Siendo i la tasa de descuento.

1.14.6 Cálculo del periodo de recuperación del capital Descuento (PRCD).

Para el cálculo de periodo de recuperación del capital, este se debe expresar en el número de periodos necesarios para recuperar el valor de la inversión inicial I_0 , donde cada flujo es descontado con una tasa de interés que representa el costo de oportunidad del inversor

$$PRCD \rightarrow \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} = I_0 \quad (1.9)$$

Para saber si un proyecto es aceptado o rechazado, esto dependerá del tiempo de recuperación, al igual que del tipo de proyecto que se esté realizando como base se puede decir que:

Si el proyecto tiene una recuperación de capital de 1 año este tiene gran rentabilidad.

Si el proyecto tiene una recuperación de capital de hasta 3 años este tiene una rentabilidad aceptable o promedio.

Si el proyecto tiene una recuperación de capital de 6 años o más tiene una rentabilidad pequeña y tendría que ser analizada.

1.15 Tipos de sistemas SCADA para el control de la demanda

SCADA proviene de las siglas Supervisory, Control and Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos), los sistemas SCADA son aplicaciones software, diseñadas con la finalidad de supervisar y controlar procesos a distancia, este sistema se comunica con los distintos dispositivos y controla el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador, esta pantalla provee de toda la información que se genera en todo el proceso.

1.16 Las funciones principales de un sistema SCADA

Adquisición de Datos: para recolectar, procesar, almacenar y mostrar la información recibida de los distintos dispositivos.

Supervisión: con la finalidad de observar desde una pantalla como varían las variables de control según el proceso.

Control: el sistema puede activar o desactivar equipos remotamente, automática o manualmente. El usuario puede realizar acciones de control con lo que puede modificar el proceso según sus necesidades.

Generación de Reportes: con los datos obtenidos del proceso se pueden hacer representaciones gráficas, predicciones, estudios estadísticos o económicos, etc.

Los sistemas SCADA para el control de la demanda en una residencia se pueden clasificar de varias formas en función de la tipología, topología y de los medios de transmisión.

Por la tipología:

- Sistema centralizado
- Sistema descentralizado
- Sistema distribuido
- Sistema mixto o híbrido

Por la topología:

- Estrella
- Malla
- Anillo

- Bus

Por los medios de transmisión:

- Sistemas con hilos
- Sistemas sin hilos
- Sistemas mixtos

Antes de describir cada una de los tipos de sistemas SCADA para uso residencial se dará a conocer los dispositivos que conforman este sistema.

Controlador: es el encargado de gestionar el sistema según la programación y la información que recibe, el sistema puede tener un solo controlador o varios distribuidos por el sistema.

Actuador: es el dispositivo capaz de ejecutar y/o recibir órdenes del controlador y realizar alguna acción sobre algún aparato o carga, estas acciones pueden ser de encendido/apagado, subida/bajada, apertura/cierre, etc. Un ejemplo de puede ser un actuador de encendido y apagado de iluminación o un actuador regulador de climatización.

Sensor: es un dispositivo que monitoriza el entorno ya sea interior o exterior, capta información y la transmite al sistema. El sistema puede contener sensores tales como sensores de luz, agua, gas, humo, temperatura, corriente, iluminación, etc.

Bus: se refiere al medio de transmisión que transporta información entre los distintos dispositivos del sistema ya sea por un cableado propio, por la red de otros sistemas (red eléctrica, red telefónica, red de datos) o ya sea de forma inalámbrica.

Interfaz: son dispositivos tales como pantallas, móvil, Tablet, internet, etc. en los que se muestra la información del sistema para usuarios u otros sistemas, lo que permite interactuar con el sistema.

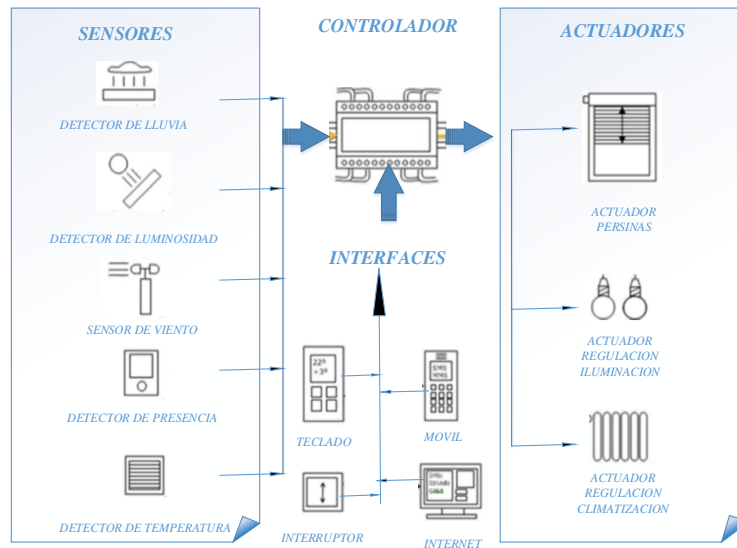


Figura 11: Dispositivos de un Sistema SCADA de uso residencial

Fuente: Arquitectura, diseño y arte Pedro J. Hernández (Hernandez, 2014)

1.16.1 Sistemas SCADA según la tipología

La clasificación de este tipo de SCADA hace referencia a como están organizados cada uno de sus componentes y cómo van a funcionar en el sistema (ARQCOMPUS, 2009)- (Arquitectura de los Sistemas, 2012).

1.16.1.1 Sistema centralizado

Este es un sistema organizado de tal forma que el controlador es el eje central del sistema, el cual recibe la información de los sensores, la procesa y envía órdenes a los actuadores según la programación o dependiendo de la información que reciba del usuario. La desventaja principal de este sistema, al ser el controlador el “corazón” del sistema, su falta o mal funcionamiento ocasionaría que el sistema no funcione (José Huidobro, 2010).

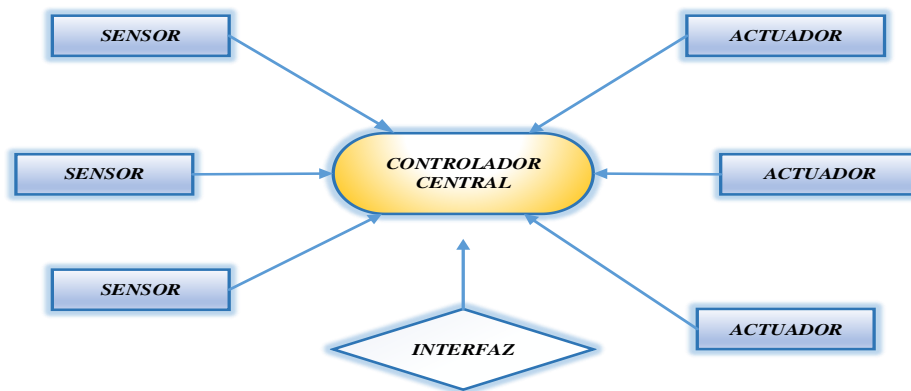


Figura 12: Sistema Centralizado

Fuente: Autor

1.16.1.2 Sistema descentralizado

Este sistema consta de varios controladores conectados por medio de buses, interactúan entre ellos, envían información a los actuadores e interfaces conectados a ellos según un programa, configuración, información de los sensores o según órdenes del usuario.

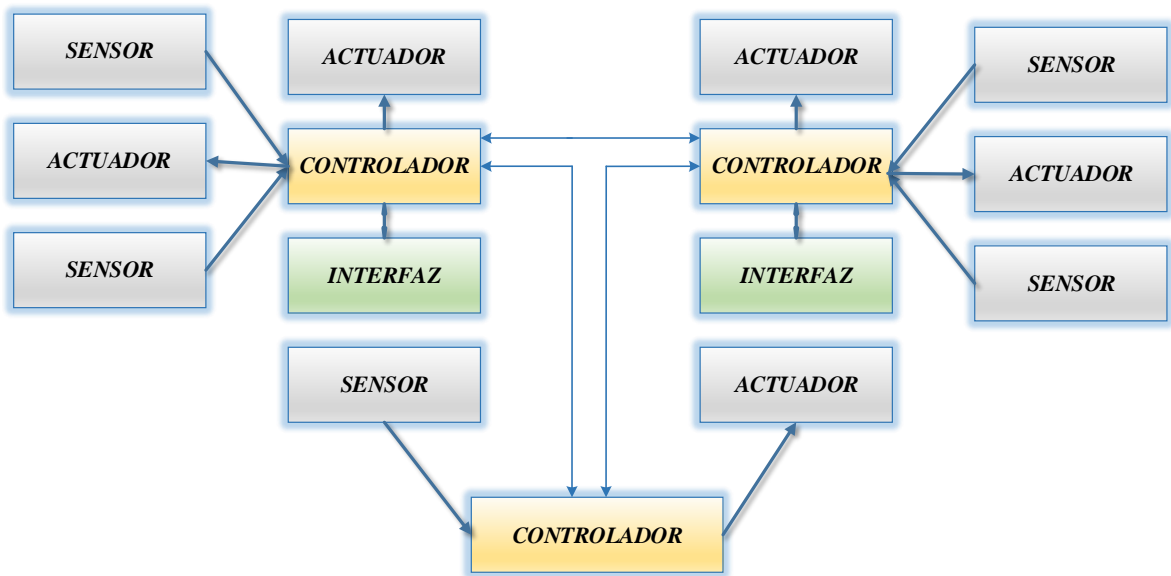


Figura 13: Sistema Descentralizado

Fuente: Autor

1.16.1.3 Sistema distribuido

En este sistema la inteligencia del sistema se encuentra distribuida en los sensores o actuadores. En este caso los sensores o actuadores son capaces de procesar la información que reciben de otros dispositivos, es decir tienen funciones de un controlador pudiendo controlar distintas actividades. En este sistema los elementos se encuentran conectados a través de un bus central.

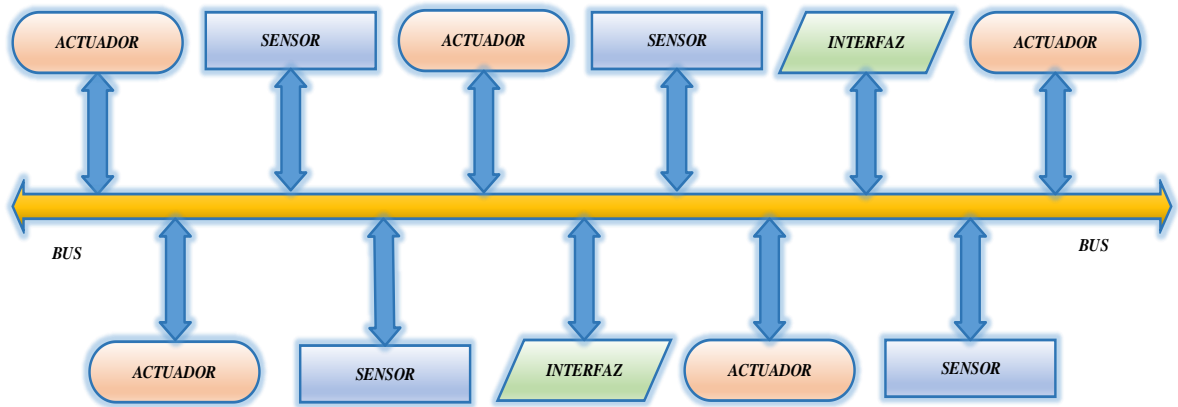


Figura 14: Sistema Distribuido

Fuente: Autor

1.16.1.4 Sistema mixto o hibrido

En este sistema se combinan otros sistemas como centralizados, descentralizados y distribuidos. Este sistema puede constar de un controlador central o varios controles descentralizados. Los sensores, actuadores e interfaces pueden realizar funciones de controladores y procesar la información según un programa o configuración y pueden actuar o enviar información a otros elementos de la red sin necesidad de un controlador (ARQCOMPUS, 2009)- (Arquitectura de los Sistemas, 2012).

permitirá al usuario mantenerse actualizado del progreso del proceso o del funcionamiento de los distintos dispositivos (L. ARENAS, 2014).

A continuación se describirán los HMI más comunes:

Interfaces gráficas de usuario (GUI) aceptan el ingreso de datos a través de un dispositivo como el teclado o el ratón de una computadora y proporcionan una salida gráfica en la pantalla del ordenador.

Interfaces de usuario WEB (IUF), son una subclase de interfaces gráficas de usuario que aceptan una entrada y proporcionan una salida mediante páginas WEB que se transmiten a través de internet los cuales pueden ser vistos por el usuario a través de un navegador WEB.

Las pantallas táctiles son dispositivos que aceptan el ingreso mediante el tacto de los dedos o un lápiz. Actualmente se utilizan en una gran cantidad de dispositivos móviles, tablets, pantallas de procesos industriales, etc.

Interfaces de líneas de comandos, en las cuales el usuario ingresa una cadena de comandos a través del teclado del ordenador y el sistema proporciona una salida de impresión de texto en la pantalla del ordenador.

Interfaces de voz de usuario, proporciona una salida mediante mensajes de voz, el usuario puede ingresar a través de teclas, botones o mediante comandos de voz.

Multi-pantalla de interfaz, se utilizan varias pantallas para una interacción más flexible entre varios usuarios de un mismo proceso.

1.18 Gestión de la Energía eléctrica en el mundo

Los países a nivel mundial están generando medidas para optimizar la demanda energética. Partiendo desde el Protocolo de Kyoto, han generadora necesidad de políticas de Eficiencia Energética, con lo cual aproximadamente el 70% de los países del mundo, han vuelto la mira hacia los programas de Eficiencia Energética, que por lo general buscan los mismos objetivos, tales como: (A.G., 2015)

- Asegurar el abastecimiento de energía en condiciones de eficiencia productiva.

- Mantener el equilibrio con los recursos naturales disponibles y provocar el menor impacto ambiental posible.
- Promover el uso de fuentes energéticas alternativas y renovables.
- Desarrollar marcos regulatorios que propicien medidas de Eficiencia Energética.
- Estimular el mercado mediante incentivos económicos.
- Facilitar mecanismos financieros apropiados.
- Fomentar la investigación en materia energética.

“El concepto de la casa inteligente (smart-home) se basa en un principio y sencillo que es vivir mucho más cómodo; lo que representa un atractivo universal. Con el pasar de los días es cada vez más cotidiano observar casas implementadas y construidas bajo este concepto, lo que está generando una tendencia, al igual que el ahorro energético y la eficiencia energética, siendo un reto para varios mercados”.(Gestión, 2014)

Con el avance cada días más y el crecimiento en la industria enfocada a la automatización de las casa a través de los llamados sistemas inteligentes Smart home, logrando visualizar la casa del futuro, lo que conlleva un alto costo de los dispositivos que se necesitan, pero con un futuro prometedor, logrando no solo un beneficio para los hogares que lo implementan sino también para la naturaleza permitiendo una disminución en la cantidad e Co2 expulsado a la atmosfera.

Hasta finales del 2015, las casas inteligentes habrán invertido en US\$ 48 millones, lo que permite visualizar un futuro prometedor según los últimos pronósticos de Strategy Analytics.

Se estima que para el año 2019, la implementación de estos sistemas incrementará a US\$ 115 millones. Lo que conlleva un reto para los diferentes hogares puesto que casi el 12% de los hogares a nivel mundial tendrá por lo menos un tipo de sistema inteligente instalada, comenzado por un Smart TV, hasta llegar a un control total de la casas.(Gestión, 2014)

No solo se presenta este fenómeno en los mercados desarrollados, sino también se presenta en los mercados emergentes como el Ecuador, para lo cual se cambió la matriz energética y hoy en día es muy importante la eficiencia energética en especial el ahorro del consumo de energía en los hogares.

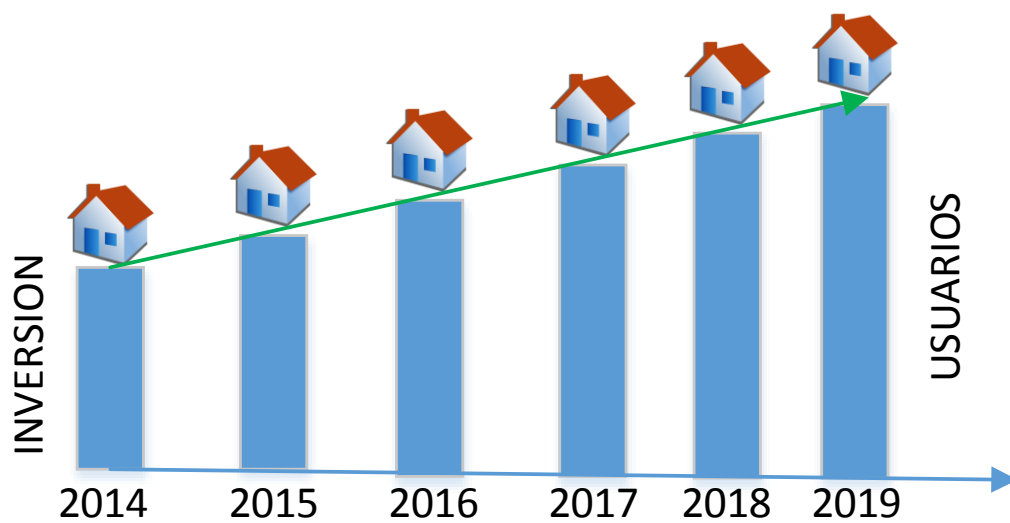


Figura 16: Gestión de la energía en el mundo mediante los Smart Home

Fuente: .(Gestión, 2014)

CAPÍTULO II: Metodología de investigación

2.1 Objeto de la Investigación

La presente investigación se basara en un usuario tipo que sea el representativo del Barrio La Kennedy de la ciudad de Quito.

Es un departamento con un área de construcción de 80 m², la cual consta de las siguientes características:

Tabla 3: Característica casa Usuario tipo

Características	Detalle
Habitaciones	2
Comedor	1
Sala	1
Baños Principal	1
Baños de visita	1
Áreas comunal	1
Terraza	1
Lavandería	1

Fuente: Autor

En el departamento viven 4 personas 2 adultas y 2 niños, adicional en el día pasa la persona de limpieza, los equipos instalados en la casa se muestra en la Tabla 4, la cual tiene un consumo de 160 kWh mensual promedio:

Tabla 4: Electrodomésticos usuario tipo

ELECTRODOMESTICOS	POTENCIA (W)	CANT
FOCOS	60	12
TV	300	3
COMPUTADORA	450	1
REFRIGERADORA	500	1
LAVADORA	1050	1
IMPRESORA	10	1
MICRONDAS	640	1
LICUADORA	350	1
RADIO	250	1
SECADORA DE CABELLO	1200	1
TOSTADORA	800	1
ABRILLANTADORA	750	1

Fuente: Autor

2.2 Modalidad de la investigación

Para la realización del presente proyecto de investigación, se utilizarán las siguientes modalidades:

2.2.1 Investigación de Campo

La investigación se desarrollara en las diferentes tipos de viviendas estratificadas por la Empresa Eléctrica Quito (EEQ) dentro de su área de concesión se encuentra el Distrito Metropolitano de Quito en el cual se realizara el levantamiento de la información de los diferentes electrodomésticos, modo utilización por medio de una encuesta.

2.3 Nivel de investigación

2.3.1 Correlacional

En la investigación se realizará un sondeo de los diferentes usuarios tipos y sus características, como también de los diferentes electrodomésticos que poseen, mediante la utilización de encuestas formulas, además se obtendrá las curvas de demanda mediante los equipos de análisis de energía, mediante la información obtenida se correlacionará con las variables del problema planteado, a la información tabulada se analizará el comportamiento para poder determinar un modela matemático mediante Matlab y Labview, lo que permitirá optimizar el consumo de energía eléctrica en un Smart Home para el sector residencial de Quito.

2.4 Población y muestra

La investigación se centra en los usuarios residenciales del Distrito Metropolitano de Quito Barrio La Kennedy, los cuales se encuentran estratificados bajo la normativa vigente de la Empresa Eléctrica Quito (EEQ), existen 5 tipos de consumidores de acuerdo al consumo que experimente por mes.

Tabla 5: Categorización de consumo acorde a EEQ.

CATEGORÍA DE ESTRATO DE CONSUMO	ESCALAS DE CONSUMOS (kWh/mes/cliente)
E	0 – 100
D	101 – 150
C	151 – 250

B	251 – 350
A	351 – 500
TOTAL ABONADOS	100000

Fuente: EEQ

La población se centrará a los estratos A, B, C, D puesto que sus consumos son mayores a 100 KWh-mes, enfocados a un consumo de 100 a 150 kWh

El número de abonados que posee la empresa eléctrica Quito en el Barrio La Kennedy, se encuentra alrededor de los 100.000 divididos en los diferentes estratos.

2.4.1 Muestra:

De la población de abonados en el Barrio La Kennedy que posee la empresa eléctrica Quito se tomará una muestra representativa de acuerdo a la siguiente formula:

$$n = \frac{N}{E^2(N - 1) + 1} \quad (2.1)$$

n = Tamaño de la muestra

N = Población o universo

E = Error admisible (0,05)

$$n = \frac{100000}{0.05^2 * (100000 - 1) + 1}$$

$$n = \frac{100000}{1.499975}$$

$$n = 400$$

Las muestras que se realizará serán 400 encuestas en función de los diferentes estratos es decir 50 por cada grupo de usuario.

2.5 Métodos de investigación

La investigación se desarrollará en el Distrito Metropolitano de Quito en el Barrio La Kennedy, distribuido en diferentes estratos dividido de acuerdo a las categorías de estrato de consumo de los abonados de la empresa eléctrica Quito.

Para lo cual se utilizará los siguientes métodos:

2.5.1 Observación:

Permitirá conocer el problema con más detalle, mediante la utilización de encuesta enfocadas a determinar el consumo de energía mediante la determinación de los electrodomésticos que poseen, las horas de funcionamiento.

Además se realizará un levantamiento de información de consumo de energía eléctrica con un analizador de red instalada en una casa tipo de acuerdo a los diferentes estratos.

2.5.2 Inductivo:

La investigación se apoyará en fuentes de carácter documental, podemos obtener conocimientos para la realización del presente proyecto, como punto de partida.

Con los datos obtenidos se realizará la tabulación de la información y poder analizar su comportamiento.

2.5.3 Deductivo:

Por medio de este método podemos deducir de lo general que sería el análisis del comportamiento de los datos y determinando el comportamiento de los usuarios tipo que se señalan de precios en un mercado no competitivo como es el mercado eléctrico ecuatoriano e ir a lo particular que sería la simulación en consumos residenciales gracias a las señales de precios.

2.6 Técnicas e instrumentos de la investigación

En la siguiente investigación se utilizará la técnica de la encuesta con su respectivo instrumento que corresponde al cuestionario

El cuestionario estará enfocado a determinar la característica de los usuarios residenciales y poder caracterizar su demanda la encuesta se encuentra en el anexo 2.

Otra de las técnicas utilizadas en la investigación será la medición de los del consumo de energía de los usuarios tipo representativos lo cual se utilizará como instrumentos el analizador de red.

Adicional se utilizará los cálculos de los siguientes mediante los modelos matemáticos como Markov y Montecarlo con lo que podrá realizar la optimización del consumo de energía.

Otra técnica que se utilizará es el software de modelamiento, se basará en Matlab y Labview

La información obtenida mediante mediciones, encuestas y caracterización de las variables se realizará la modelación y optimización de la consumo de energía en un Smart home, la cual permitirá el alcance de los objetivos del presente trabajo investigativo y obtener resultados energéticamente eficientes.

2.7 Operacionalización de las variables

Tabla 6: Matriz de Operacionalización Variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE:		Demanda de energía eléctrica			
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Es la potencia requerida por un sistema, promediada en un intervalo de tiempo establecido	Energía eléctrica	Consumo promedio de electricidad	kW-h	- Medición - Simulación Modelación	- Analizador de redes - Software (Matlab – Labview)
		Tipos de usuarios y demanda eléctrica	Pregunta	- Encuesta - Simulación Modelación	- Cuestionario - Software (Matlab – Labview)
	Modelo Matemático	Modelo Matemáticos para la demanda de energía	kW-h	Cálculos	Ecuaciones, Software (Matlab – Labview)
	Eficiencia energética eléctrica	Ahorro de energía	kW-h	Medición	Analizador de redes

Tabla 7: Matriz de Operacionalización Variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE:		Consumo de energía eléctrica			
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Es la determinación de la cantidad de energía que utilizada en un intervalo de tiempo determinado	Energía eléctrica	Consumo de Energía	Pregunta kWh	- Encuesta - Simulación y Modelación	- Cuestionario - Software (Matlab – Labview)
	Eficiencia energética	Modelos Matemáticos de optimización	kWh	- Medición - Simulación y Modelación	- Ecuaciones - Software (Matlab – Labview)
	Pre factibilidad	Costo - beneficio	\$	Cálculos	Ecuaciones

2.8 Instrumentos a utilizar

La presente investigación utilizara los siguientes instrumentos:

- Encuesta
- Analizador de energía
- Ecuaciones por medio de modelos matemático
- Software para el modelado (Matlab)
- Software para la implementación del sistema Scada para el control y monitoreo (Labview)

2.8.1 Encuesta

El análisis de las costumbres de consumo de los habitantes del barrio la Kennedy perteneciente a la ciudad de Quito, permitirá realizar un estudio de usos finales de la energía, el cual permitirá determinar el comportamiento de consumo de la misma por los usuarios en especial del usuario representativo del barrio.

2.8.1.1 El objetivo principal de la encuesta es:

Diseñar un sistema que permita caracterizar y modelar la demanda de energía eléctrica de los usuarios residenciales del barrio La Kennedy Quito, el cual permita incentivar el uso eficiente de energía en beneficio de los consumidores y el país.

2.8.1.2 Objetivos específicos de la encuesta es:

- Conocer la cantidad y tipo de equipamiento eléctrico y térmico utilizado para uso final en los sectores residencial.
- Conocer el consumo de electricidad promedio y los hábitos de uso del equipo eléctrico y térmico existente en el sector residencial.
- Conocer el nivel de adquisición de nuevos equipos y aparatos en las viviendas del sector residencial y en las empresas del sector industrial, comercial y de servicios.
- Conocer las variables que pueden influir en el consumo de energía de los sectores considerados.
- Conocer el tipo y consumo de energéticos utilizados en el sector doméstico.

2.8.1.3 Encuestas aplicadas a usuarios residenciales

La encuesta se centra a los usuarios residenciales del Barrio La Kennedy de la ciudad de Quito, en especial a los usuarios que poseen un consumo de energía entre 100 y 150 kWh al mes los cuales pertenecen a la categoría D.

La encuesta se basa en 19 preguntas las cuales están enfocadas a determinar la característica de consumo de energía de los diferentes usuarios del barrio La Kennedy. Como se muestra en el anexo 111, las preguntas son:

1. *Tipo de vivienda:*
2. ¿Cuántas personas viven en su hogar?
3. ¿Cuál es el número de habitaciones considerando baño/s y cocina/s?
4. ¿Cuántas luminarias (focos) utiliza en el interior de su hogar?
5. ¿Cuántas luminarias (focos) utiliza en el exterior de su hogar?
6. Utiliza ducha eléctrica?
7. ¿Usa calefacción eléctrica?
8. ¿Usa Plancha eléctrica?
9. ¿Usa cocina de inducción?
10. ¿Cuánto tiempo toma para cocinar los alimentos del desayuno?
11. ¿Cuánto tiempo toma para cocinar los alimentos del almuerzo?
12. ¿Cuánto tiempo toma para cocinar los alimentos de la merienda?
13. Aproximadamente ¿Cuánto paga por energía eléctrica al mes?

14. ¿Cuántos celulares tiene?
15. ¿En qué horario carga su teléfono celular?
16. Su consumo de energía eléctrica en fines de semana con relación a un día normal es:
17. Su consumo de energía eléctrica en feriados con relación a un día normal es:
18. ¿Funciona en su hogar un local comercial?
- 19.Cuál de los siguientes electrodomésticos posee:

2.8.2 Analizador de energía

Para la determinación de la carga real se utilizó un analizador de red marca FLUKE 435 con certificación 2015, los datos obtenidos son de un día normal hasta de una semana con lo que se puede determinar el comportamiento de los usuarios y en especial determinar la curva de demanda máxima.

2.8.2.1 Características Principal del Analizador de Redes

Es un instrumento capaz de mostrar datos y formas de ondas de las señales eléctricas de voltajes, corrientes, potencias, armónicos, en forma de histogramas, gráficas fasoriales, formas de onda, espectros de armónicos, estos como parámetros principales, pues depende de las distintas marcas que se encuentren en el mercado las características más específicas y las ventajas que cada una de estas presenta.



Figura 17: Características Principales de un Analizador de Redes

Fuente: www.fluke.com

2.8.2.2 Partes del Equipo Analizador Fluke 435

El equipo FLUKE 435 es un analizador de redes de tipo trifásico, mide prácticamente todos los parámetros del sistema eléctrico, como tensión, corriente, potencia, consumo (energía), desequilibrio, Flickers, armónicos.

Captura eventos como fluctuaciones, transitorios, interrupciones y cambios rápidos de tensión.

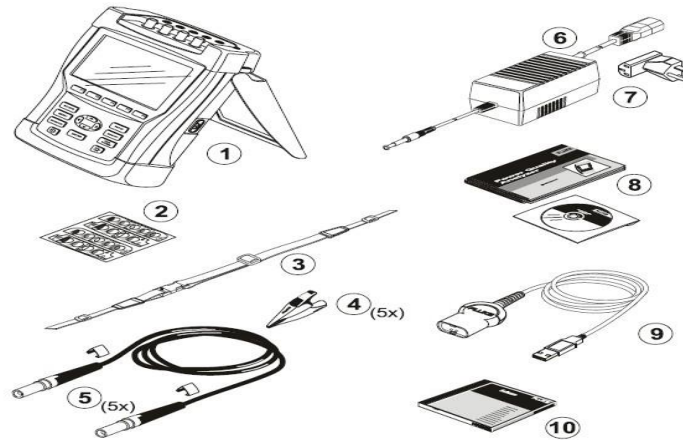


Figura 18: Partes del Equipo Analizador Fluke 435

Fuente: www.fluke.com

El analizador incorpora un soporte de sujeción que permite visualizar la pantalla en ángulo con el instrumento apoyado sobre una superficie plana. Al desplegar el soporte, puede acceder al puerto óptico RS-232 desde el lateral derecho del analizador, tal como se muestra en la figura.



Figura 19: Ubicación del puerto RS-232

Fuente: www.fluke.com

2.8.2.3 Programación Básica

La programación del equipo depende del tipo de sistema eléctrico en el que se va a aplicar, para el caso de investigación se analizó un sistema monofásico de una residencia categoría B, para lo cual se configura al analizador de la siguiente manera:

Tabla 8: Configuración del analizador de Red Fluke 435

Parámetro	Valor
Voltaje de alimentación	120 VAC
Tipo de Sistema	Monofásico
Armónicos Voltaje	Seleccionado
Armónicos Corriente	Seleccionado
Tiempo de muestreo	Infinito
Toma de muestra	10 min

Fuente: Autor

2.8.3 Diagramas de Conexiones Principales

Para la instalación del analizador y siempre que sea posible, elimine la tensión de los sistemas eléctricos antes de realizar las conexiones. Utilice siempre el equipo de protección personal apropiado Evite trabajar solo y siga los instrucciones de uso.

En sistemas monofásicos, realice las conexiones tal y como se muestra en la Figura 20

A continuación presentamos los diagramas de conexiones principales en sistemas trifásicos.



Figura 20: Conexión del analizador a un sistema de distribución trifásico

Fuente: www.fluke.com

Las pantallas de osciloscopio y diagrama fasorial resultan útiles para comprobar si los cables de tensión y las pinzas amperimétricas están conectadas correctamente. En el diagrama vectorial, las corrientes y tensiones de fase L1 deben aparecer sucesivamente cuando se observan en el sentido de las agujas del reloj, como se muestra en el ejemplo de la Figura 21.

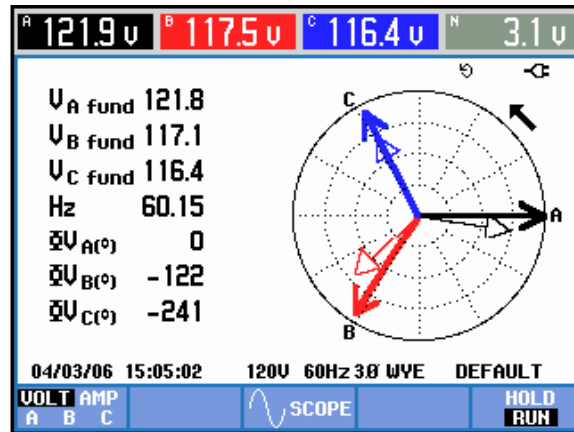


Figura 21: Diagrama vectorial de un analizador correctamente conectado

Fuente: www.fluke.com

2.8.4 Ecuaciones por medio de modelos matemáticos

Para la modelación y simulación se utilizará modelos matemáticos como las cadenas de Markov y Montecarlo los cuales nos permitirá obtener la curva de demanda diaria como se indica en el Capítulo IV.

2.9 Software para el modelado (Matlab)

Matlab es un entorno abierto, que permite el trabajo sobre matrices para realizar el cálculo científico y de ingeniería, está orientado al estudio de sistemas de control, lo que representa una herramienta matemática mediante un lenguaje que corre en todas las plataformas como Windows, Linux entre otras. .

Características:

Las características principales de Matlab son:

- Manipulación de matrices
- Representación de Datos y Funciones
- Comunicación con periféricos externos (Microsoft office, tarjetas electrónicas, etc.)

- Sistemas HMI interface con el nombre y la maquina GUI

Matlab posee dos herramientas adicionales:

SIMULINK.- la cual es un entorno de simulación multidominio, la misma que es un sistema dinámico a través de una interfaz basada en bloques.

GUIDE.- El editor de las interface hombre máquina (HMI)

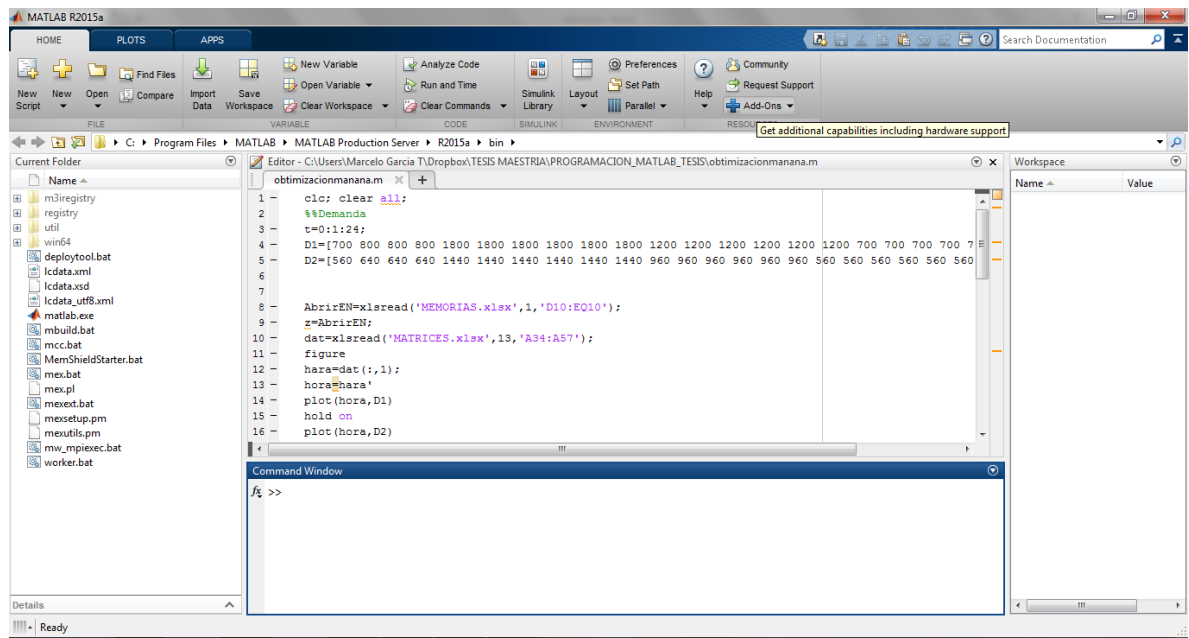


Figura 22: Entorno de Matlab

Fuente: Autor

2.10 Software para la implementación del sistema Scada para el control y monitoreo (Labview)

Labview es un software con un entorno de programación gráfica (lenguaje G), esta plataforma utiliza íconos, terminales de comunicación e hilos como conectores que reemplaza el texto en software, facilitando la programación de manera simple como el programador piensa, este sistema es recomendado para realizar investigaciones, aplicaciones con hardware y software de prueba, permite realizar el control, monitoreo y diseño todo esto simulado o en tiempo real, de esta manera permite acelerar la productividad de las empresas

Cada programa desarrollado en Labview se les denomina Instrumentos Virtuales o Vis, los cuales permiten interactuar con los diferentes periféricos que se desea analizar.

2.10.1 Características

- Fácil manejo del software
- Corre sobre cualquier sistema operativo (Windows, Linux)
- Permite la comunicación con periféricos (PLC, RTU, Tarjetas electrónicas)
- Interfaces de comunicación
 - o Puerto serie
 - o Puerto paralelo
 - o TCP/IP, UDP
 - o Bluetooth
 - o USB
 - o OPC.
- Enlace entre Labview y Office
- Comunicación entre Matlab y Labview por medio de Matscrip
- Trabaja sobre los diferentes núcleos del computador
- Realiza paralelismo
- Capacidad de interactuar con otros lenguajes y aplicaciones:
 - o DLL: librerías de funciones
 - o .NET
 - o ActiveX
 - o Multisim
 - o Matlab/Simulink
 - o AutoCAD, SolidWorks, etc
- Herramientas gráficas y textuales para el procesado digital de señales.
- Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos.
- Adquisición y tratamiento de imágenes.
- Control de movimiento (combinado incluso con todo lo anterior).
- Tiempo Real estrictamente hablando.

2.10.2 Programa en LabVIEW

Al ser una herramienta de programación grafica no se escribe el programa sino se dibuja, lo que permite entender con facilidad lo programado, se caracteriza poseer programas prediseñados facilitando la programación y reduciendo los tiempos de desarrollo, permitiendo que el diseñador dedique un poco más de tiempo al Interface Hombre Maquina (HMI),

2.10.3 Entorno de Labview

Cada Vi consta de dos ambientes:

Panel Frontal: es aquella pantalla donde los operados y usuarios interactúan con el sistema, permitiendo visualizar en tiempo real lo que está pasando en el proceso de producción, verificando las tendencias del proceso o de la medición de la energía como en nuestros casos.



Figura 23: Panel Frontal

Fuente: Autor

Diagrama de Bloques: para la programación Labview cuenta con una pantalla donde se colocan los diferentes iconos y se entrelazan entre ellos de acuerdo a la necesidad del programador.

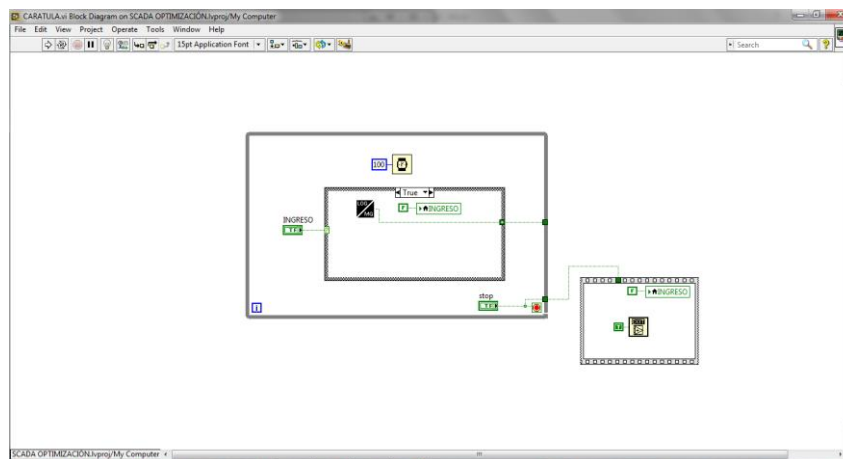


Figura 24: Diagrama de Bloques

Fuente: Autor

2.11 Procedimiento de aplicación de la metodología

La metodología aplica en esta investigación se basa en el siguiente procedimiento:

1. Determinación de la muestra para la encuesta
2. Realización de la encuesta
3. Levantamiento de la información en el barrio La Kennedy de la ciudad de Quito.
4. Tabulación de la información
5. Estudio de la energía del usuario tipo mediante un analizador de red.
6. Análisis de los resultados
7. Caracterización de la demanda
8. Simulación de la demanda
9. Sistema de optimización.

CAPÍTULO III: Análisis e interpretación de resultados

3.1 Análisis de resultados

Una vez realizada las encuestas se procede al tratamiento de los datos con el objetivo de eliminar valores erróneos para lo cual se utiliza el software SPSS, con el cual se garantiza que la información obtenida de la encuesta sea la correcta y los datos nos permita generar los análisis necesarios.

3.1.1 Tipo de vivienda

Las encuestas realizadas en el barrio La Kennedy, se genera que existen:

- 198 casas
- 18 departamentos en complejo habitacional
- 87 departamentos en edificios

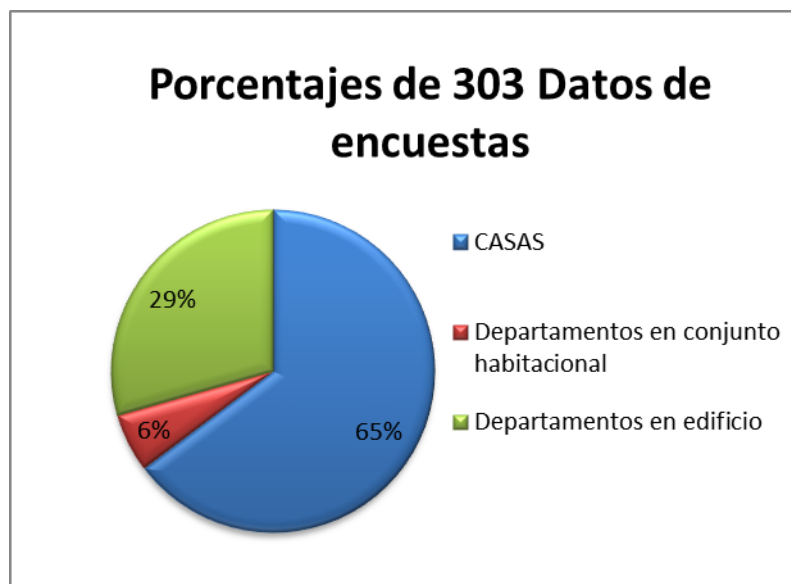


Figura 25: Viviendas Barrió La Kennedy

Fuente: Autor

En el barrio analizado se puede determinar que existe un 65% de casa siendo las que más predominan con respecto a los departamentos en conjuntos habitacionales o en edificios.

3.1.2 ¿Cuántas personas viven en su hogar?

En cada hogar viven aproximadamente 4 personas y se tiene un máximo de 6 y un mínimo de 2 persona, por lo que se tomará para la proyección de la demanda 4 personas que habitan en un hogar.

3.1.3 ¿Cuál es el número de habitaciones considerando baño/s y cocina/s?

De la encuesta se determina aproximadamente el número promedio de habitaciones de los diferentes hogares son:

- 2 Dormitorio,
- 1 baño,
- 1 sala y comedor,
- 1 cocina

3.1.4 Lo que representa 7 habitaciones por vivienda

¿Cuántas luminarias (focos) utiliza en el interior de su hogar?

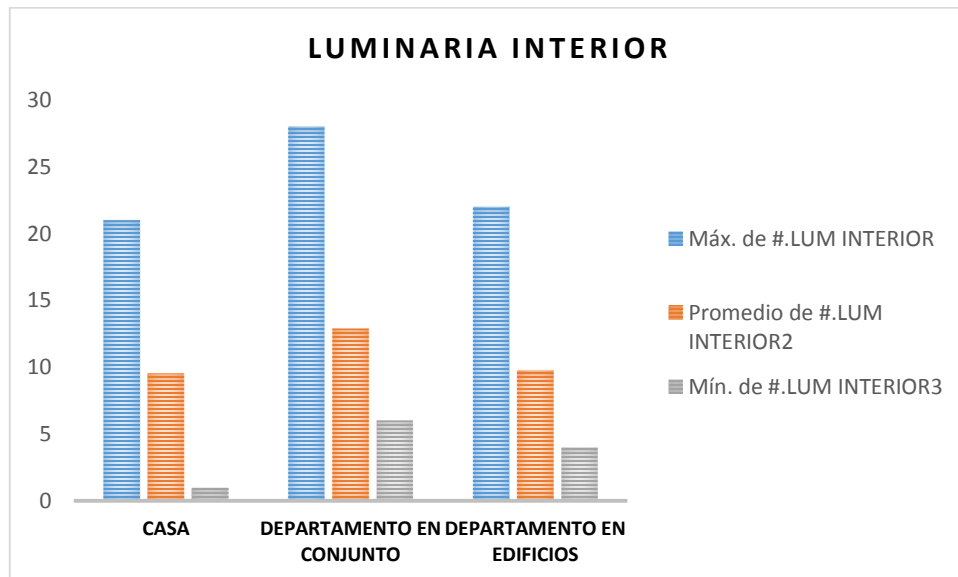


Figura 26: Luminarias interiores por tipo de residencia

Fuente: Autor

De la Figura 26 se determina que dependiendo el tipo de residencia se tiene un número determinado de luminarias, los departamentos en conjunto poseen la mayor cantidad de luminarias por departamento y las casas poseen el menor número de luminarias.

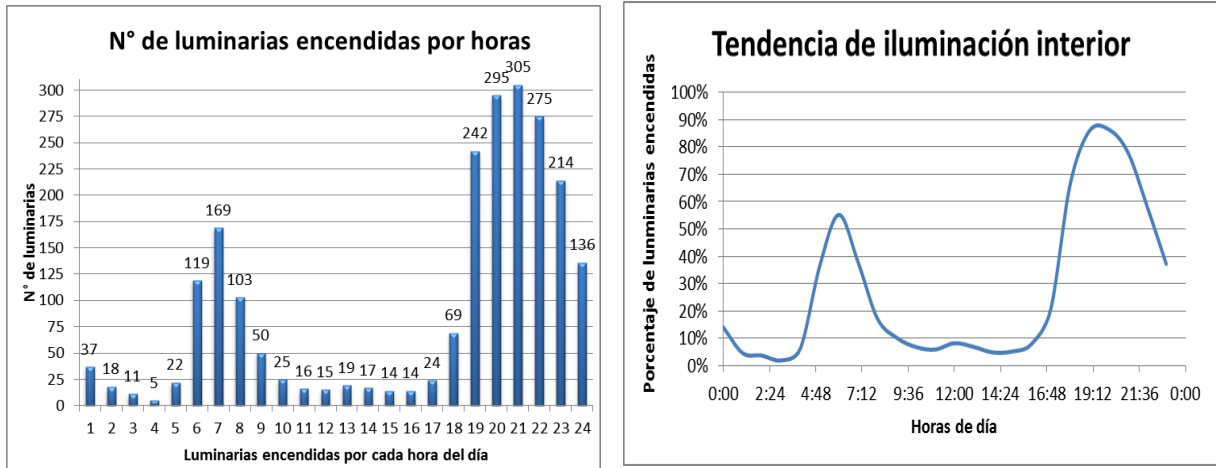


Figura 27: Tendencia de luminarias encendidas por horas en el interior de la residencia

Fuente: Autor

Analizando las Figura 27 se determina el número de luminarias que coincidiendo en el mismo intervalo de tiempo, generando una tendencia de consumo el cual permitirá enfocarse y poder optimizar el uso de las mismas, donde se presenta dos picos representativos el primero desde las 06h00 hasta 9h00 con una coincidencia de 169 lámparas, y el segundo desde la 18h00 hasta las 24h00 con números de luminarias máxima encendida de 305.

Desde el punto de vista de la distribuidora se podría optimizar el consumo de la energía para tener una mayor eficiencia en iluminación.

3.1.5 ¿Cuántas luminarias (focos) utiliza en el exterior de su hogar?

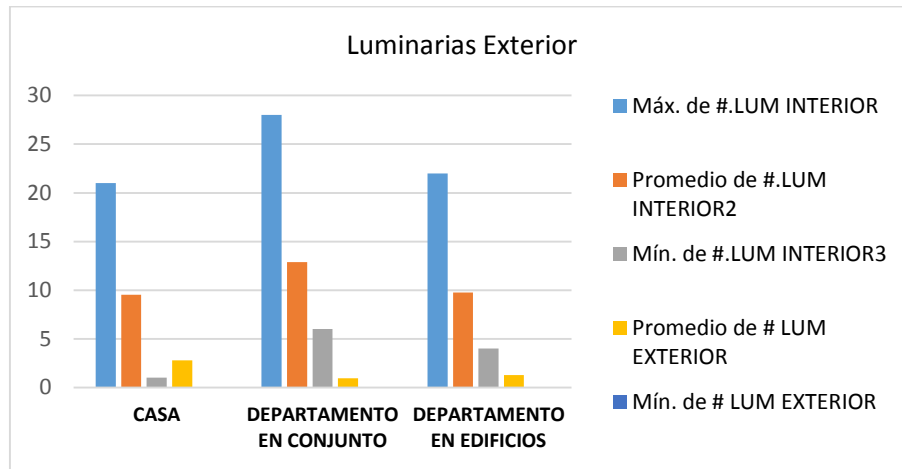


Figura 28: Luminarias exteriores por tipo de residencia

Fuente: Autor

De la Figura 28 se determina que dependiendo el tipo de residencia se tiene un número determinado de luminarias, siendo los departamentos con mayor cantidad de luminarias en edificios, mientras que en casa son de menor utilización.

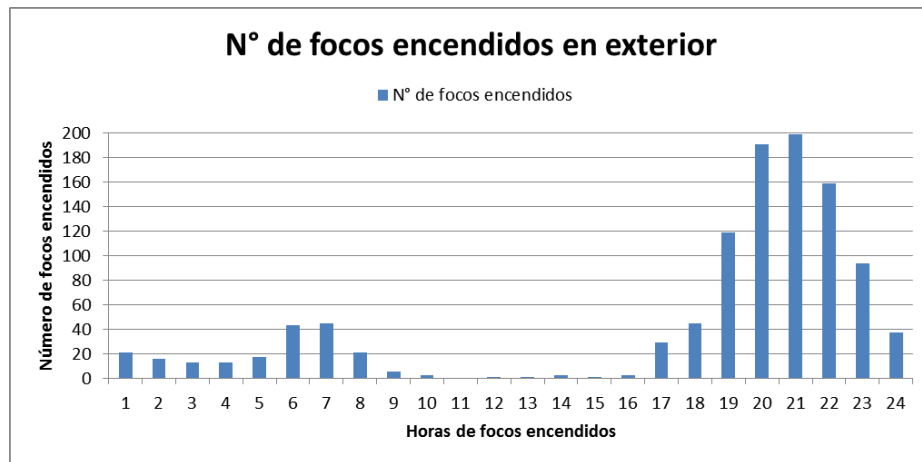


Figura 29: Tendencia de luminarias encendidas por horas en el exterior de la residencia

Fuente: Autor

Analizando las Figura 29 se determina la tendencia del comportamiento de las luminarias en el exterior de la casa, siendo desde las 17h00 hasta las 23h00 el pico más alto de consumo.

3.1.6 ¿Utiliza ducha eléctrica?

De la encuesta se determina que el 80% de los usuarios poseen ducha eléctrica, cabe mencionar que algunos de ellos poseen más de una ducha, el tiempo promedio de utilización por usuario es de 25 minutos.



Figura 30: Tendencia del uso de la ducha

Fuente: Autor

Analizando la Figura 30 se determina que se presenta dos picos representativos el primero en la mañana con periodo de utilización de 5 horas y con un máximo de utilización de 110 usuarios utilizando en el mismo tiempo y otro pico más pequeño en la noche con un pico sobre las 21:00.

3.1.7 ¿Usa calefacción eléctrica?

De la encuesta y por la ubicación del barrio La Kennedy se determina que no se utiliza calefacción eléctrica sino más que en casos aislados por lo que esta no será utilizada para la modelación. .

3.1.8 ¿Usa Plancha eléctrica?

El uso de la plancha en las residencias en el barrio en estudio, genera un comportamiento dinámico el cual se ve representado

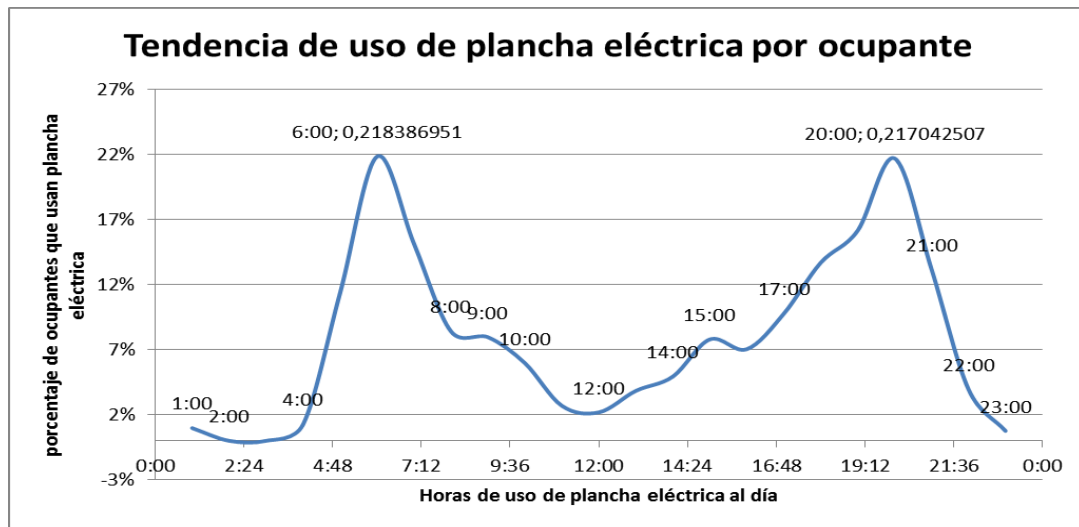


Figura 31: Utilización de la planta

Fuente: Autor

Como se puede observar en la Figura 31 los picos más altos se presenta a las 6:00 y a las 20:00, determinado por las costumbres de los ciudadanos. Determinando que el uso se puede evidenciar que incrementa en la mañana a partir de las 4:00 hasta las 6:00 donde adquiere su máxima demanda en la mañana y decreciendo hasta la 10:00, mientras que en la noche su pico inicia a las 17:00 hasta 22:00 siendo en este periodo que se tiene una demanda mayor de energía, por lo que posee un mayor número de usuario que utiliza la plancha, expresado en el área bajo la curva.

3.1.9 ¿Usa cocina de inducción?

En la encuesta esta pregunta se refleja en la siguiente tabla:

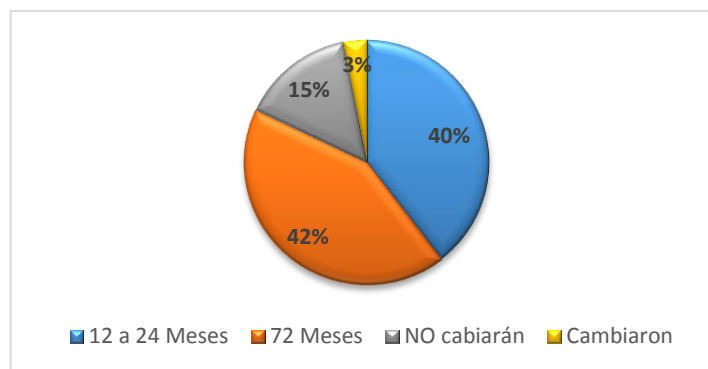


Figura 32: Cambio a cocinas de Inducción

Fuente: Autor

Si analizamos los datos tendremos lo siguiente:

El 34.34% hogares encuestados piensa cambiar su cocina de inducción en un tiempo de 12 ó 24 meses.

El 36.94% hogares encuestados, cambiaría su cocina en tiempos que van de 0 meses a 72 meses.

El 12.9% reflejan que NO cambiarán su cocina por una de inducción.

9 hogares, 2.7% del universo encuestado ya posee una cocina de inducción.

De los datos analizados se puede determinar que la cocción no es un dato representativo para el tiempo donde se está estableciendo la investigación lo que permitirá ser el punto de partida para futuras investigaciones.

3.1.10 ¿Cuánto tiempo promedio toma para cocinar los alimentos del desayuno?

El tiempo de desayuno de una familia promedio ecuatoriana se distribuye de la siguiente manera:

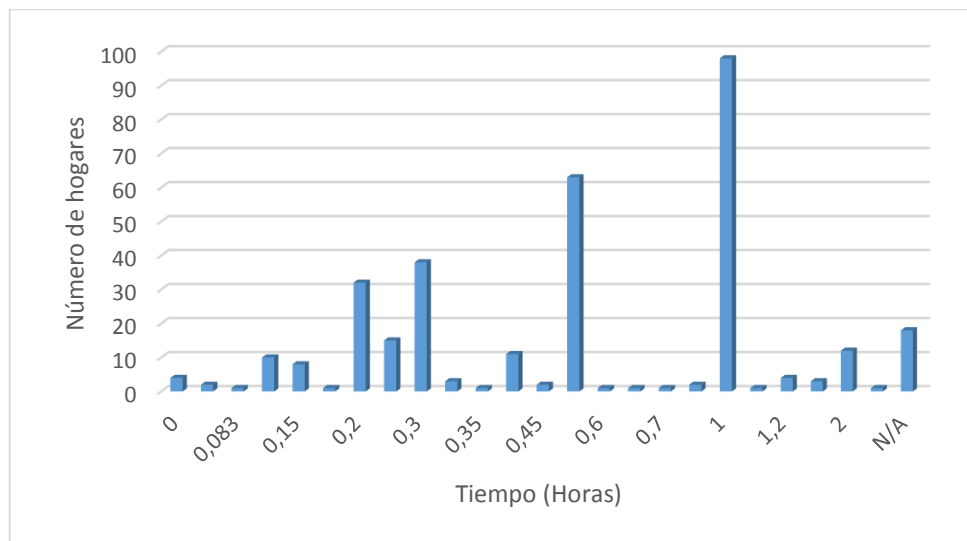


Figura 33: Tiempo de cocción para el desayuno

Fuente: Autor

Donde:

El 88.29% hogares emplean entre 1 hora en la preparación de alimentos para el desayuno.

11,71% hogares emplean un tiempo mayor a una hora en la preparación de alimentos para el desayuno.

3.1.11 ¿Cuánto tiempo promedio toma para cocinar los alimentos del almuerzo?

El tiempo de almuerzo de una familia promedio ecuatoriana se distribuye de la siguiente manera:

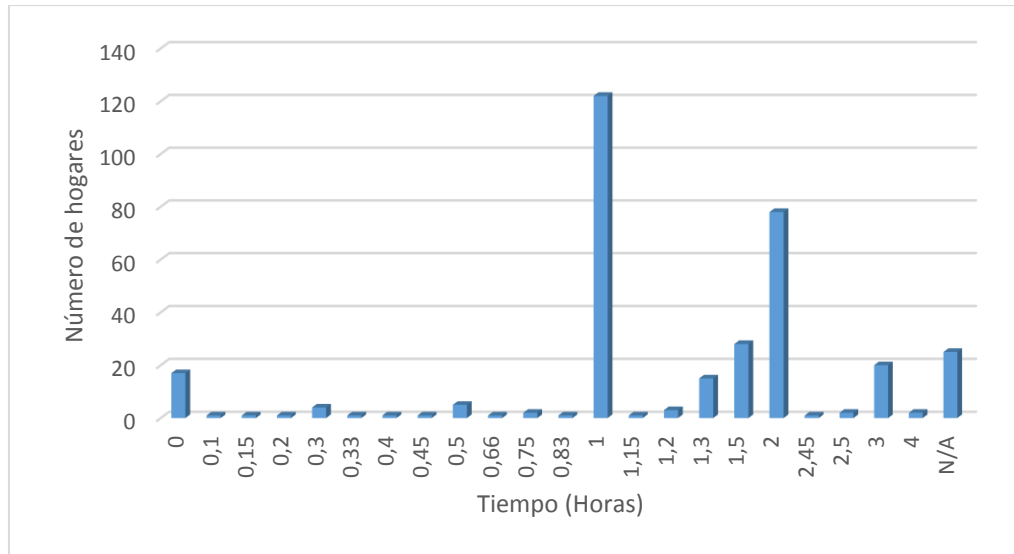


Figura 34: Tiempo de cocción de los alimentos en el almuerzo

Fuente: Autor

Donde:

El 84,98% hogares emplean entre 0 y 2 horas en la preparación de alimentos para el almuerzo.

15,02% hogares emplean un tiempo mayor a 2 horas en la preparación de alimentos para el almuerzo.

La mayoría de los hogares se demoran en un promedio de 2 horas para la cocción de los alimentos y la cual dependerá del número de miembros de la familia.

3.1.12 ¿Cuánto tiempo promedio toma para cocinar los alimentos de la merienda?

El tiempo de merienda de una familia promedio ecuatoriana se distribuye de la siguiente manera:

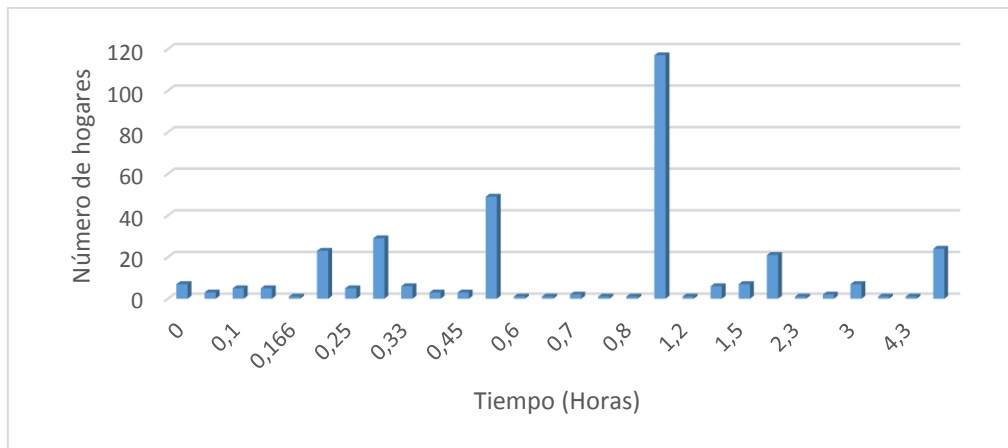


Figura 35: Tiempo de cocción merienda

Fuente: Autor

Donde:

El 89,19% hogares emplean entre 0 y 2 horas en la preparación de alimentos para la merienda, 10,81% hogares emplean un tiempo mayor a 2 horas en la preparación de alimentos para la merienda. El promedio de la demora en la preparación de los productos para la merienda se realiza en un tiempo promedio de 2 horas, de la misma manera que el almuerzo dependerá del número de habitantes del mismo.

3.1.13 ¿Aproximadamente cuánto paga por energía eléctrica al mes?

Aquí se hace un análisis entre 3 rangos de costo, es decir:

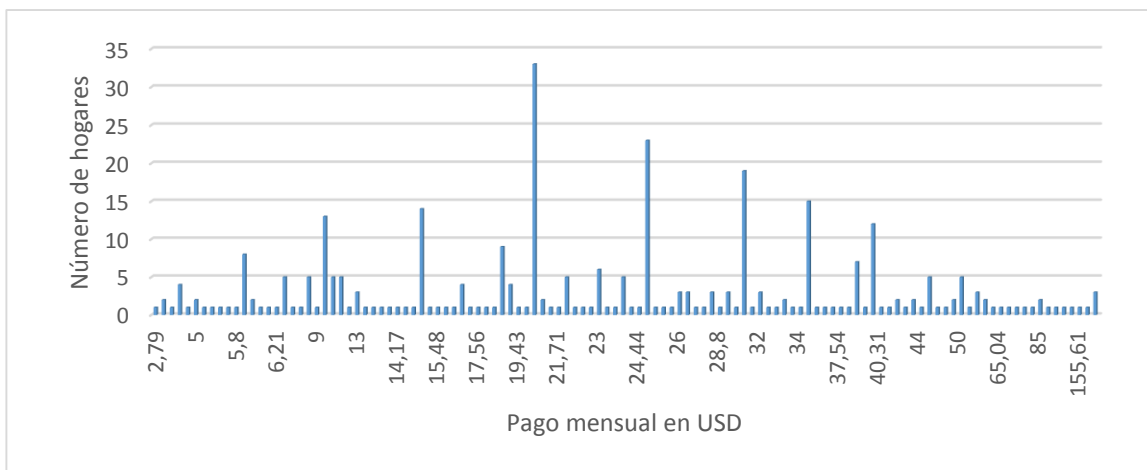


Figura 36: Valor de referencia del pago de energía al mes

Fuente: Autor

Esta pregunta de la encuesta nos permite determinar el valor que cancela y de acuerdo a este valor restando los impuestos se determina el consumo que posee un hogar el cual permitirá verificar si la propuesta de la investigación permitirá tener un costo beneficio para los usuarios mediante la aplicación de los Smart home.

3.1.14 ¿Cuántos celulares tiene?

Esta pregunta no fue considerada en el modelo de tabulación, por lo que no se tiene un registro consolidado de la misma, por ende no se puede hacer un análisis. De las tabulaciones hechas se observó que en promedio cada hogar tenía 4 teléfonos celulares.

3.1.15 ¿En qué horario carga su teléfono celular?

Para esta pregunta se hace un resumen en porcentaje de los datos obtenidos:

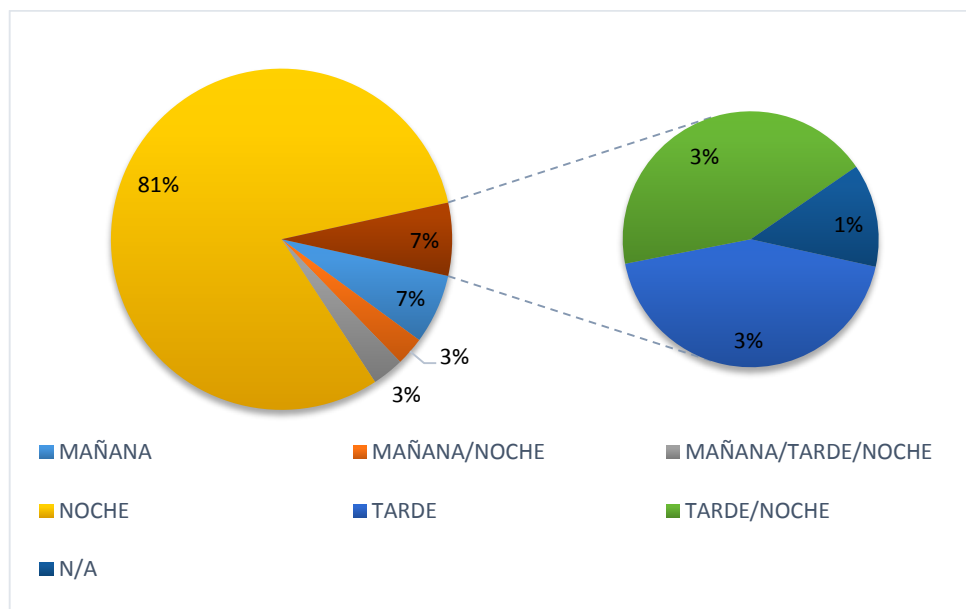


Figura 37: En qué horario carga su teléfono celular

Fuente: Autor

El periodo de carga de los equipos como teléfonos celulares, es mayoritariamente en la noche. Hay que considerar que el promedio de teléfonos móviles en cada hogar es de 4, por lo que dichos hábitos influyen de forma considerable en horas pico. Además de dejar el cargador conectado tendrá un consumo menor, pero en cantidades grandes podría resultar representativo, y a su vez perjudicial para la red por la inyección de armónicos a la red.

Su consumo de energía eléctrica en fines de semana con relación a un día normal es:

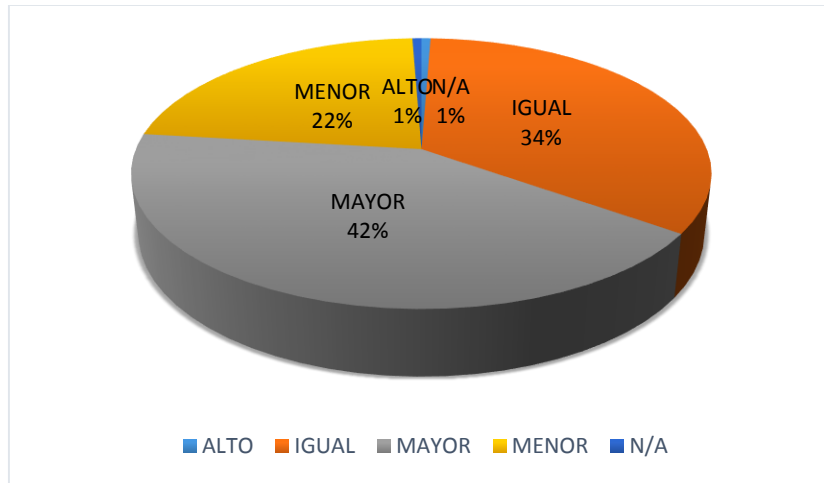


Figura 38: Consumo de energía fin de semana.

Fuente: Autor

No se evidencia una diferencia sustancial en el consumo de fin de semana o días entre semana. Si bien el 42% de los hogares encuestados menciona que incrementa dichos días, por lo que permanecen en sus hogares.

Su consumo de energía eléctrica en feriados con relación a un día normal es:

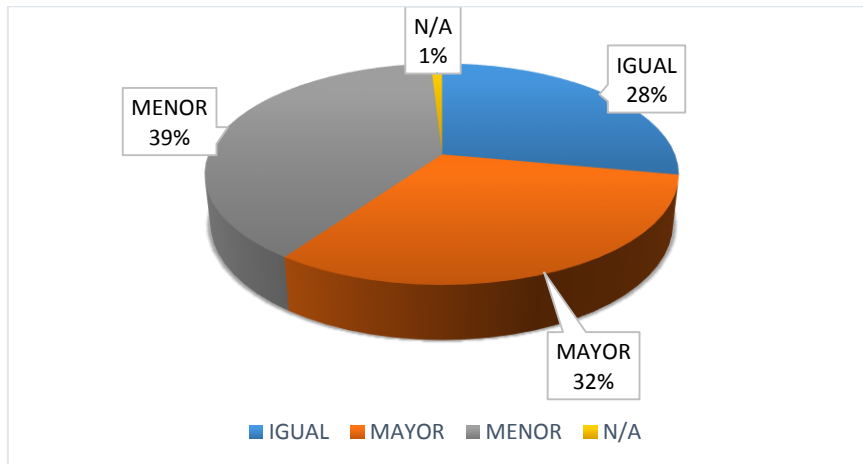


Figura 39: Consumo de energía en feriados.

Fuente: Autor

En la Figura 39 se puede determinar que el consumo de energía eléctrica en días feriados tiene un comportamiento similar al de un fin y se presenta una variación respecto a días normales, ya que son dos tendencias, dependiendo si las personas del hogar salen de viaje o no. Se puede deducir que quienes no salen en el feriado, su consumo incrementa.

3.1.16 ¿Funciona en su hogar un local comercial?

En la mayoría de hogares (49%) no funciona un local comercial, pero las características de dichos locales son pequeños negocios:

- Heladería
- Confección y pañalera
- Cyber- papelería
- Farmacia
- Bodega
- Carpintería, Cerrajería
- Peluquería
- Ferretería
- Maquiladora
- Almacén
- Panadería
- Bazar
- Comedor

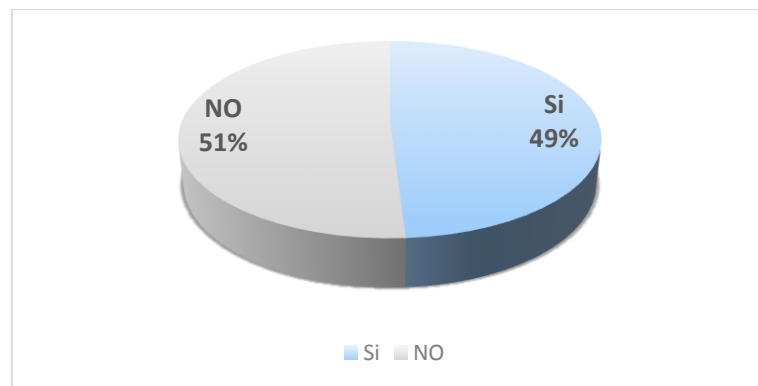


Figura 40: Residencia con locales comerciales

Fuente: Autor

De la encuesta se puede determinar que el 49% de las residencias posee algún tipo de negocio lo que representa que el consumo es mayor que una residencia normal.

3.1.16.1 Estudio de electrodomésticos

Como se puede apreciar de la gran cantidad de electrodomésticos existentes en el hogar, este estudio se ha centrado exclusivamente en lavadora, secadora, refrigeradora, televisores como aparatos con un mayor consumo energético, con una mayor utilización, y con más posibilidades y capacidades de poder llegar a una mejora en cuanto a su correcta utilización. El resto de electrodomésticos que llevan pequeñas demandas no se consideran ya que por motivos de su uso muy probable en el hogar.

La eficiencia de un electrodoméstico es la capacidad que tiene de funcionar con menores consumos energéticos (electricidad) y de recursos (agua). Por ende La etiqueta energética representa una información clave para conocer la eficiencia de un electrodoméstico.

Se puede determinar que los ordenadores son uno de los equipos que mayor tiempo de utilización se presenta en los hogares, siendo este imposible de controlar para tener un ahorro de energía, como se muestra en la Figura 41 el horario de utilización.



Figura 41: Curva de uso de los ordenadores.

Fuente: Autor

Uno de los electrodomésticos de mayor consumo son los televisores, estos a su vez han llegado a tener un gran impacto por la tecnología y estos han llegado a tener grandes cambios por la tecnología, por ende los usuarios han llegado actualizarse y esto se ve reflejado en las encuestas tal como se muestra en la siguiente gráfica.

Se puede llegar a tener diferente tipos de graficas ya que estas dependen del uso que se las da, el grafico anterior representa solo lo que es los porcentajes de cargas en un mismo tiempo todas. No son cargas reales.

El uso racional de la energía no es la única manera de poder disminuir el impacto medio ambiental lo que es la producción de CO2 también se produce un impacto con la producción de energía renovable cuando el uso de es de madera desmerecida.

Hay que recordar que la suma de los pequeños ahorros energéticos y económicos que cada uno pueda generar con sus hábitos y comportamientos cotidianos, se traduce siempre en enormes ahorros a nivel colectivo. Como se puede apreciar en la parte de la Figura 42 que se representa los consumos de casa aparato de uso diario, cabe mencionar que el mayor consumo se proviene del horno microondas, y acorde a como se le del uso en este caso nos muestra que 35% que le siguen con un 15% a de licuadora y 13 % del equipo de sonido.

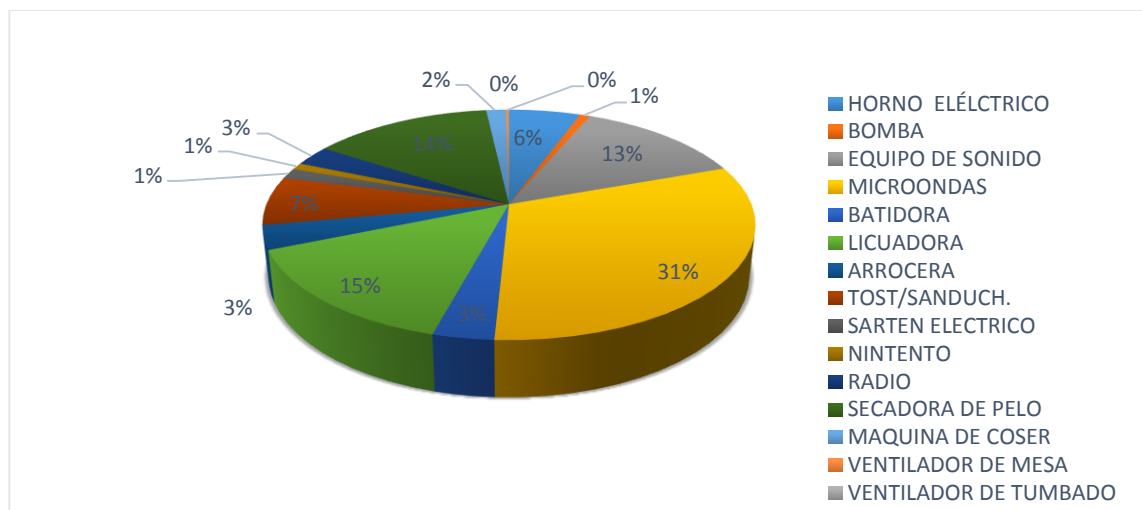


Figura 42: Consumo Electrodomésticos kWh

Fuente: Autor

En la Figura 43 se determina como es el uso de los aparatos que más se usas de manera diaria, esto nos indica de manera alta, media o baja, determinando el comportamiento de uso y a su vez cuál de estos son de mayor impacto sobre la red eléctrica.

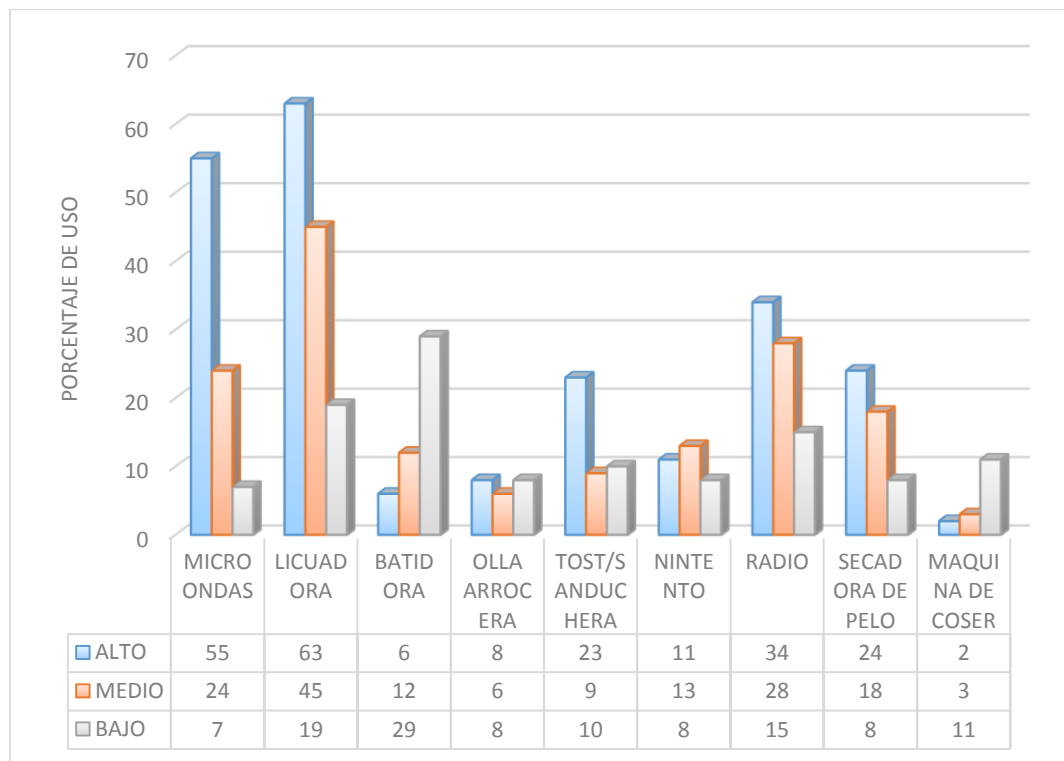


Figura 43: Porcentaje de uso de electrodomésticos

Fuente: Autor

De la encuesta se puede resumir en la curva de utilización de los electrodomésticos, la cual se determinará el consumo de energía de los usuarios residenciales del Barrio La Kennedy, a esta curva se modelará y se optimizará, para lo cual se utilizará un modelo Heurístico de comportamiento.

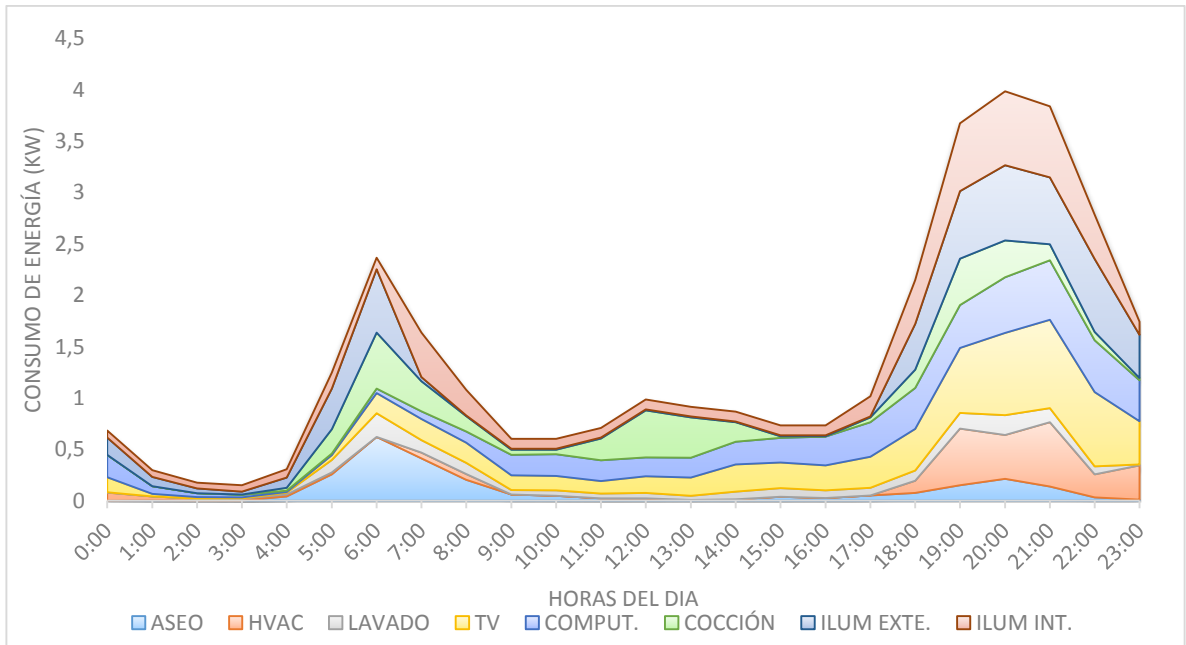


Figura 44: Demanda Típica de los Usuarios Barrio La Kennedy

Fuente: Autor

3.2 Análisis de resultados de medición de energía

La medición de la energía en un hogar típico, el cual consta de 5 personas, para lo cual se ha instalado un equipo analizador de energía se presenta en el anexo 1, y las gráficas obtenidas del analizador son:

En la Figura 45 y Figura 46 el consumo de energía de la casa tipo durante una semana de análisis, para el estudio se determinará el consumo diario y poder realizar la modelación y optimización de la energía.

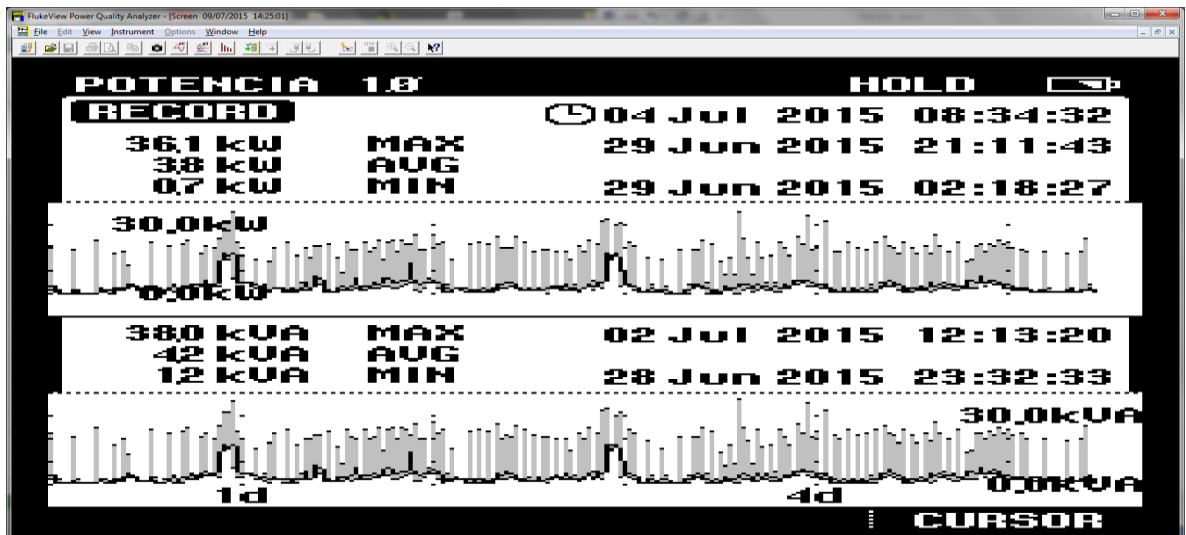


Figura 45: Información pantalla Analizador

Fuente: Autor

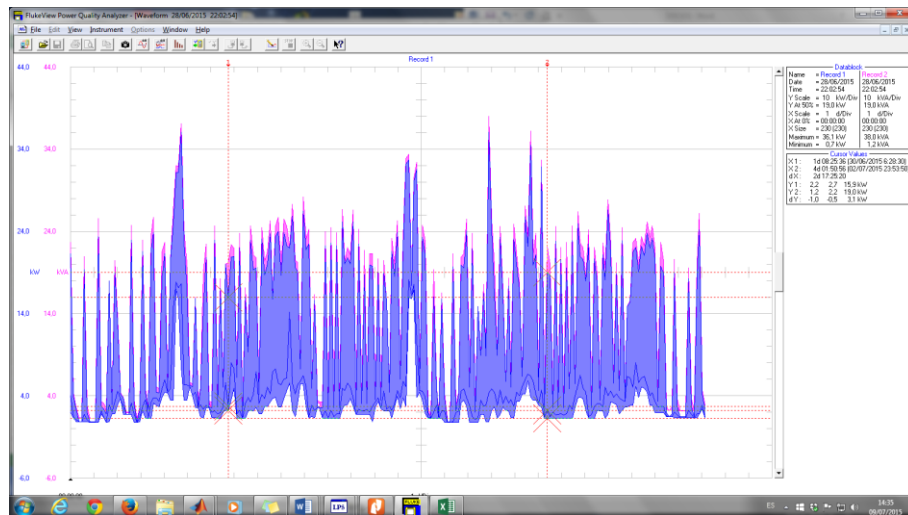


Figura 46: Consumo de energía casa tipo

Fuente: Autor

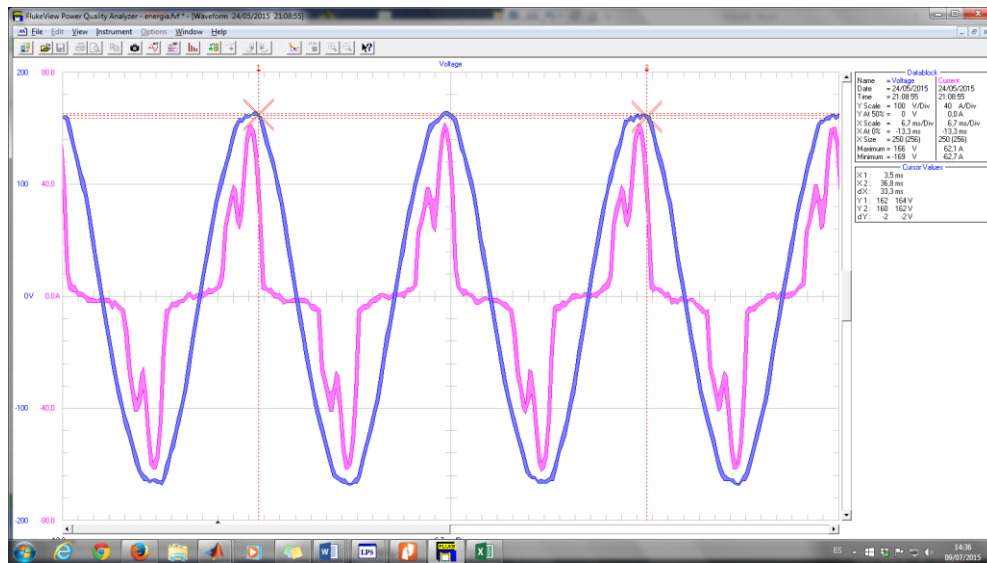


Figura 47: Curva de voltaje y corriente

Fuente: Autor

De la Figura 47 se puede determinar la presencia de armónicos de corriente por la utilización de focos ahorradores, los cuales no se analizarán en esta investigación y servirá como punto de partida para futuras investigaciones.

3.3 Interpretación de resultados de medición de energía

Para el análisis de la información se utilizará los datos generados en un día normal como se muestran en la Tabla 9, la cual consta de las horas y la energía consumida

Tabla 9: Energía consumida usuario tipo

Tiempo (Horas)	Potencia (kW)
0	700
1	700
2	700
3	700
4	700
5	700
6	1800
7	1200
8	700
9	800

10	1400
11	1400
12	1450
13	1800
14	1800
15	1200
16	1200
17	1800
18	2900
19	3600
20	2900
21	1700
22	1200
23	700
24	700

Fuente: Autor

Los datos graficados podemos obtener la curva de demanda del usuario tipo como se presenta en la Figura 25, el cual tiene 3 picos el primero en la mañana, un segundo de consumo representativo en el transcurso del día entre las 10:00 y las 14:00 y el mayor en la noche a partir de las 18:00 hasta las 21:00 con un consumo e 30 KW

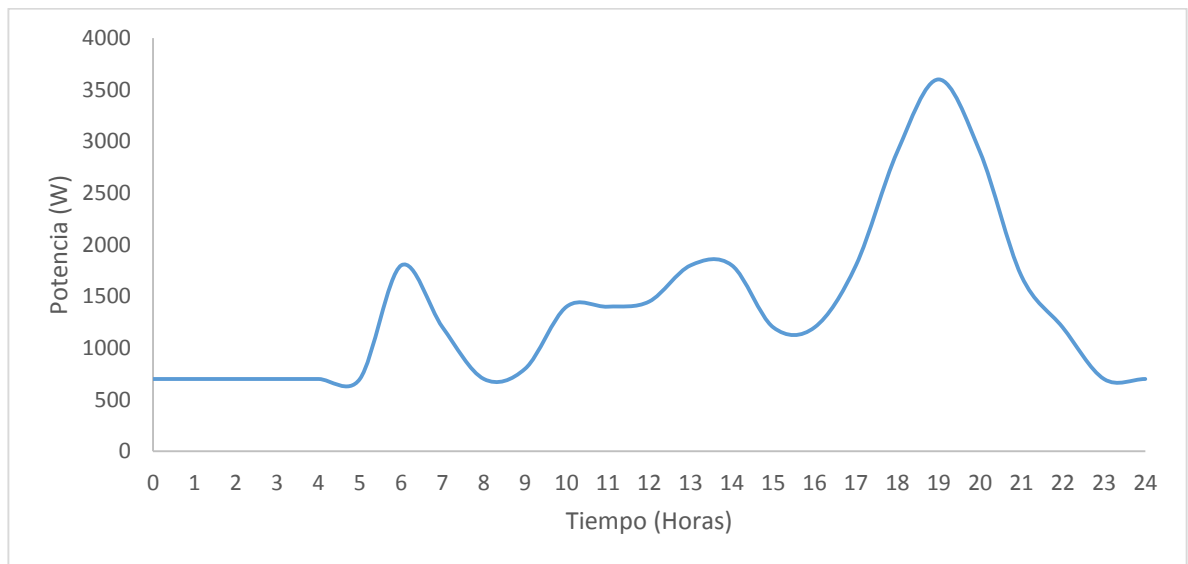


Figura 48: Curva de Demanda usuario Tipo

Fuente: Autor

3.4 Posibles soluciones al problema

Para poder solucionar el problema de optimización y modelación de la demanda de energía eléctrica residencial debido al crecimiento de nuevas tecnologías en redes inteligentes (Smart Grid) conlleva a comprender de mejor manera la demanda eléctrica residencial que antiguamente no era un factor considerable. El perfil de demanda de un usuario residencial tiene un comportamiento dinámico que es influenciado por factores como el clima, el número de aparatos eléctricos, la potencia de los aparatos eléctricos y el uso que se le da a los mismos, en la actualidad se estudia a fondo la demanda eléctrica residencial para pronosticar su comportamiento a fin de tomar decisiones adecuadas de estabilidad y seguridad del sistema.

La demanda residencial es estudiada mediante varios modelamientos que arrojan resultados de comportamiento según los sectores de la población, para esto se hace necesario conocer el comportamiento de los individuos que se va a estudiar.

Para poder determinar el modelamiento matemático para la optimización se analizará las cargas instaladas en la residencia del usuario Tipo, donde se determina la frecuencia de Uso, la potencia de los equipos y la energía que consume, esto se detalla en la Tabla 10: Frecuencias de uso de los electrodomésticos usuarios residencial tipo.

Tabla 10: Frecuencias de uso de los electrodomésticos usuarios residencial tipo

ELECTRODOMESTICOS	POTENCIA (W)	CANT	HORAS	ENERGIA (kWh)	FRECUENCIA
FOCOS	60	12	10	6000	25%
TV	300	3	8	7200	20%
COMPUTADORA	450	1	7	3150	17%
REFRIGERADORA	500	1	5	2500	12%
LAVADORA	1050	1	4	4200	10%
IMPRESORA	10	1	2	20	5%
MICRONDAS	640	1	2	1280	5%
LICUADORA	350	1	0,6	210	1%
RADIO	250	1	0,5	125	1%
SECADORA DE CABELLO	1200	1	0,4	480	1%
TOSTADORA	800	1	0,3	240	1%

ABRILLANTADORA	750	1	1	750	2%
-----------------------	-----	---	---	-----	----

Fuente: Autor

Para determinar sobre cual se va a realizar la optimización aplicamos Pareto el cual nos indicará que con el 20% aplicando la optimización tendremos una mejora que controlar el 80% de los electrodomésticos como se muestra en la Figura 49.

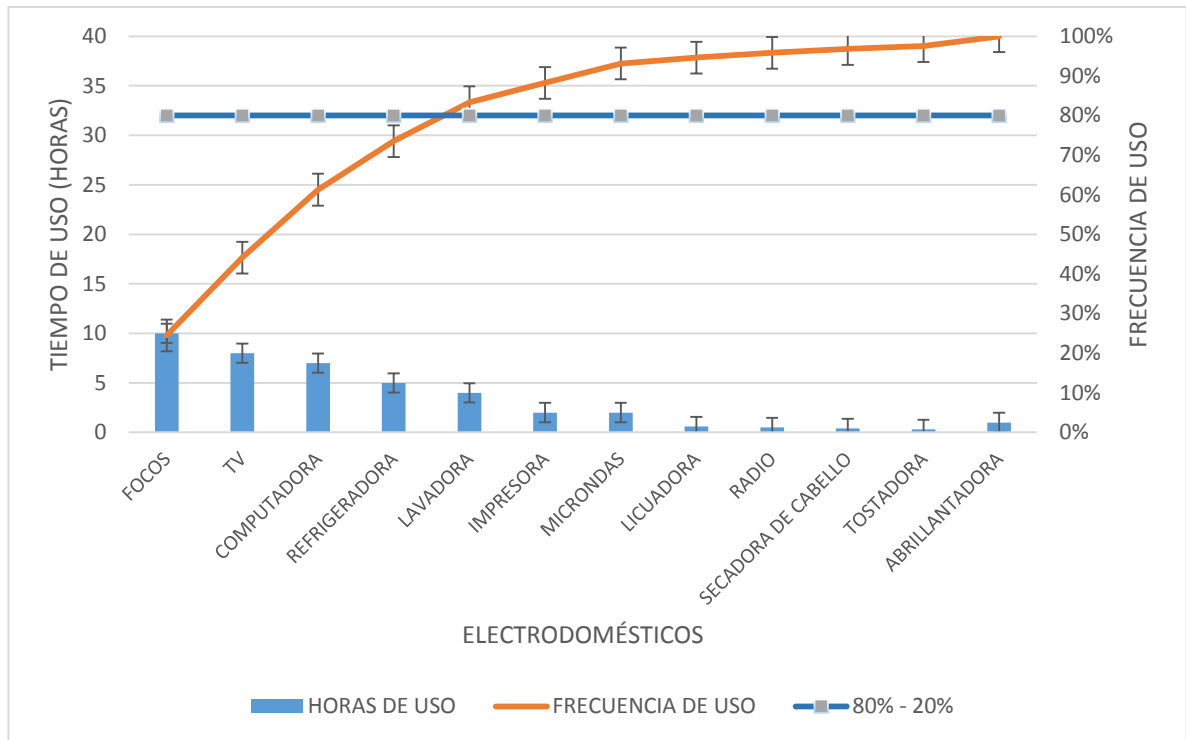


Figura 49: Grafica de Pareto de los electrodomésticos Usuario Tipo

Fuente: Autor

De los electrodomésticos que se encuentran con una frecuencia menor al 80% tenemos:

- Focos
- TV
- Computadora
- Refrigeradora

De las cuales se puede optimizar el funcionamiento los focos y la TV puesto que si se tiene un uso adecuado de los mismos se vuelve más eficiente y se podrá alcanzar a cumplir con la

hipótesis. Mientras que la Computadora y la refrigeradora se clasifica como electrodomésticos que no se pueden desconectar ni dejar de utilizar.

Para determinar el comportamiento de la demanda del usuario Tipo se aplicara las cadenas de Markov y MonteCarlo el cual nos permitirá obtener la demanda dinámica como es en la realidad.

Para la optimización se empleará un algoritmo de los entero lineal mixta con la cual podemos máxima el confort de los usuarios utilizando los electrodomésticos y minimizando el consumo de energía.

CAPITULO IV: Propuesta

4.1 Tema:

Optimización de la demanda en el consumo de energía eléctrica en un Smart Home, Enfocado en el sector residencial de Quito Barrió La Kennedy, durante el año 2015

4.2 Justificación

Existen diferentes trabajos de investigación internacional relacionada a Smart Grid, Home Área Network, Smart Home. Sin embargo, es preciso investigar un método ajustable al sector residencial del Ecuador, que sea viable económicamente, sea un aporte a la sociedad y al medio ambiente, basados en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2017 del Ecuador se pretende lograr una sostenibilidad económica y aprovechar las fuentes de generación de electricidad.

El siguiente proyecto permitirá: Caracterizar la demanda de un Smart Home, mediante una herramienta permitirá optimizar el consumo de energía eléctrica, mediante el análisis que permitan tomar decisiones al momento de realizar un control de demanda.

La justificación del trabajo de investigación se enmarca en un proyecto práctico ya que la propuesta pretende dar solución a la problemática, a través de un proyecto factible de ejecución donde se determinara la caracterización y optimización.

Además de mencionar que la investigación tiene una relevancia social, porque al disminuir el consumo de energía eléctrica mejorara la calidad de vida y su economía de los usuarios, logrando incrementar la eficiencia energética y favorece al medio ambiente.

Es importante indicar que la propuesta es considerada como factible porque se cuenta con todos los datos está en relación con la problemática, va a permitir enmarcarse dentro de las exigencias basadas en normas internacionales y nacionales establecidas por el CONELEC. De tal manera que será impredecible disponer de esta herramienta para determinar un control de la energía, lo que permitirá mantener un ahorro siendo más eficientes en el uso de la energía eléctrica.

4.3 **Objetivo General de la Investigación**

Caracterizar y modelar la demanda de un Smart Home para optimizar el consumo de energía eléctrica, en el sector residencial de Quito Barrio La Kennedy, durante el año 2015.

4.3.1 **Objetivos Específicos**

- Caracterizar y modelar el comportamiento de la demanda en un Smart Home en usuarios residencias de la ciudad de Quito.
- Optimizar la demanda la cual permitirá disminuir el consumo de energía eléctrica.
- Implementar un software que permita el control, monitoreo y registro de datos históricos de un Smart Home.

4.4 **Estructura de la Propuesta**

La propuesta caracterizará la demanda de energía mediante el modelo matemático basado en las cadenas de Markov y MonteCarlo, esta modelación permitirá generar una curva de demanda la cual se asemeja a la realidad del comportamiento de un usuario residencial tipo.

Para la optimización se realizará la optimización evolutiva multi-objetivo la cual consiste en encontrar un vector de variables de decisión que satisfaga las restricciones y optimice una función vectorial cuyos elementos representen las funciones objetivo, con la cual permitirá optimizar el consumo de energía mediante el control de los focos y TV.

Para poder verificar que el sistema optimización y modelación de la demanda se implementará un sistema Scada bajo el software Labview y Matlab el cual se aplicará las cadenas de Markov y MonteCarlo para determina la demanda del usuario tipo para el día determinado, y mediante la optimización evolutiva multi-objetivo nos permitirá optimizar las cargas, las cuales se controlarán por tarjetas de adquisición de datos y se podrá apagar las cargas que el modelo lo determine.

4.5 **Desarrollo de la propuesta**

4.5.1 **Modelación de la demanda de energía**

4.5.1.1 **Método cadenas de Markov Monte Carlo.**

La modelación por simulación de Montecarlo efectúa una elección aleatoria de muestras, con lo que permite reducir un problema combinatorio complejo a otro problema más simple

(Andrieu et al., 2003). Esta simulación genera valores independientes y aleatorios, los cuales toman como base una distribución de probabilidad, y mediante la aplicación de las cadenas de Markov postulan que para la predicción del siguiente estado, los valores de los estados anteriores son irrelevantes, pero se presenta una dependencia entre valores simulados consecutivamente (Wu, Ai, Lin, Wen, & Weihua, 2012).

El método de Monte Carlo por Cadenas de Markov (MCMC) se basa en crear un muestreo desde la distribución de probabilidad, donde cada valor analizado genera una dependencia con el valor generado anteriormente logrando construir las cadenas de Markov y obteniendo una convergencia a la distribución deseada (Gill, 2002).

En el análisis del comportamiento de la demanda se emplea variables aleatorias, las cuales analizadas con una distribución de probabilidad obtenida de los datos a partir de las encuestas, esta converge en una curva de demanda muy similar a la real.

En algunos casos al utilizar una distribución de probabilidad compleja y la generación de números aleatorios y la elección de la probabilidad de transición se hace muy difícil modelar; con lo cual es necesario recurrir a algoritmos de apoyo basados en MCMC, como el de Gibbs o el de Metropolis Hastings (Geyer & Thompson, 1995; Gill, 2002), muestreo independiente, Random-Walk, Gibbs (X.-S. Yang, 2010).

4.6 Modelamiento de la demanda residencial en MATLAB.

El propósito del modelamiento de la demanda residencial es representar correctamente los cambios existentes por diferentes factores como el medio ambiente, número de aparatos, potencia de cada aparato y el uso de los mismos que va determinado por el comportamiento del usuario debido a que los hábitos de consumo no varía considerablemente aunque posea electrodomésticos con nuevas tecnologías inteligentemente programadas (B. J. Johnson et al., 2014b), (A. J. Collin, Tsagarakis, Member, & Kiprakis, 2014), (a. J. Collin, Hernando-Gil, Acosta, & Djokic, 2011).

Para realizar el modelamiento se cuenta con los horarios de uso de principales actividades partiendo de la encuesta del anexo A.

La programación se la realiza en *MATLAB* donde se programa cada una de las funciones para poder determinar la demanda del usuario residencial partiendo por etapas como:

- Rutinas de aseo personal
- TV
- Iluminación
- Cocción

Las cuales nos permite mediante obtener la demanda diaria de un usuario tipo, tomando en cuenta que el consumo de energía de los usuarios no es la misma, por lo que se tiene una demanda diaria dinámica, esta características es la parte fundamental en los procesos de caracterización de la demanda de energía.

Para poder solucionar este inconveniente se emplea las cadenas de Markov y la simulación de Montecarlo con lo cual podemos obtener una curva similar a la real.

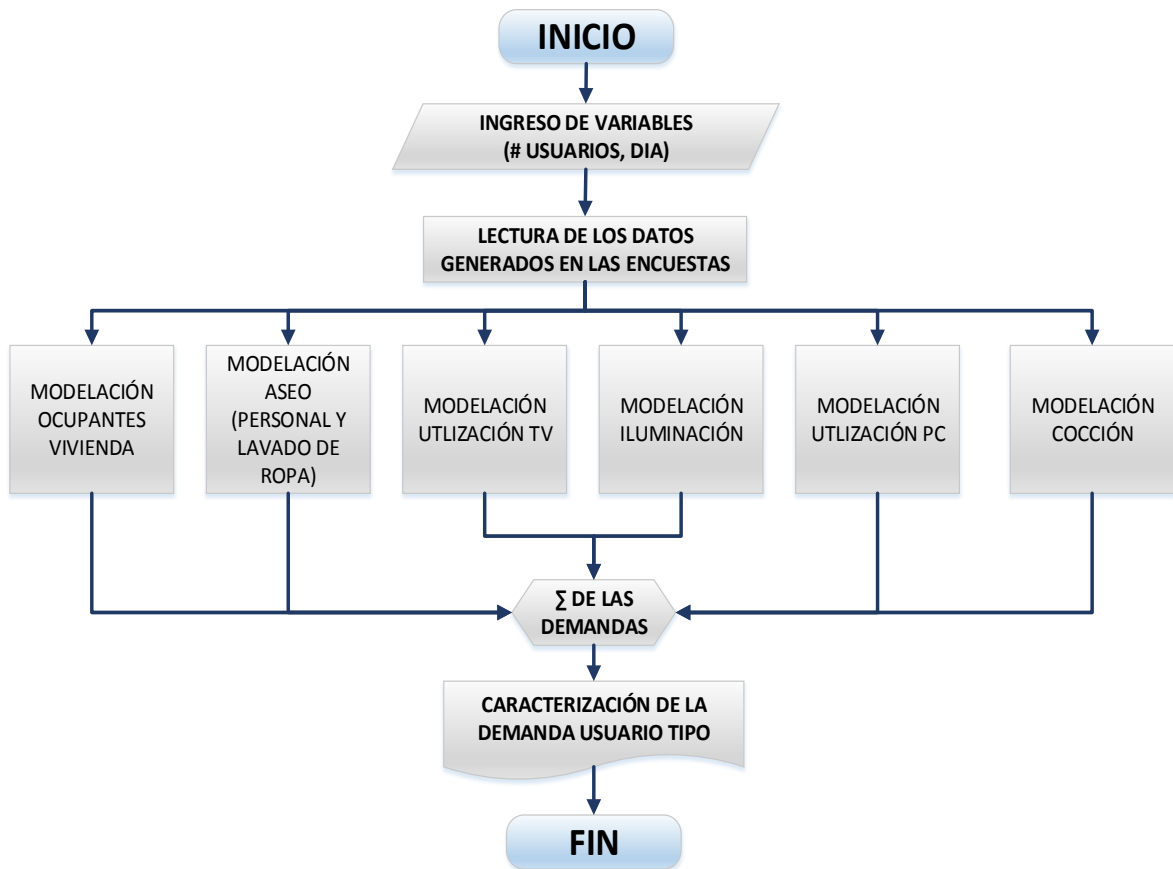


Figura 50: Flujograma de la modelación de la demanda de energía parte (1)

Fuente: Autor

En la Figura 50 se presenta el flujograma para la modelación de la demanda de energía la cual es la caracterización de curva de un usuario tipo, para esto se programa como ingreso y poder simular la demanda de energía debemos setear variables de entrada como son:

- Número de usuarios (U)
- Selección del Día (Laboral, Fin de semana o Feriado)

Una vez cargado las condiciones iniciales procedemos a cargar los datos obtenidos en la encuesta si el caso de un barrio para nuestro caso es los datos obtenidos del tiempo de uso de los diferentes electrodomésticos siendo un usuario tipo. Estos datos poseen las potencias en función del tiempo, además se generan datos de probabilidades con la que se seleccionara la aleatoriedad con un intervalo de tiempo de 10 minutos.

Para determinar la demanda se realiza funciones independientes del comportamiento de las actividades de los ocupantes de una residencia lo cual se analizará más adelante. Dependiendo de la los número de ocupantes y las diferentes funciones de actividades, cada usuario genera un valor de es la potencia cada cierta hora del día, como se muestra en la Figura 51 la cual representa un ejemplo para un usuario residencial que posea de cuatro ocupantes.

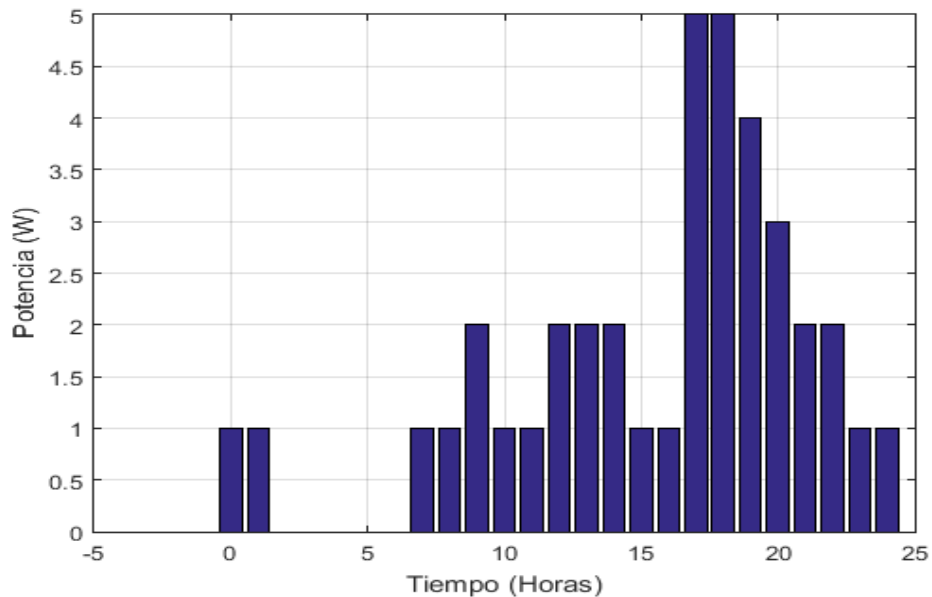


Figura 51: Gráfico de la Modelación de la Demanda

Fuente: Autor

La programación de Matlab se encuentra en el Anexo 3

4.6.1 Programación de actividades.

Para la determinación de la Demanda se programa actividades las cuales se basa en las encuestas realizadas, además se debe tomar en cuenta como entrada el día de simulación y el número de ocupantes, al ser un Método Heurístico tomamos como referencia un día laborable y una casa con cinco ocupantes.

4.6.2 Modelación Aseo.

Para modelar la actividad de aseo se define 2 tipos de acciones:

- Aseo personal
- Lavado de ropa
- Aseo personal

La función de aseo personal se basa en la modelación por las cadenas de Markov y MonteCarlo, el cual parte de los datos iniciales como el número de usuarios y los datos obtenidos en la encuesta, correspondiendo a las horas donde consume energía para cumplir con esta función, el método aplica las interacciones entre el estado anterior y el actual, tomando como pesos el valor aleatorio que entrega MonteCarlo este modelo realiza 140 interacciones correspondiendo al intervalo de tiempo configurado, una vez terminado la modelación genera la curva de demanda y lo imprime. Como se muestra Figura 52.

En la Figura 53 se presenta la curva de aseo personal generada por el método de MonteCarlo y las cadenas de Markov, la cual posee 2 picos el más representativo en la mañana esta curva tiene una similitud con la curva de aseo personal que se obtuvo de la encuesta.

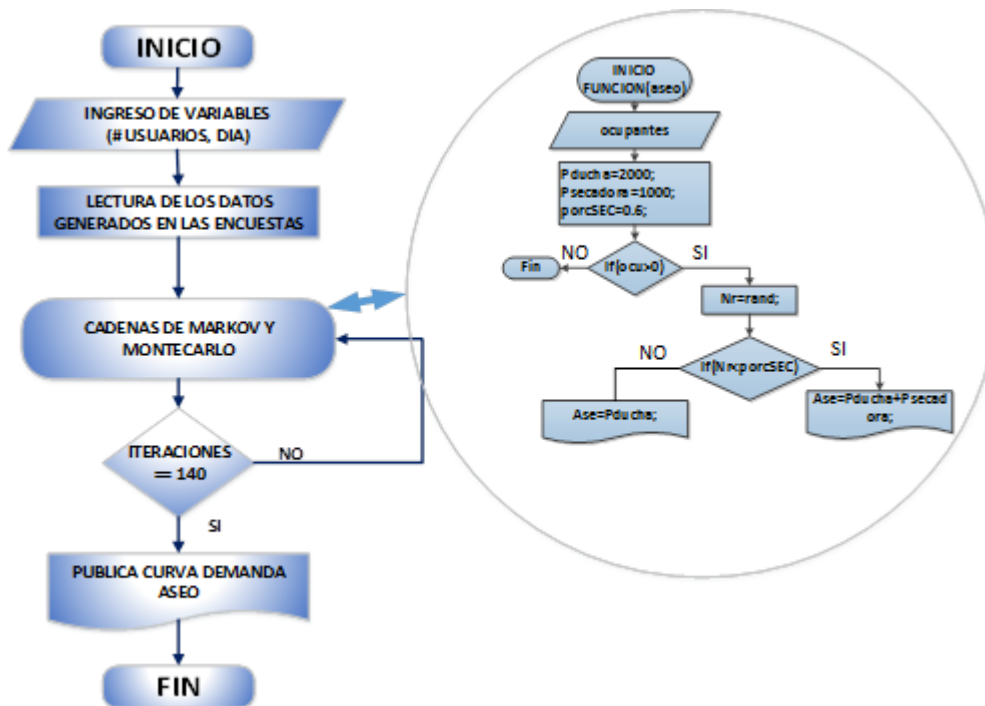


Figura 52: Flujograma Aseo

Fuente: Autor

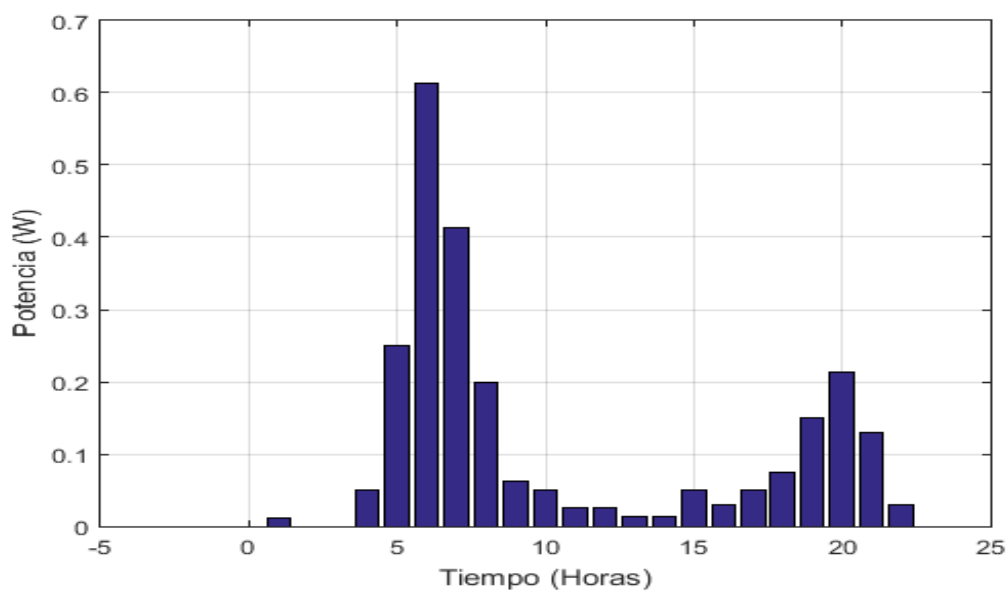


Figura 53: Curva de aseo personal

Fuente: Autor

4.6.3 Lavado de ropa.

Para el modelado de la función del lavado de ropa se utiliza los siguientes electrodomésticos:

- planchas eléctricas,
- lavadoras y
- secadoras de ropa

La función de modelado para el lavado de ropa y el planchado se emplea el código explicado anteriormente como se muestra en la Figura 52, se determina que en la mañana se encuentra el pico más alto lo cual corresponde a la realidad tal como se muestra en los datos de las encuestas.

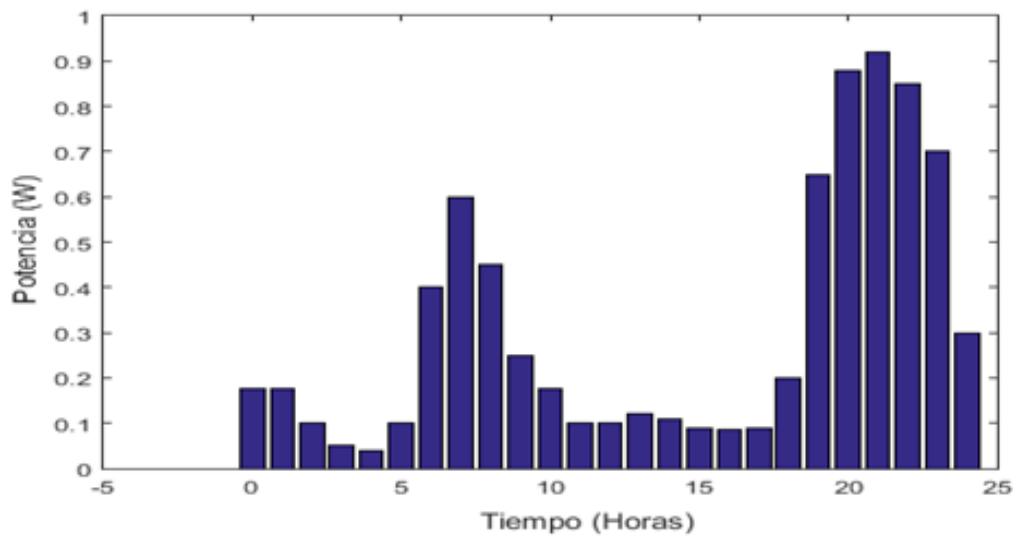


Figura 54: Curva modelada de la utilización de planchas eléctricas y lavadora de ropa.

Fuente: Autor

4.6.4 Modelación Ocupantes de la Residencia.

El pseudocódigo del algoritmo programado para el modelamiento de actividades de los ocupantes de la residencia, se presenta en la Tabla 11.

Tabla 11: Seudocódigo Ocupantes

Pseudocódigo Ocupantes	
1:	Entradas: # de usuarios, día
2:	Salidas: Demanda modelada en función de los ocupantes
3:	Inicio
4:	Llamado Función de Markov y MonteCarlo
5:	IF hora del día = 0, Entonces

```

Determina el número de ocupantes por Markov y un número randómico.
6:   ELSE
      Retorna al inicio
    END IF
7:   IF hora del día > 0, THEN
8:     FOR i = 1: <= 143
9:       Calcula la demanda en función de cada ocupante, para la hora “i” mediante las matrices de Markov y un número
      randómico
10:      i=i+1;
11:      Imprime los datos obtenidos
12:    END
13:    Presenta la curva de los ocupantes por corrida
14:  END

```

Fuente: Autor

4.6.5 Modelación uso computador.

El modelamiento del uso de los computadores se basa en un programa genérico el cual nos permite modelar y simular el comportamiento de los diferentes electrodomésticos, para lo cual se parte de la cantidad de equipos y sus potencias, los modelos matemáticos emplean un determinado número de interacciones en función de un lazo For, el cual mediante las condiciones anterior, futuras y los pesos se determina la curva de demanda generada por el equipo en estudio, como se muestra en la Figura 55,

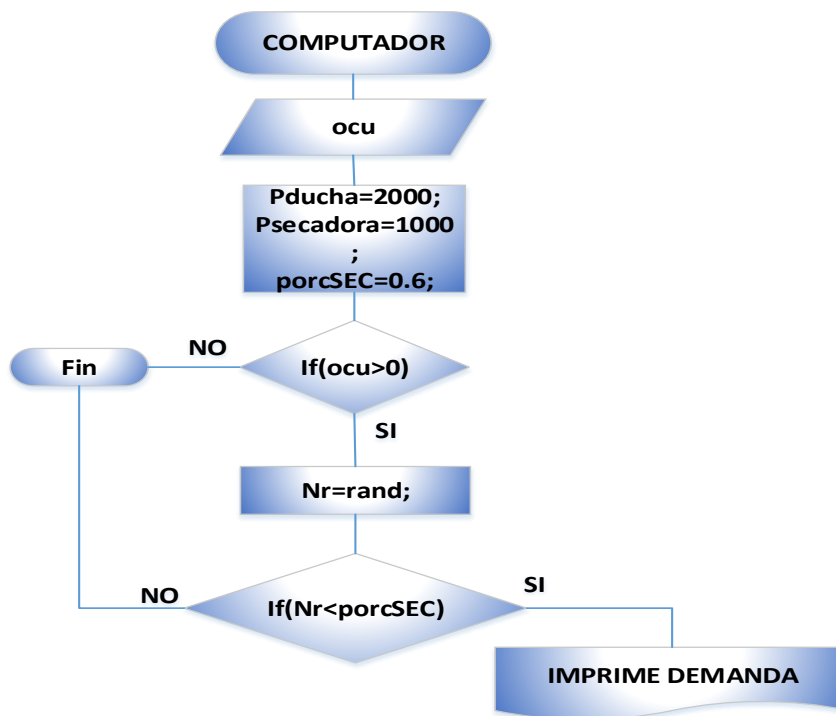


Figura 55: Modelación del comportamiento de cargas residenciales puntuales

Fuente: Autor

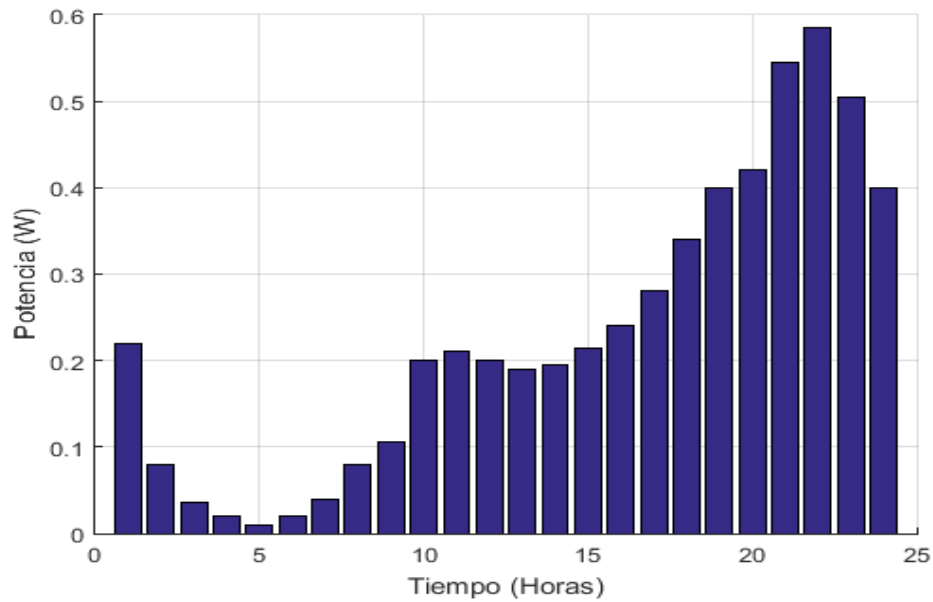


Figura 56: Modelación utilización de computadoras.

Fuente: Autor

El Seudocódigo establecido para los electrodomésticos permitió determinar la curva de demanda del uso de las computadoras el cual se ve que tiene un alto consumo de energía a partir del medio día lo que nos da una certeza que el modelo está funcionando bien.

Para la modelación de la función TV se parte del número de Tv que tenga la casa tipo, y de las potencia de las mismas, las cadenas de Markov realiza un determinado número de iteraciones, con un peso entregado por Monte Carlo estos permite generar el comportamiento de las cargas siendo cualquiera de los electrodomésticos de la residencia como se indica en el flujograma de la Figura 55.

4.6.6 Iluminación.

El uso de la iluminación residencial está determinada por la actividad de los ocupantes de la residencia y de la hora y tipo de día, de las misma manera se emplea la programación explicada en la Figura 55 la cual entrega la curva de demanda de utilización de iluminación interior determinando que el consumo es mínimo en el día, como se muestra en la Figura 58. Y en la Figura 59 se presenta la utilización de las luminarias en el exterior de una casa.

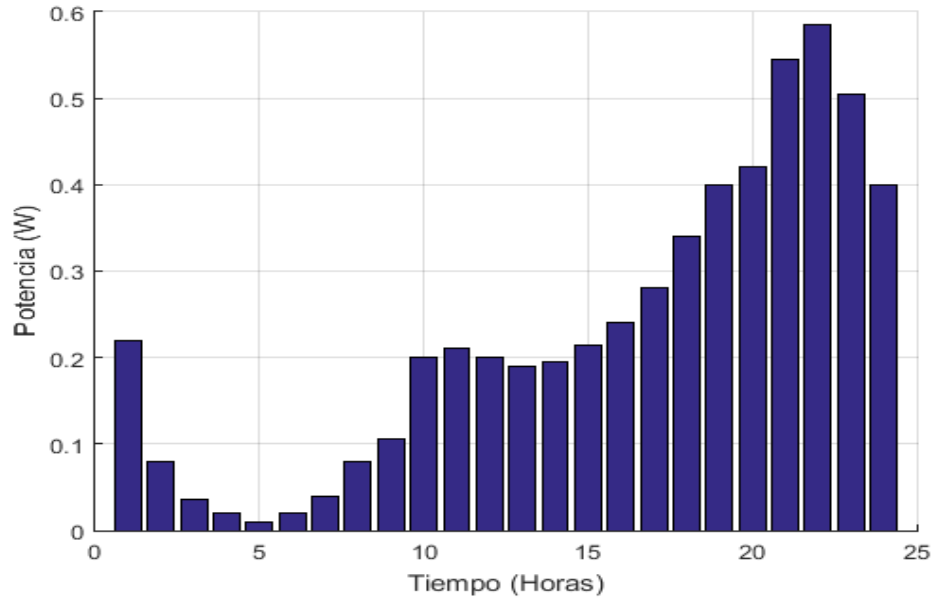


Figura 57: Modelación de los TV.

Fuente: *Autor*

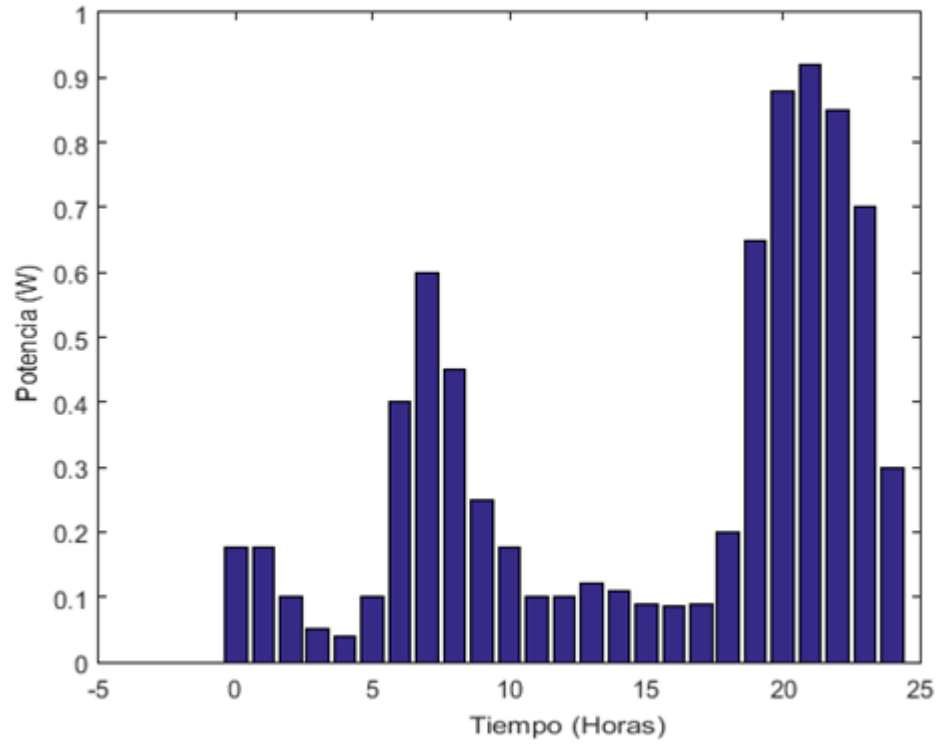


Figura 58: Modelación iluminación Interior

Fuente: *Autor*

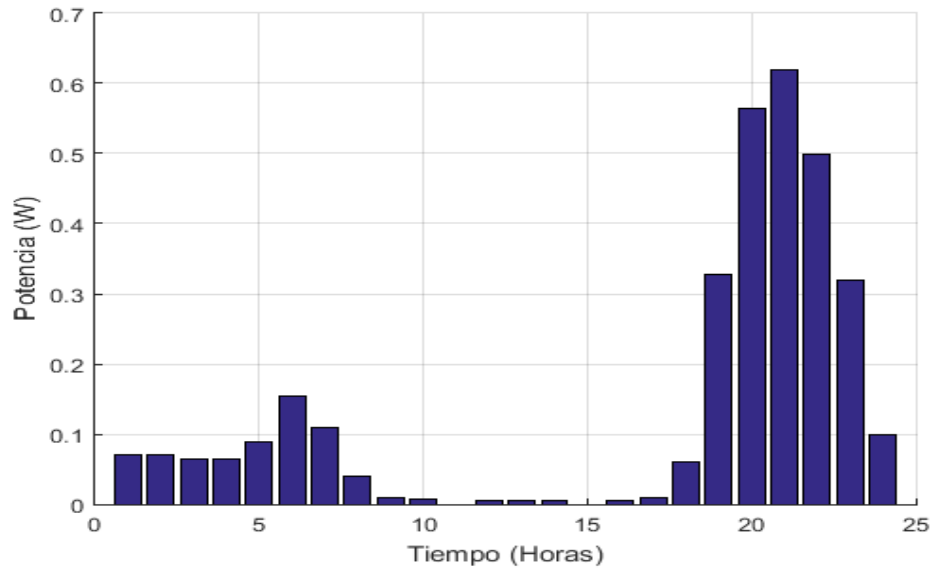


Figura 59: Modelación iluminación Exterior

Fuente: *Autor*

4.6.7 Modelación de la demanda

Para la modelación y verificación que el modelo este trabajado correctamente utilizamos un analizador de energía el cual nos permite obtener la curva de demanda de un usuario tipo con un intervalo de muestra de cada 10 minutos como se muestra en la Figura 60.

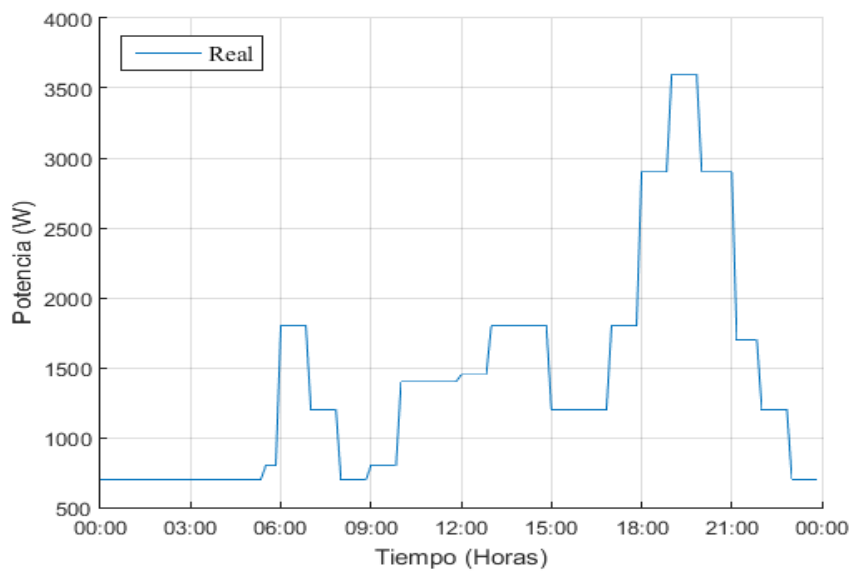


Figura 60: Demanda Usuario Tipo

Fuente: *Autor*

Para la modelación de la demanda partimos con los datos del usuario tipo:

- 5 ocupantes
- Día normal de trabajo
- 3 televisores Led
- 12 Focos
- 1 plancha
- 1 lavadora
- 1 guaflera
- 1 abrigadora
- 1 computador
- 1 secadora de cabello
- 1 equipo de sonido
- 1 micondas
- 1 Refrigeradora

Estas son las condiciones iniciales las cuales fue toma en cuenta cuando se instaló el analizador.

Una vez corrido el sistema de modelamiento de la demanda por las Cadenas de Markov y Montecarlo se obtuvo la siguiente Figura 61, donde se observa 3 picos representativos el primero en la mañana con una potencia máxima de 2000 W, al medio día con un potencia similar y un pico máximo de 4200 W en la noche lo que coincide con la demanda estipulada por los entes reguladores como el CONELEC.

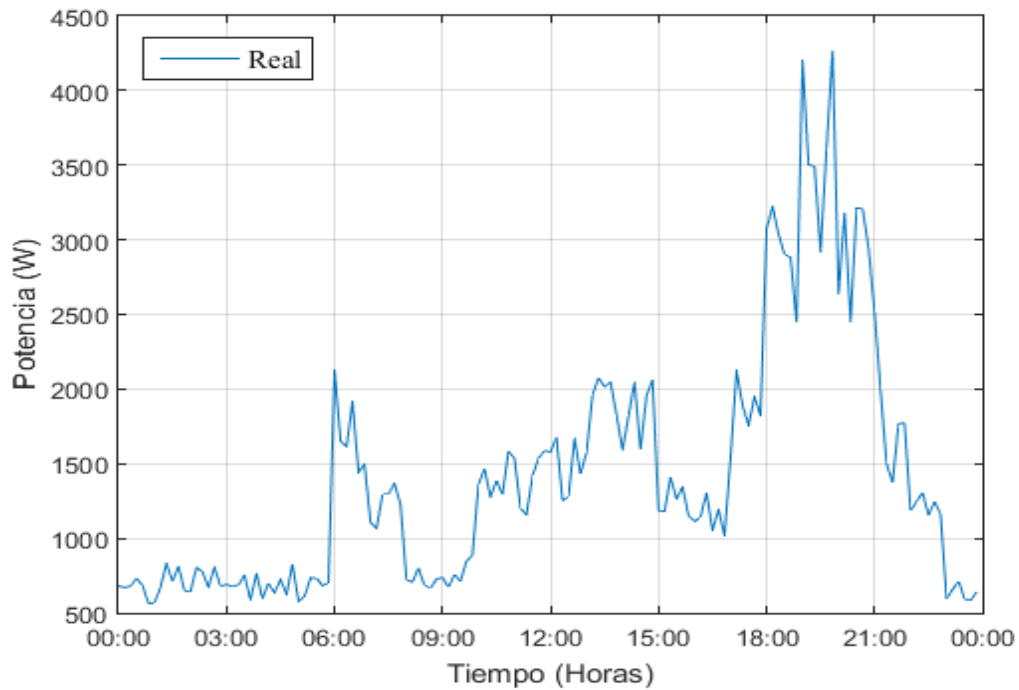


Figura 61: Modelamiento de la demanda usuario tipo

Fuente: Autor

4.7 Optimización de la energía

Para optimizar la energía consumida por el usuario tipo analizado se procede a implementar un método de optimización multiobjetivo el cual consiste en encontrar un vector de variables de decisión que satisfaga las restricciones y optimice una función vectorial cuyos elementos representen las funciones objetivo. Estas funciones forman una descripción matemática de criterios de desempeño que están usualmente en conflicto entre si. Por lo tanto, el término optimizar, significa encontrar aquella solución que daría un valor aceptable al usuario, en todas las funciones objetivo”

Es dentro de la optimización multiobjetivo que se trabaja con la optimalidad de Pareto.

4.7.1 Optimización de Pareto

Este modelo es heurístico por lo que suponemos n variables de decisión, k funciones objetivo y m restricciones de desigualdad.

Puesto que para optimizar necesitamos encontrar los parámetros necesarios que optimicen la función vectorial objetivo y que satisfagan las restricciones de desigualdad, a continuación damos algunas definiciones que nos ayudaran:

Conjunto factible. El conjunto factible S está definido como el conjunto de vectores de decisión x que satisfacen las restricciones de desigualdad g_1 y g_2 . Es de mencionar que la imagen de S en el espacio de las funciones objetivo está definido por $Z = F(S)$.

Dominancia de Pareto. Para 2 vectores de decisión $x^*, y^* \in X$, y un problema de minimización tenemos que:

$$x^* < y^* \tag{4.1}$$

$$x^* = y^* : \text{Donde } x^* \text{ Domina } y^* \tag{4.2}$$

$$\text{ssi } f_i(x^*) < f_i(y^*) \tag{4.3}$$

Para toda $i = 1, \dots, k$

$$x^* < y^* \tag{4.4}$$

$$x^* \leq y^* : \text{Donde } x^* \text{ Domina debilmente } y^* \tag{4.5}$$

$$\text{ssi } f_i(x^*) \leq f_i(y^*) \tag{4.6}$$

Para toda $I= 1, \dots, k$

Es de notar que la dominancia se da en el espacio de las variables de decisión, la comparación se da en el resultado de la evaluación de las funciones objetivo

Optimización de Pareto. Un vector de decisión x^* es óptimo de Pareto si y solo si:

$$x^* \in S | \neg \exists y^* \in S | F(y^*) \leq F(x^*) \quad (4.7)$$

Es decir: “Un vector de decisión x^* que es miembro del conjunto factible S es óptimo de Pareto si no existe otro vector de decisión y^* que pertenezca a S y que lo domine”.

Conjunto óptimo de Pareto. El conjunto de óptimos de Pareto P^* está definido como:

$$P^* = \{x^* \in S | \neg \exists y^* \in S | F(y^*) \leq F(x^*)\} \quad (4.8)$$

El óptimo de Pareto se encuentra en el espacio de las variables de decisión.

Frente de Pareto. Para un problema de optimización multiobjetivo $F(x)$ y un conjunto de Pareto P^* , el frente de Pareto FP se define como:

$$P^* = \{x^* \in S | \neg \exists y^* \in S | F(y^*) \leq F(x^*)\} \quad (4.9)$$

Dadas las definiciones anteriores, en especial el concepto de dominancia de Pareto, podemos darnos cuenta que en sí, al final, con el Frente de Pareto estamos encontrando el conjunto de vectores que satisfacen las restricciones dadas (pertenecen al conjunto factible), pero que además son no dominados (en cuanto a la operación de minimizar), por lo que son los valores de mínimo valor en las funciones objetivo.

4.7.2 Optimización de la energía mediante Pareto

En el capítulo III se analizó las posibles causas mediante el diagrama de Pareto la cual determinaba que se podría que al actuar sobre las iluminaciones y los televisores se obtendría la optimización deseada sin cambiar el confort de los usuarios.

En la Figura 62 se presenta el flujograma de optimización mediante el método de multivariados con Pareto, iniciamos del modelamiento de la demanda por medio de MonteCarlo y Markov, una vez obtenida la curva de demanda se ingresa las variables a

optimizar: focos y TV, se analiza en el intervalo del tiempo de 24 horas cada 10 minutos los cuales determina como utilizar las cargas,

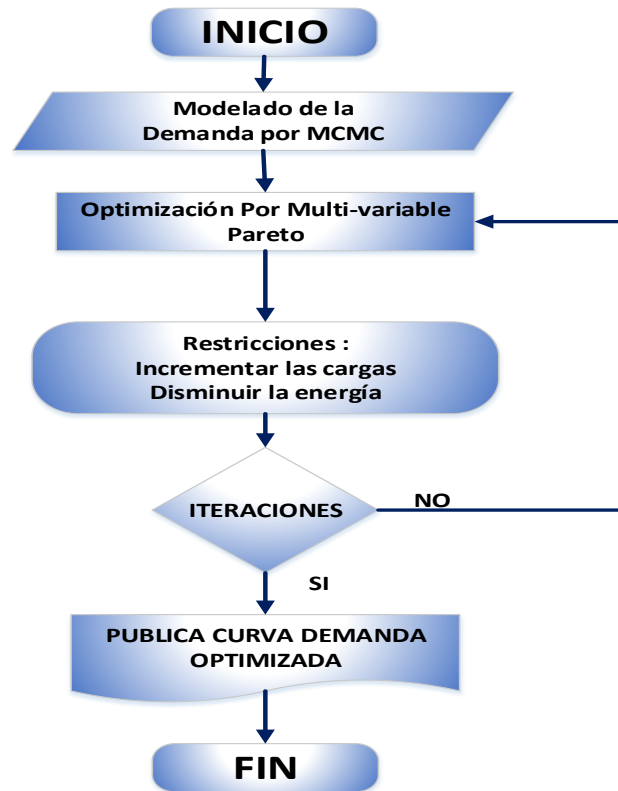


Figura 62: Proceso de Optimización por Pareto

Fuente: Autor

Para optimizar se procede de la siguiente manera como se muestra en la Tabla 10:

Determinó un conjunto de puntos P en R2 delimitador

De este conjunto de puntos P seleccionamos aquellos que cumplen las restricciones en un arreglo Q.

Cada elemento de Q es comparado con el resto de la población (mediante dominancia de Pareto) y si no encontramos un elemento que lo domine, entonces este pertenece al frente de Pareto y es guardado en un arreglo de salida.

Finalmente graficamos los puntos del arreglo de salida.

Tabla 12: Seudocódigo Optimización Pareto

Seudocódigo Optimización Pareto	
1:	Entradas: Demanda del usuario P, delimitador R, Restricciones Q
2:	Salidas: Demanda y optimizada por Pareto
3:	Inicio
4:	Llamado Función de Markov y MonteCarlo Optimización de multiples variables
5:	For i = 0: 144 Valores que ingresan para la optimización weight = [t,1-t]; [x(r+1,:),f(r+1,:)] = fgoalattain(fun,x0,goal,weight,... [],[],[],[],[],[],options); Grafica de optimización
6:	Plot (t,1-t); Retorna al inicio
	END

Fuente: Autor

4.7.3 Resultados obtenidos.

Con la utilización del programa “Pareto” en MATLAB se obtuvieron los siguientes resultados:

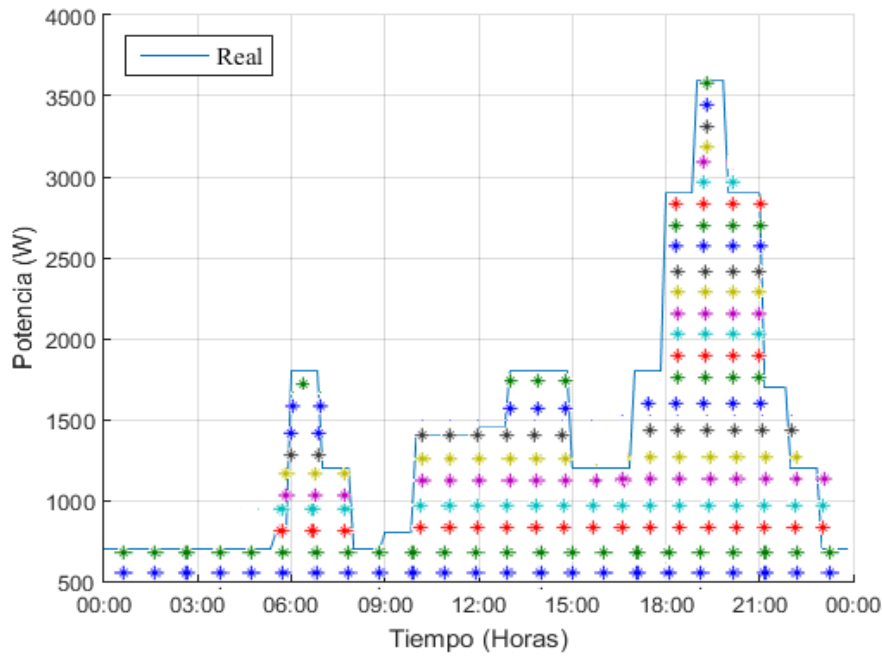


Figura 63: Población para la optimización

Fuente: Autor

Figura 63. Presenta la población, que es un conjunto de puntos totales en el espacio de las variables de decisión, siendo esta la Demanda de energía del usuario tipo. Los puntos representan las variables a optimizar en este caso los focos y las TV.

Figura 64 se presenta las restricciones en función de las variables a optimizar, graficando las funciones f_1 vs. f_2 en función de las variables a optimizar que son los focos y los televisores. En esta imagen podemos observar, como se van formando conjuntos de capaz de puntos, cada una de ellas conforma un “Frente de Pareto local”, se avanza hasta llegar al “Frente de Pareto global”, cada uno de estos puntos son posibles soluciones que serán evaluadas buscando cual cumple con las restricciones planteadas.

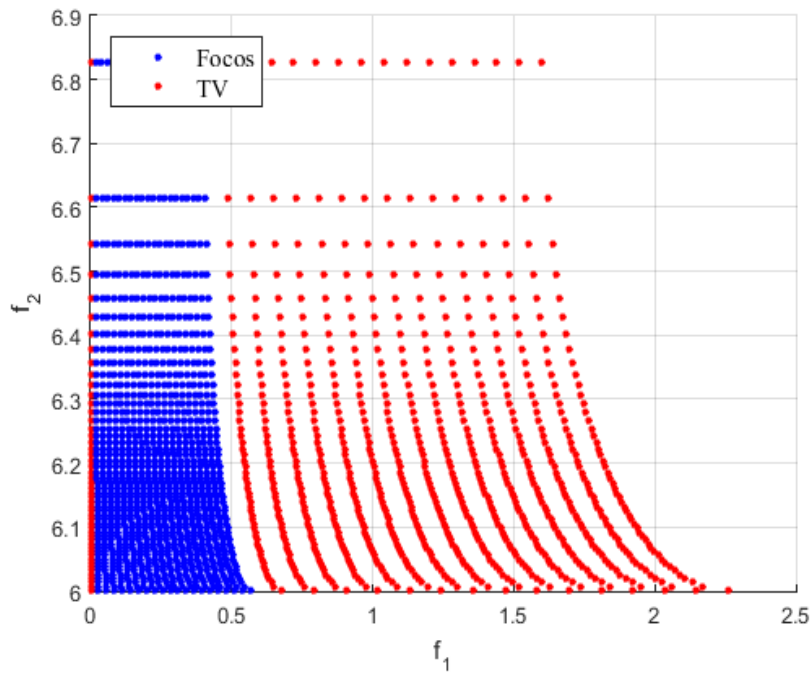


Figura 64: Restricciones de Pareto

Fuente: Autor

Figura 65 Una vez implementado y corrido la optimización se presenta los valores que cumplen con la función objetivo, es decir los valores que maximicen el números de electrodomésticos y minimice la energía.

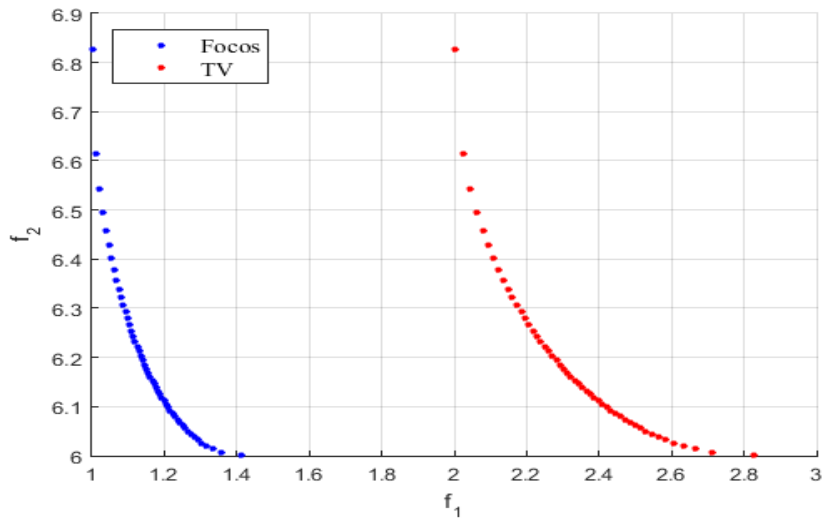


Figura 65: Optimización por Pareto

Fuente: Autor

Figura 66 se presenta los puntos que cumplen las restricciones tanto para los focos (color azul) y televisores (color rojo), estas restricciones se aplica el modelo de optimización de Pareto (color negro) y se obtiene los valores que cumplen con la optimización.

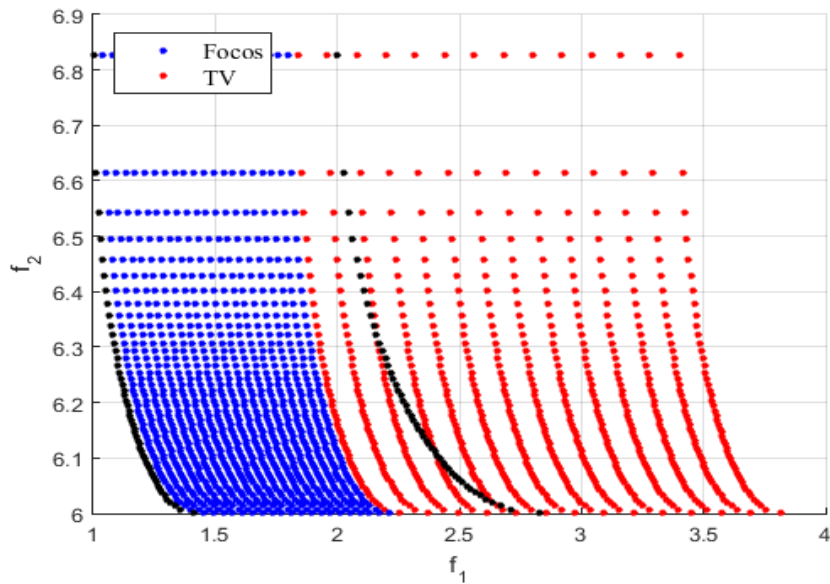


Figura 66: Valores de Optimización

Fuente: Autor

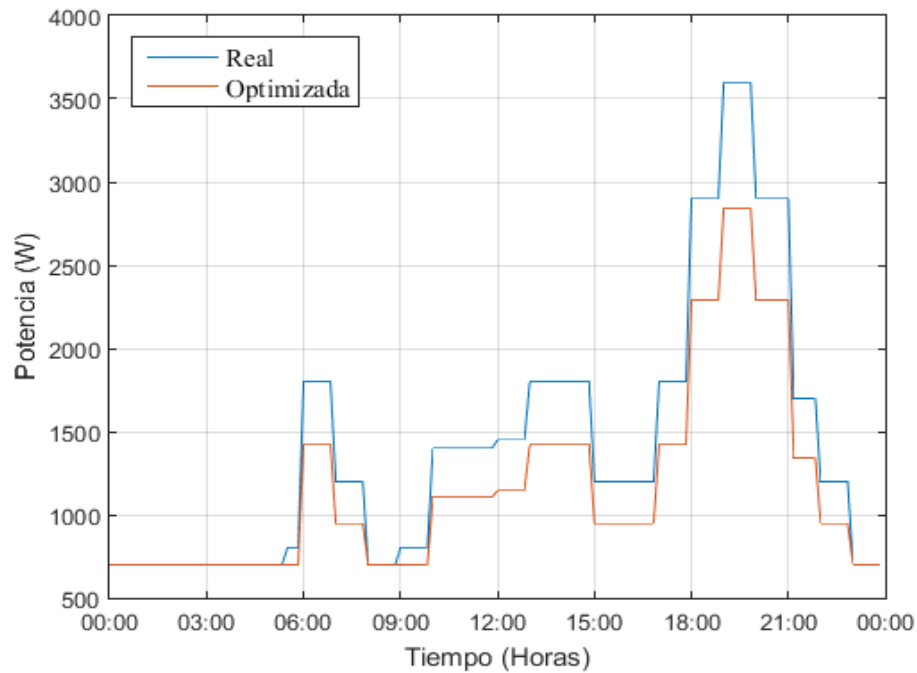


Figura 67: Resultado de la optimización

Fuente: Autor

En la Figura 67 una vez corrido el sistema multivariable de Pareto se determina el valor de optimización la cual corresponde a un 20% del valor inicial, para obtener esta gráfica se procede a correr el método de optimización para cada intervalo de tiempo determinado en esta caso 10 minutos y se grafica la respuesta de la demanda.

4.8 Simulación de los modelos en Matlab

Para verificar que el modelo esta funcionando comparamos la curva real con la modelada como se muestra en la Figura 68, se puede observar que las 2 curvas tienen un comportamiento similar, lo que implica que el modelamiento de la demanda es la adecuada, al obtener la curva de tendencia y comparamos se obtiene un valor de similitud del 99,6%, el restante es el comportamiento dinámico de la demanda del usuario Tipo.

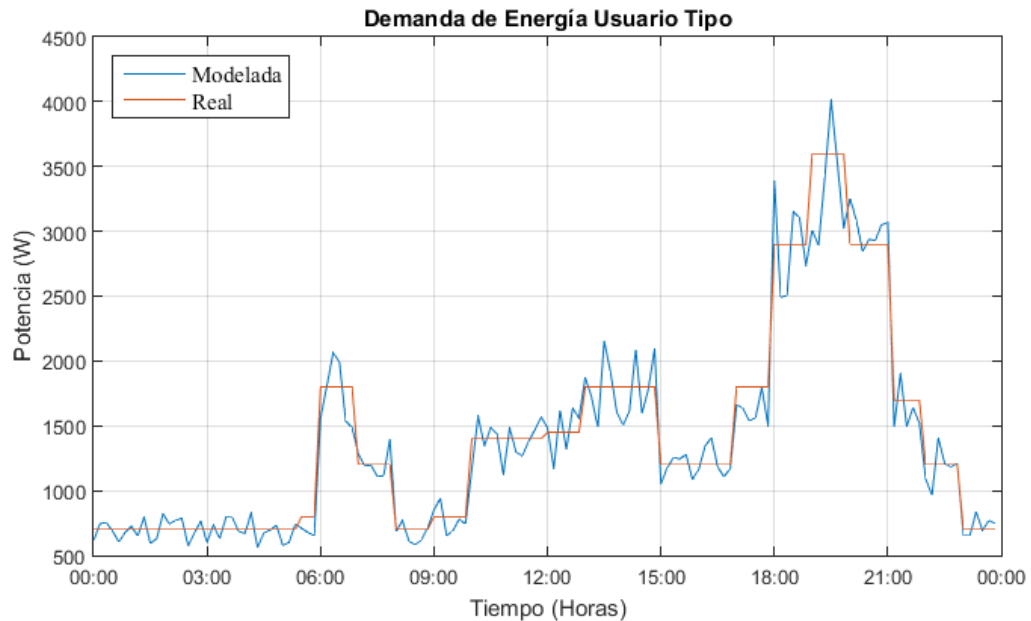


Figura 68: Comparación de las curvas de demanda real vs la modelada

Fuente: *Autor*

Optimización aplicando un sistema Scada para el control, monitoreo y registro de datos históricos de un Smart Home. El sistema Scada está basado en el software Labview y Matlab mediante las estructura Matscrip, el cual permite unir los softwares y poder ejecutarle desde Labview.

El sistema Scada comprende de varias partes entre las cuales:

- HMI
- Bases de Datos
- Modelación
- Monitoreo
- Control
- Sistema HMI

El sistema de interface Hombre – Máquina se desarrollara en Labview mediante un lenguaje de programación gráfico (lenguaje G), este lenguaje permite una programación más simple y

de fácil entendimiento lo que permite reducir horas en el desarrollo de aplicaciones que involucren adquisición, control, análisis y presentación de datos.

Mediante la utilización de las diferentes librerías que contienen el programa permitirá la adquisición, control de periféricos, análisis, procesamiento, almacenamiento de datos y comunicaciones con la cual se puede controlar remotamente los diferentes equipos.

4.9 Sistema Scada

El sistema Scada una vez ejecutado se presentará una pantalla de inicio conocida como caratula la cual permitirá mediante un acceso al sistema de control de la demanda de energía eléctrica.



Figura 69: Pantalla de Bienvenida y acceso al sistema principal

Fuente: Autor

El ingreso al sistema se realiza presionando el botón “INGRESO” con el cual se presenta una nueva pantalla la cual permite el ingreso de los usuarios con su respectiva clave de acceso como se muestra en la Figura 70

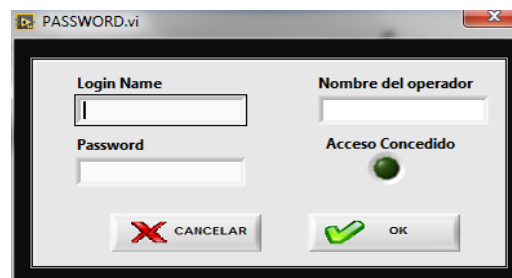


Figura 70: Pantalla de Acceso

Fuente: Autor

Una vez ingresado el usuario y la clave correcta el sistema permite pasar a la pantalla “PRINCIPAL” donde se presentará el monitoreo y control de las cargas residenciales por medio de la modelación depara el día y la optimización de acuerdo como se van activando las cargas mediante el modelo multiobjetivo de Pareto Figura 71.

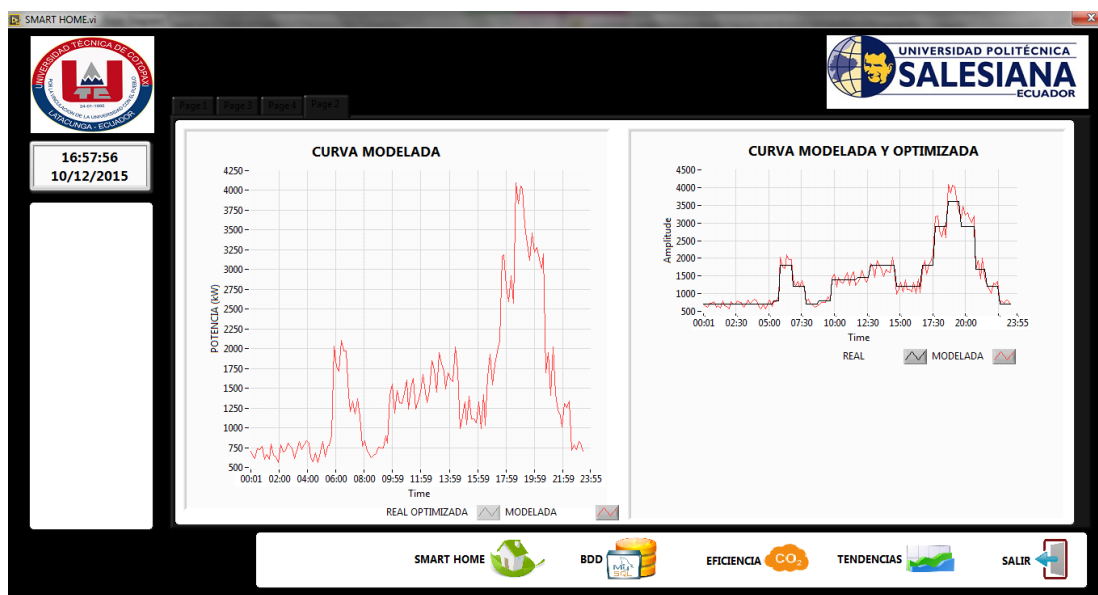


Figura 71: Pantalla de control y monitoreo de la demanda

Fuente: Autor

El sistema Scada contiene cada una de las cargas instaladas en la residencia, mediante este software y el enlace con Matlab permitirá el modelamiento y optimización, permitiendo controlar sin ningún problema, además el sistema se podrá controlar de forma manual la activación y desactivación de las cargas, mediante la utilización de una tablet Figura 72, sobre cada carga, se presenta un indicador, en cual mostrará si la carga está o no activada, a su vez constan indicadores con la imagen de la carga dinámicos los cuales cambian el color de fondo indicando al usuario si se encuentra activa o no, como se observa en la Figura 72.

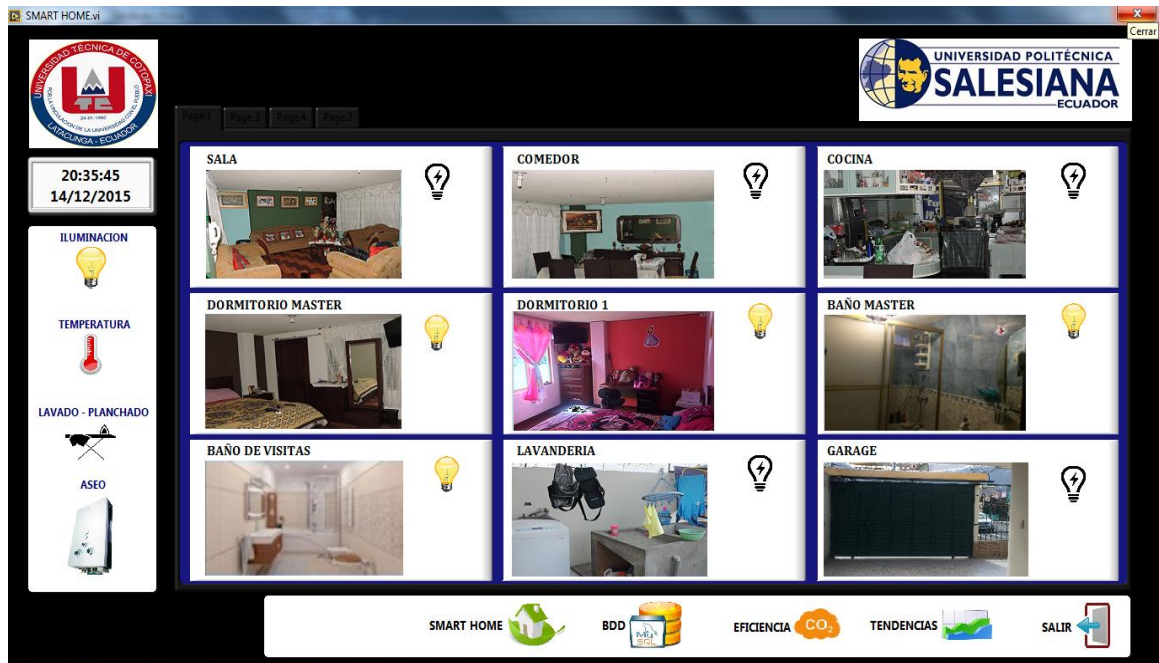


Figura 72: Tendencia de la demanda y optimización de energía

Fuente: Autor

El sistema permitirá saber la cantidad de energía ahorrada y el beneficio que se está presentado con la reducción de emisiones de CO₂, que dejamos de emitir a la atmósfera al ambiente Figura 73

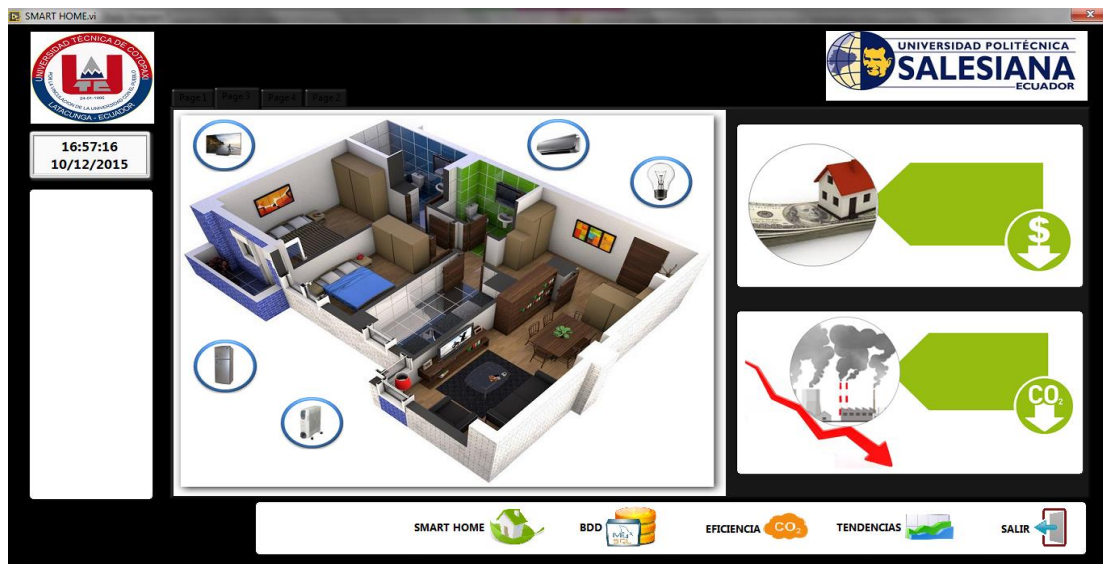


Figura 73: Indicador de ahorro y Kg de CO2 que dejamos de emitir

Fuente: Autor

El sistema se caracteriza por la activación o desactivación de las diferentes cargas, las cuales responden al modelamiento de la demanda y la optimización de la energía eléctrica, el modelo matemático fue explicado en los ítems anteriores, con una característica especial que no se variará el confort del usuario.

4.9.1 Protocolos de comunicación

El Smart Home implementado se basa en un sistema SCADA para el control de la demanda de energía eléctrica en una residencial y la utilización del protocolo Zigbee y UART como protocolos de comunicación entre los dispositivos y de software libre.

Zigbee (IEEE 802.15.4)

La Zigbee Alliance, generó un estándar de comunicaciones inalámbricas Zigbee, el cual se basa en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (Wireless Personal Area Network, WPAN). Su característica es para comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos de bajo consumo, seguro y fiable.

El estándar Zigbee está conformado por varias empresas como: Motorola, Mitsubishi y Philips, y mediante la alianza con la IEEE permiten asegurar una integración completa y operativa. Con una comunicación inalámbrica bidireccional y por medio de transmisión de la información por radio, con lo cual se amplió la utilización de estos equipos, empleándose en sistemas de automatización en edificios, hogares, control industrial.

4.9.2 Tipos de dispositivos Zigbee

De pendiendo de la topología empleada se definen tres tipos de dispositivos:

- *Coordinador (ZigbeeCoordinator, ZC)*, es quien controla la red, determinando los caminos que deben seguir los dispositivos para conectarse entre ellos, permite asignar direcciones de los equipos conectados en la red, al ser el administrador es responsable de la admisión de dispositivos.
- *Router (ZigbeeRouter, ZR)*, para incrementar la confiabilidad del sistema de comunicación se emplea este tipo de dispositivo, permitiendo extender la cobertura de la red.

- *Dispositivo Final (ZigbeeEndDevice, ZED)*, Este dispositivo son de funcionalidades reducidas empleados como elementos terminales de comunicación los cuales pueden comunicarse con el coordinador o con los routers (Dignani, 2011).

4.9.3 Topologías de redes Zigbee

La capa de red está basada en el modelo OSI, las redes que se diseñen e implementen dentro de esta capa del estándar IEEE 802.15.4 se reconfiguran automáticamente reduciendo los costos y ahorro de energía. Soporta múltiples topologías para su conexión en red, entre ellas la topología tipo estrella (Figura 1), peer-to-peer (malla, Figura 2). La topología a escoger es una elección de diseño y va a estar dado por la aplicación a la que se desee orientar.

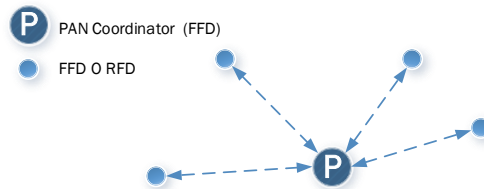


Figura 74: Topología estrella(Shahin, 2008)

Fuente: Autor

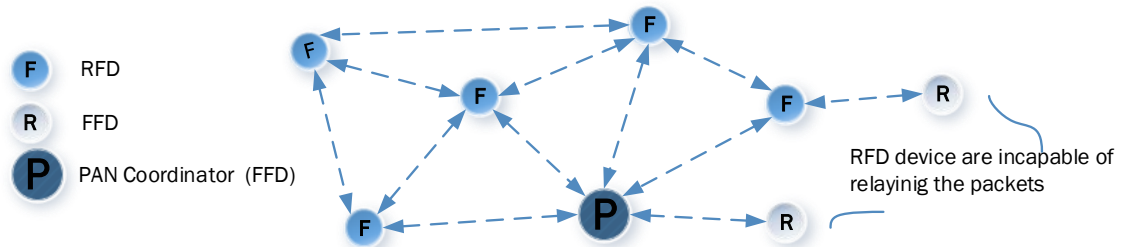


Figura 75: Topologías de redes Zigbee (Shahin, 2008)

Fuente: Autor

4.10 Evaluación económica y ambiental.

Para justificar la inversión realizada por este sistema se procede a realizar un análisis económico para evaluar las posibilidades de futuras implementaciones, evaluando el mercado y los beneficios económicos que conllevara la investigación.

Para analizar la evaluación económica se parte de los siguientes datos del usuario tipo:

Tabla 13: Datos Iniciales del Usuario

Usuario	Energía Consumida	Pago de energía
Usuario Tipo	150kWh	\$30

Fuente: Autor

Para poder realizar la optimización de energía es necesario la utilización de equipos con los cuales se pueda controlar las diferentes cargas, ha estos se les conoce como un Smart Home.

El Smart Home implementado se basa en tarjetas electrónicas de control arduino y sistemas de comunicación inalámbricas como Zigbee, y un sistema Scada de control y monitoreo, el cual se encuentra instalado el sistema de optimización,

La inversión que se generó para la optimización de la energía implementado en el usuario tipo

Tabla 14: Valor del Sistema Smart Home

ACTIVOS FIJOS				
EQUIPOS				
ITEMS	DETALLES	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
1	Tarjeta de comunicación Xbee (Zigbee)	9	35	314
2	Tarjeta Arduino micro	8	7	56
3	Sheld de relee	8	5	40
4	Fuente de 5VDC	8	5	40
5	Base de comunicación Usb para Xbee	1	30	30
				480
MATERIALES e INSTALACIÓN				
6	Cables y Bases para las tarjetas	1	10	10
7	Instalación	8	5	40
		TOTAL		530

Fuente: Autor.

El valor actual neto es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos quedaría alguna ganancia el resultado tiene que salir positivo.

La tasa interna de retorno de una inversión o proyecto es una tasa efectiva anual compuesto de retorno o tasa de descuento que hace que el valor actual neto de todos los flujos de efectivo (tanto positivo como negativos) de una determinada inversión igual a cero”.(Hidalgo, 2013)

Mediante los datos obtenidos Tabla 14 se calcula la tasa interna de retorno (TIR), y el valor actual neto (VAN), para obtener analizar si el proyecto es favorable o no, para esto se utilizara las siguientes ecuaciones:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (4.10)$$

Donde:

V_t= Flujo de caja en años determinados.

I₀=Inversión inicial.

n=Número de años considerados.

k=Tasa de interés o descuento.

Aplicando la fórmula de VAN se obtiene:

$$VAN = \sum_{t=1}^{10} \frac{540}{(1+5,15)^t} - 530$$

$$VAN = 362$$

4.10.1 TIR y VAN

$$TIR = \sum_{t=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0 \quad (4.11)$$

Donde:

F_n=Flujo de fondos.

i=Periodo.

n=Vida útil del proyecto.

$$TIR = \sum_{t=0}^{10} \frac{60}{(1 + 9)^{10}}$$

$$TIR = -14\%$$

Aplicado las formulas podemos del VAN y TIR muestran que el proyecto tiene un periodo de 10 años de recuperación de la inversión Figura 76, siendo que la inversión es un valor pequeño de inversión con respecto a sistemas de Smart Home comerciales la implementación es factible.



Figura 76: Tiempo de recuperación de inversión

Fuente: Autor.

Analizando la gráfica determinamos que el TIR es negativa con un valor de -14% y el VAN es positivo con un valor de 362, el sistema no es una inversión factible por su largo periodo de recuperación, este caso se presenta para nuestro País puesto que no se tiene un mercado eléctrico y el valor de la energía es constante para cualquier hora del día, caso contrario no sucede en Europa donde si existe un mercado minorista de energía.

$$VAN = 362 \tag{4.12}$$

$$TIR = -14\%$$

4.10.2 Impacto social y ambiental.

El impacto social se presenta al ser un proyecto que permite favorecer a la naturaleza puesto que al disminuir el consumo de energía manteniendo el confort de los usuarios, el sector eléctrico necesitará pronosticar la potencia necesaria para abastecer sin incorporar centrales de generación térmicas las cuales son muy perjudiciales para el planeta por su alta emisión de CO₂ al ambiente.

El impacto ambiental que se presenta en la disminución de energía consumida en horas pico de demanda y en horas en valle de la curva de demanda con una energía no consumida de 30 kWh, por lo que el Sistema Nacional Interconectado no debe no necesita ingresar a la red energía proveniente de fuentes no renovables, teniendo como resultado un ahorro para el país puesto que la generación no convencional en especial la térmica es la de mayor valor por kilovatio hora y como resultado final y lo más importante es la reduciendo en 19,5 Kg de CO₂, su impacto será mayor dependiendo del número de usuarios que utilicen el sistema.

Si se analiza en un barrio se puede determinar cómo es el Caso del barrio La Kennedy el cual posee 10000 usuarios con un ahorro de 30 kWh esto representa una Energía no consumida de 30 MW, esto implica que la central de generación térmica Gualberto Pérez perteneciente a la empresa Eléctrica Quito no aportaría energía, evitando la producción de 19500 Kg de CO₂ que contaminaría el ambiente.

4.11 Comprobación de la hipótesis

La hipótesis planteada es:

La caracterización y modelación de la demanda eléctrica en un Smart Home permitirá optimizar el consumo de energía eléctrica, que garantice resultados energéticamente eficientes en el sector residencial de Quito, Barrio La Kennedy.

La caracterización y modelación de la demanda se realizó mediante los métodos de las cadenas de Markov y MonteCarlo el cual tiene una similitud con la curva de demanda de un usuario tipo como se muestra en la Figura 77

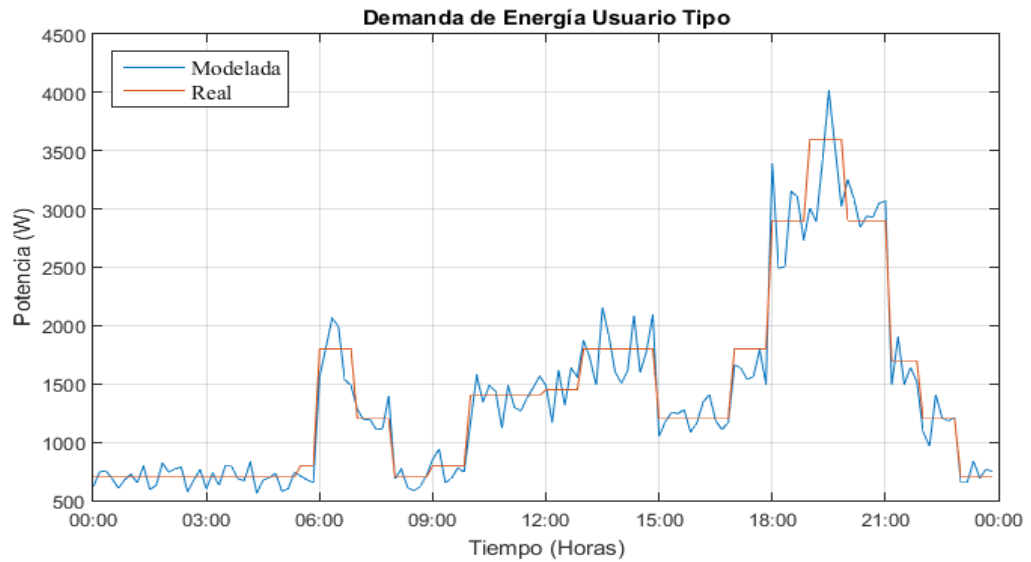


Figura 77: Curva de Demanda Modelada y Real

Fuente: Autor

La optimización del consumo de energía se realiza por medio del método de multiobjetivo de Pareto con el cual se puede determinar dinámicamente y por anticipado el consumo de energía la cual se presenta en ahorro del 20% superando lo planteado en la hipótesis como se muestra en la Figura 77

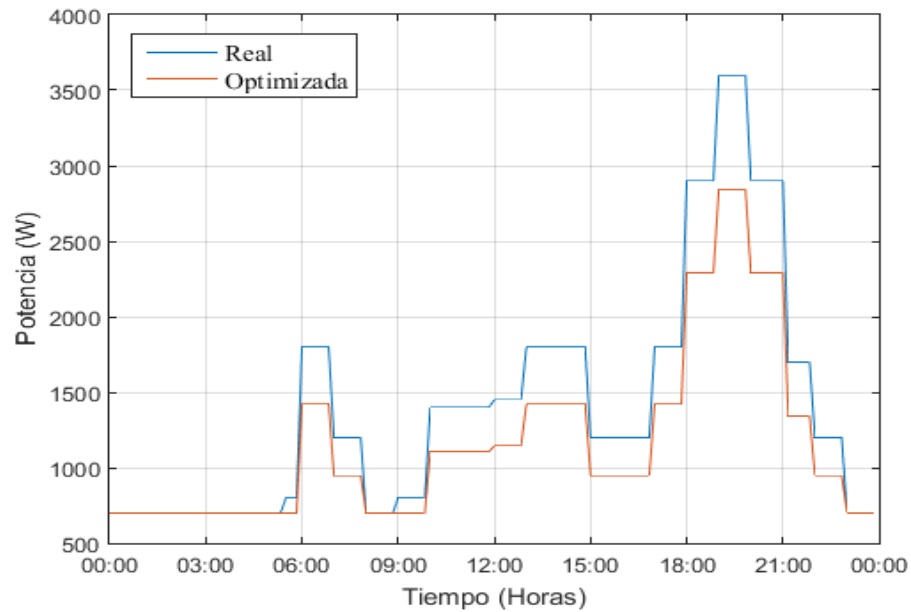


Figura 78: Demanda Optimizada

Fuente: Autor

4.11.1 Validación del sistema

Para verificar el correcto funcionamiento del sistema de modelación se analizó en dos intervalos de tiempo en la mañana y en la tarde.

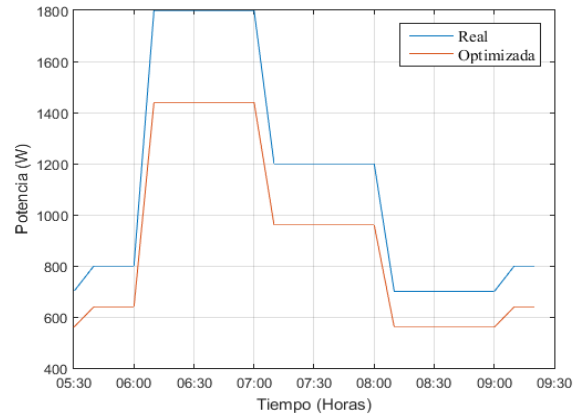


Figura 79: Prueba de optimización en la mañana (pico)

Fuente: Autor

Como se puede observar en la Figura 79, al aplicar el sistema de optimización en el intervalo de tiempo desde las 5:30 de la mañana hasta las 9:30 se logra reducir el consumo de energía en un 23% y se maximiza los equipos energizados, siendo este intervalo de tiempo donde los usuarios se preparan para salir a realizar sus actividades cotidianas, lo que representa un desperdicio de energía ya que dejan encendidos los focos y no están en las habitaciones, el sistema lo que realiza es el manejo correcto de la iluminación determinando el ahorro indicado.

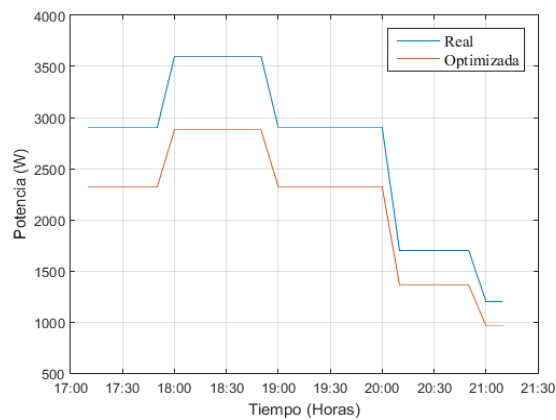


Figura 80: Prueba de optimización por la noche (Pico)

Fuente: Autor

En la Figura 80 se puede determinar que el sistema de optimización por medio de multiobjetivos de Pareto se logra reducir el consumo de energía en el horario de 17:00 hasta las 21:30, siendo el horario con mayor conflicto puesto que la utilización de los electrodomésticos, iluminación son con mayor frecuencia, el sistema determina la cantidad de focos a encenderse y se presenta un ahorro del 18% de energía, conforme se va acercando a las 22:00 el ahorro de energía es menor puesto que los usuarios de la casa van a descansar, esto se logra dando pesos de forma heurística.

Mediante la implementación de este sistema de modelación y optimización se logró demostrar la hipótesis cumpliendo con el doble de lo planteado, es decir se obtuvo un 20% de ahorro de energía a lo largo del día, se terminó que el sistema funciona mejor en los intervalos más pequeños de tiempos puesto que las funciones son más cerna a la realidad.

CONCLUSIONES GENERALES

- Las ciudades inteligentes y las redes inteligentes necesitan de sistemas de modelación de la Demanda y como parte más importante la optimización la cual determina la respuesta de la demanda a los diferentes cambios que se presenta en la actualidad, mediante el análisis del estado del arte de estos modelos de respuesta se determina que el camino más idóneo para la optimización de la energía es un sistema multiobjetivo donde se analiza la curva de demanda donde se minimiza el costo de pago de la energía y se máxima la cantidad de equipos energizados y utilizados.
- El diagnóstico de la demanda de energía en usuarios residenciales se basó en las encuesta realizada en el barrio La Kennedy con una muestra de 400 encuestados, la cual después de ser depurada mediante un software SPSS el cual es un programa estadístico, permitió depurar los diferentes datos erróneos que se presentaron, Una vez los datos tratados se procedió a la tabulación los cuales permitió determinar las costumbres de consumo de los usuarios residenciales obtenido la caracterización de la demanda de energía.
- El problema de la caracterización de la demanda de energía eléctrica residencial se basa por la característica de consumo de los usuarios siendo esta dinámica y no constante entre los día, para lo cual el método de las Cadenas Markov y Montecarlo, este método al ser aleatorio y dependiendo del estado anterior se acopla al comportamiento de la demanda, con la cual se obtuvo una similitud del 99,6%, basado en la sumatoria de las modelaciones de los diferentes escenarios como: cocción, TV, iluminación, aseo entre otros.
- La optimización de la energía hoy en día juega un rol muy importante por lo que esta investigación resuelve este problema mediante la aplicación del método de optimización multiobjetivo de Patero obteniendo el 20% de ahorro de energía, se podría haber obtenido un mayor ahorro pero se analizó por Pareto (20 – 80) cuales de las cargas (electrodomésticos) son los más representativos siendo los focos y las Televisores el objeto de optimización de su consumo sin variar el confort del usuario.

- Las cargas como refrigeración, cocina, microondas, radios, entre otras no se analizaron la optimización puesto que su incidencia en la frecuencia de uso es bajo, pero si se analizará se tendría un mayor ahorro de energía.
- Para poder determinar si la energía consumida se logra optimizar se implementó un sistema Scada basado con el software Labview, el cual por medio de los Matscrip se enlaza con Matlab generando la curva de demanda modelada y sobre la cual se procede a la optimización, entregando los datos para el control de las cargas, las cuales al activarse el sistema verifica la demanda actual de energía contrasta con el modelado y procede a optimizar determinando si se activa o no la carga, toda la información se almacena en una base de datos los cuales con una minería de datos se podrá generar una curva de demanda con una mayor precisión, además el usuario podrá activar y desactivar sus cargas a gusto y satisfacción ya que el confort nunca se varia.
- Este trabajo es la base para futuras investigaciones como la aplicación de las cocinas de inducción puesto que se analiza muy rápidamente, la implementación de generación distribuida con la cual se podrá tener un mayor beneficio como usuarios finales y como también las distribuidoras disminuyendo las perdidas negras en el sistema de distribución logra tener una mayor eficiencia.

RECOMENDACIONES

- Para obtener una mejor muestra se recomienda que los encuestadores posean un conocimiento previo de las características de los diferentes electrodomésticos, el ingreso de los datos deben ser los correctos en el sistema para ser validados y posteriormente analizados, puesto que si se equivocan el software los eliminará y en otros casos les arreglará.
- Para obtener una correcta simulación de la demanda de energía es necesario tener una data estadística con la menor cantidad de errores, puesto Las Cadenas de Markov y Montecarlo necesitan de esta información para poder modelar la demanda, se recomienda cerrar el intervalo entre 0,5 a 1,5 para que Montecarlo genera los randómicos y se pueda determinar con mayor exactitud la curva.
- Para que la optimización sea correcta se recomienda que las funciones objetivos sean continuas en el tiempo, además analizar y optimizar todas las cargas de un Smart Home dándole pesos dependiendo su importancia. Los sistemas Smart Home se caracterice las cargas en desconéctales y no desconectarles con la cual se pueda analizar y obtener un mayor ahorro de energía.
- El sistema Scada a implementar para tener un correcto funcionamiento verificar el canal de comunicaciones de los equipos Zigbee, el cual no se cruce con el canal de WIFI de la casa.
- Analizar los armónicos y resolver para eliminar perdidas, puesto que la utilización de focos ahorradores generan un nivel alto y contaminan la red.

REFERENCIAS

- A.G., A. C. (2015). Eficiencia Energética la mejor energía. Retrieved from <http://www.anescochile.cl/eficiencia-energetica-en-el-mundo/>
- Albornoz, E., & MEER. (2012). PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN 2012-2021, 448.
- Ali, S. M., Mehmood, C. A., Jawad, M., & Nasim, R. (2014). Intelligent Energy Management Scheme for Home Area Networks using Fair Emergency Demand Response Programs in Smart Grids, 190–196.
- Analysis, T., Networks, N., Methods, S., Stock, B., & Market, E. (n.d.). Stock Market Analysis - Strongest Performing Stocks Influence on an Evolutionary Market.
- Antunes, P., Costa, C. J., & Dias, J. F. (2001). Applying Genre Analysis to EMS Design : The Example of a Small Accounting Firm, 74–81.
- Arian, M., Soleimani, V., & Abasgholi, B. (2011). Advanced Metering Infrastructure System Architecture, (figure 2).
- Ariza Ramírez, A. M. (2013). Métodos Utilizados Para El Pronóstico De Demanda De Energía Eléctrica En Sistemas De Distribución, 145.
- Asad, O., Erol-kantarci, M., & Mouftah, H. (2011). Sensor Network Web Services for Demand-Side Energy Management Applications in the Smart Grid, 1176–1180.
- B. J. Johnson, M., Starke, R., Abdelaziz, O. a., Jackson, R. K., & Tolbert, L. M. (2014). A MATLAB based occupant driven dynamic model for predicting residential power demand. *014 IEEE PES T&D Conf. Expo.*, 1–5.
- Babbitt, R. (2006). Information Privacy Management in Smart Home Environments: Modeling, Verification, and Implementation. *30th Annual International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC'06)*, 344–346. <http://doi.org/10.1109/COMPSAC.2006.134>
- Barker, S., Kalra, S., Irwin, D., & Shenoy, P. (2013). Empirical characterization and modeling of electrical loads in smart homes. *2013 International Green Computing Conference Proceedings*, 1–10. <http://doi.org/10.1109/IGCC.2013.6604512>
- Bayas, L., Jaramillo, M., Betancourt, E., & Reinoso, P. (n.d.). La tarifa horaria en el Ecuador como incentivo de eficiencia energética.
- Bingliang, Z., Yutian, S., Bingqiang, L., & Jianxiang, L. (2012). A modeling method for the power demand of electric vehicles based on Monte Carlo simulation. *In Power and Energy Engineering Conference (APPEEC)*, 1–5.
- Bowerman, B. L., K., B. B. L., B., O. A., & Richard, T. (2007). . Pronósticos, series de tiempo y regresión: un enfoque aplicado/. *Forecasting, Time Series, and Regression: An Applied Approach*, 345–347.
- Bozchalui, M. C., Hashmi, S. A., & Member, S. (2012). Smart Grids, *3*(4), 1755–1766.
- Chan, S. C., Tsui, K. M., Wu, H. C., Hou, Y., Wu, Y., & Wu, F. F. (2012). Methodologies and challenges], (SEPTEMBER), 68–85.

- Chavan, D. (2013). Effect of vertical winds hear on flicker in wind farm, 203–208.
- Chen, Z., Member, S., Wu, L., & Fu, Y. (2012). Real-Time Price-Based Demand Response Management for Residential Appliances via Stochastic Optimization and Robust Optimization, 3(4), 1822–1831.
- Choi, I., & Lee, J. (2010). Development of Smart Controller with Demand Response for AMI connection, 752–755.
- Choi, I., & Lee, J. (2011). Implementation and Evaluation of the Apparatus for Intelligent Energy Management to Apply to the Smart Grid at Home.
- Collin, a. J., Hernando-Gil, I., Acosta, J. L., & Djokic, S. Z. (2011). An 11 kV steady state residential aggregate load model. Part 1: Aggregation methodology. *2011 IEEE Trondheim PowerTech*, 1–8. <http://doi.org/10.1109/PTC.2011.6019381>
- Collin, A. J., Tsagarakis, G., Member, S., & Kiprakis, A. E. (2014). Development of Low-Voltage Load Models for the Residential Load Sector, 29(5), 2180–2188.
- CONELEC. (2013). Aspectos de sustentabilidad y sostenibilidad social y ambiental.
- CONELEC. (2014). Regulación No CONELEC 004_14 Planilla Elèctrica.pdf.
- Conference, I., & Stockholm, E. D. (2013). Applying Fuzzy Techniques to Model Customer Comfort in a Smart, (1164), 10–13.
- Contadores multifunción de energía eléctrica. (n.d.).
- Corradi, O., Member, A., Ochsenfeld, H., Madsen, H., & Pinson, P. (2013). Controlling Electricity Consumption by Forecasting its Response to Varying Prices, 28(1), 421–429.
- Correction, P., Anderson, J., Member, G. S., Sadhanala, A., & Cox, R. (2012). Using Smart Meters for Load Monitoring and Active, 4872–4876.
- Craemer, K. De, & Deconinck, G. (n.d.). Analysis of State-of-the-art Smart Metering Communication Standards, 1–6.
- Cultura, A., & Ziyad, S. (2012). Dynamic Response of a Skystream Wind Turbine to a Wind gust, 1061–1066.
- Demand, E. E. (2014). COMPARISON OF STATISTICAL FORECASTING TECHNIQUES FOR ELECTRICAL ENERGY DEMAND, (C), 19–31.
- Diagonal, A., Urgell, C., Energia, W., & Roig, M. (2012). AN OPTIMIZATION MODEL FOR THE MANAGEMENT OF ENERGY SUPPLY AND DEMAND IN SMART GRIDS Chemical Engineering Department , Universitat Politècnica de Catalunya ., 368–373.
- Electr, I., Electromagn, C., El, I., & Keywords, N. A. R. (2012). basado en análisis Wavelet y un modelo neuronal auto-regresivo no lineal NAR, 16, 86–99.
- Elizabeth, F. Q., Zhao, C., & Low, S. H. (2012). 2012 American Control Conference Frequency-Based Load Control in Power Systems, 4423–4430.
- Empresa Eléctrica Quito S.A. (2014). NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN. Gestión. (2014). Concepto smart-house se impone como nueva tendencia en el mercado

- inmobiliario. Retrieved from <http://gestion.pe/inmobiliaria/concepto-smart-house-se-impone-como-nueva-tendencia-mercado-inmobiliario-2120616#comentarios>
- Gönen, T. (1986). Electric power distribution system engineering.
- Guo, Z., Wang, Z. J., Member, S., & Kashani, A. (2014). Home Appliance Load Modeling From Aggregated Smart Meter Data, 1–9.
- H O M E A R E A N E T W O R K T E C H N O L O G Y A S S E S S M E N T F O R D E M A N D. (n.d.).
- Hidalgo, O. I. O. (2013). *PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MICROCENTRALES ELÉCTRICAS UTILIZANDO PANELES FOTOVOLTAICOS*.
- Hubert, T., & Grijalva, S. (2011). Realizing smart grid benefits requires energy optimization algorithms at residential level. *Isgt 2011*, 1–8. <http://doi.org/10.1109/ISGT.2011.5759175>
- Husen, S. A., Pandharipande, A., Tolhuizen, L., Wang, Y., & Zhao, M. (2011). Lighting Systems Control for Demand Response.
- Ieee, P. F., Cataliotti, A., & Cosentino, V. (2010). Disturbing Load Detection in Three-Wire and Four-Wire Systems Based on Novel Nonactive, *59(5)*, 1082–1090.
- Johnson, . J., Starke, M. R., Abdelaziz, O. a., Jackson, R. K., & Tolbert, L. M. (2014). A method for modeling household occupant behavior to simulate residential energy consumption. *Isgt 2014*, 1–5.
- Johnson, B. J., Starke, M. R., Abdelaziz, O. a., Jackson, R. K., & Tolbert, L. M. (2014a). A MATLAB based occupant driven dynamic model for predicting residential power demand. *2014 IEEE PES T&D Conference and Exposition*, 1–5. <http://doi.org/10.1109/TDC.2014.6863381>
- Johnson, B. J., Starke, M. R., Abdelaziz, O. a., Jackson, R. K., & Tolbert, L. M. (2014b). A method for modeling household occupant behavior to simulate residential energy consumption. *Isgt 2014*, 1–5. <http://doi.org/10.1109/ISGT.2014.6816483>
- Jung, N., Yang, I., & Park, S. (2011). A Design of AMI Protocols for Two Way Communication in K-AMI, 1011–1016.
- Kounev, V. (2013). Advanced Metering and Demand Response Communication Performance in Zigbee based HANs, 31–36.
- Kumaraguruparan, N., Sivaramakrishnan, H., & Sapatnekar, S. S. (2011). Residential Task Scheduling Under Dynamic Pricing Using the Multiple Knapsack Method.
- Lucia, O., Maussion, P., Dede, E. J., & Burdio, J. M. (2014). Induction heating technology and its applications: past developments. *Current Technology, and Future Challenges. Industrial Electronics, IEEE Transactions on*, *61*, 2509–2520.
- Luh, P. B., Michel, L. D., Friedland, P., Guan, C., & Member, S. (2010). Load Forecasting and Demand Response, 1–3.
- MEER. (n.d.). EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL.
- MEER. (2015). EFICIENCIA ENERGÉTICA.
- Meliones, A., & Giannakis, D. (2013). Visual programming of an interactive smart home

- application using LabVIEW. *2013 11th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, 655–660. <http://doi.org/10.1109/INDIN.2013.6622961>
- Mohtavipour, S. S., Member, S., Yousefi, G. R., & Fallahi, F. (2011). Diverse Demand Side Portfolio : Another Step towards Smart Grids, 1–8.
- Molitor, C., Cali, D., Streblow, R., Ponci, F., Member, S., Müller, D., & Monti, A. (2011). New Energy Concepts and Related Information Technologies : Dual Demand Side Management, 1–6.
- Mukhopadhyay, P. (2014). Approach to make Smart Grid a Reality, 77–82.
- Multiple regression model for fast prediction of the heating energy demand. (n.d.).
- Pipattanasomporn, M., Kuzlu, M., & Rahman, S. (2011). Demand Response Implementation in a Home Area Network : A Conceptual Hardware Architecture, 1–8.
- Poveda, M. (2007). EFICIENCIA ENERGÉTICA : RECURSO NO.
- Ramos, A. (n.d.). Modelos matemáticos de optimización.
- Regulación Autogeneradores 001_14.pdf. (n.d.).
- Sajjad, I., Chicco, G., Aziz, M., & Rasool, A. (2014). Potential of residential demand flexibility-Italian scenario. *N Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD)*, 1–6.
- Schonek, J. (2010). Cuaderno Técnico nº 214 Eficiencia energética : Ventajas del.
- Segura, X., Dávila, S., & CONELEC. (2013). PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN 2013 - 2022. Estudio y gestión de la demanda eléctrica., 206.
- Shahin, F. (2008). *Zigbee wireless networks and transceivers*. (Elsevier, Ed.).
- Shrivastava, N. A., Panigrahi, B. K., & Ieee, S. M. (n.d.). Price Forecasting Using Computational Intelligence Techniques : A Comparative Analysis, 1–6.
- Silva, M., Morais, H., Member, S., Vale, Z. A., & Member, S. (2011). Distribution Network Short Term Scheduling in Smart Grid Context, 1–8.
- Silva, M., Morais, H., Vale, Z., Member, S., Faria, P., & Member, S. (2012). Short-term Scheduling Considering Five-minute and Hour-ahead Energy Resource Management, 1–8.
- Snyder, A. F., & Stuber, M. T. G. (n.d.). The ANSI C12 protocol suite - updated and now with network capabilities, 1–6.
- Soediono, B. (1989). No Title No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(December), 160. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Study, C. A. C. (2015). MONITORIZACIÓN Y CONTROL DE, 4, 19–31.
- The, T. O., & Of, L. (1971). Casualty Actuarial Society, *LVII*(158), 1971.
- Wan, Z., Wang, G., Yang, Y., & Shi, S. (2014). SKM: Scalable Key Management for Advanced Metering Infrastructure in Smart Grids. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 0046(c), 1–1. <http://doi.org/10.1109/TIE.2014.2331014>

- Wang, Z., Gu, C., Li, F., Member, S., & Bale, P. (2013). Storage for Household Energy Management, *4*(4), 1888–1897.
- Wu, T., Ai, X., Lin, W., Wen, J., & Weihua. (2012). Markov chain Monte Carlo method for the modeling of wind power time series. In *Innovative Smart Grid Technologies-Asia (ISGT Asia)*.
- Xiao-min, B. A. I., & Jun-xia, M. (2010). Functional Analysis of Advanced Metering Infrastructure in Smart Grid.
- Xingping, W., Yang, Z., & Xiwei, W. (2002). A New Generation EMS, 190–194.
- Yang, X. S. (2010). *Engineering optimization: an introduction with metaheuristic applications*.
- Yang, X.-S. (2010). *Engineering Optimization*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. <http://doi.org/10.1002/9780470640425>
- Yuanyuan, W. (2012). Application of residual modification approach in seasonal ARIMA for electricity demand forecasting A case study of China.
- Zhu, D., Wang, Y., Chang, N., & Pedram, M. (2014). Optimal Design and Management of a Smart Residential PV and Energy Storage System.
- Zhu, Z., Tang, J., Lambbotharan, S., Member, S., Chin, W. H., & Fan, Z. (2011). An Integer Linear Programming Based Optimization for Home Demand-side Management in Smart Grid.

BIBLIOGRÁFICAS

- A.G., A. C. (2015). Eficiencia Energética la mejor energía. Retrieved from <http://www.anescochile.cl/eficiencia-energetica-en-el-mundo/>
- Albornoz, E., & MEER. (2012). PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN 2012-2021, 448.
- Ali, S. M., Mehmood, C. A., Jawad, M., & Nasim, R. (2014). Intelligent Energy Management Scheme for Home Area Networks using Fair Emergency Demand Response Programs in Smart Grids, 190–196.
- Analysis, T., Networks, N., Methods, S., Stock, B., & Market, E. (n.d.). Stock Market Analysis - Strongest Performing Stocks Influence on an Evolutionary Market.
- Antunes, P., Costa, C. J., & Dias, J. F. (2001). Applying Genre Analysis to EMS Design : The Example of a Small Accounting Firm, 74–81.
- Arian, M., Soleimani, V., & Abasgholi, B. (2011). Advanced Metering Infrastructure System Architecture, (figure 2).
- Ariza Ramírez, A. M. (2013). Métodos Utilizados Para El Pronóstico De Demanda De Energía Eléctrica En Sistemas De Distribución, 145.
- Asad, O., Erol-kantarci, M., & Mouftah, H. (2011). Sensor Network Web Services for Demand-Side Energy Management Applications in the Smart Grid, 1176–1180.

- B. J. Johnson, M., Starke, R., Abdelaziz, O. a., Jackson, R. K., & Tolbert, L. M. (2014). A MATLAB based occupant driven dynamic model for predicting residential power demand. *014 IEEE PES T&D Conf. Expo.*, 1–5.
- Babbitt, R. (2006). Information Privacy Management in Smart Home Environments: Modeling, Verification, and Implementation. *30th Annual International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC'06)*, 344–346. <http://doi.org/10.1109/COMPSAC.2006.134>
- Barker, S., Kalra, S., Irwin, D., & Shenoy, P. (2013). Empirical characterization and modeling of electrical loads in smart homes. *2013 International Green Computing Conference Proceedings*, 1–10. <http://doi.org/10.1109/IGCC.2013.6604512>
- Bayas, L., Jaramillo, M., Betancourt, E., & Reinoso, P. (n.d.). La tarifa horaria en el Ecuador como incentivo de eficiencia energética.
- Bingliang, Z., Yutian, S., Bingqiang, L., & Jianxiang, L. (2012). A modeling method for the power demand of electric vehicles based on Monte Carlo simulation. *In Power and Energy Engineering Conference (APPEEC)*, 1–5.
- Bowerman, B. L., K., B. B. L., B., O. A., & Richard, T. (2007). . Pronósticos, series de tiempo y regresión: un enfoque aplicado/. *Forecasting, Time Series, and Regression: An Applied Approach*, 345–347.
- Bozchalui, M. C., Hashmi, S. A., & Member, S. (2012). *Smart Grids*, 3(4), 1755–1766.
- Chan, S. C., Tsui, K. M., Wu, H. C., Hou, Y., Wu, Y., & Wu, F. F. (2012). Methodologies and challenges], (SEPTEMBER), 68–85.
- Chavan, D. (2013). Effect of vertical winds hear on flicker in wind farm, 203–208.
- Chen, Z., Member, S., Wu, L., & Fu, Y. (2012). Real-Time Price-Based Demand Response Management for Residential Appliances via Stochastic Optimization and Robust Optimization, 3(4), 1822–1831.
- Choi, I., & Lee, J. (2010). Development of Smart Controller with Demand Response for AMI connection, 752–755.
- Choi, I., & Lee, J. (2011). Implementation and Evaluation of the Apparatus for Intelligent Energy Management to Apply to the Smart Grid at Home.
- Collin, a. J., Hernando-Gil, I., Acosta, J. L., & Djokic, S. Z. (2011). An 11 kV steady state residential aggregate load model. Part 1: Aggregation methodology. *2011 IEEE Trondheim PowerTech*, 1–8. <http://doi.org/10.1109/PTC.2011.6019381>
- Collin, A. J., Tsagarakis, G., Member, S., & Kiprakis, A. E. (2014). Development of Low-Voltage Load Models for the Residential Load Sector, 29(5), 2180–2188.
- CONELEC. (2013). Aspectos de sustentabilidad y sostenibilidad social y ambiental.
- CONELEC. (2014). Regulación No CONELEC 004_14 Planilla Elèctrica.pdf.
- Conference, I., & Stockholm, E. D. (2013). Applying Fuzzy Techniques to Model Customer Comfort in a Smart, (1164), 10–13.
- Contadores multifunción de energía eléctrica. (n.d.).

- Corradi, O., Member, A., Ochsenfeld, H., Madsen, H., & Pinson, P. (2013). Controlling Electricity Consumption by Forecasting its Response to Varying Prices, 28(1), 421–429.
- Correction, P., Anderson, J., Member, G. S., Sadhanala, A., & Cox, R. (2012). Using Smart Meters for Load Monitoring and Active, 4872–4876.
- Craemer, K. De, & Deconinck, G. (n.d.). Analysis of State-of-the-art Smart Metering Communication Standards, 1–6.
- Cultura, A., & Ziyad, S. (2012). Dynamic Response of a Skystream Wind Turbine to a Wind gust, 1061–1066.
- Demand, E. E. (2014). COMPARISON OF STATISTICAL FORECASTING TECHNIQUES FOR ELECTRICAL ENERGY DEMAND, (C), 19–31.
- Diagonal, A., Urgell, C., Energia, W., & Roig, M. (2012). AN OPTIMIZATION MODEL FOR THE MANAGEMENT OF ENERGY SUPPLY AND DEMAND IN SMART GRIDS Chemical Engineering Department , Universitat Politècnica de Catalunya ., 368–373.
- Electr, I., Electromagn, C., El, I., & Keywords, N. A. R. (2012). basado en análisis Wavelet y un modelo neuronal auto-regresivo no lineal NAR, 16, 86–99.
- Elizabeth, F. Q., Zhao, C., & Low, S. H. (2012). 2012 American Control Conference Frequency-Based Load Control in Power Systems, 4423–4430.
- Empresa Eléctrica Quito S.A. (2014). NORMAS PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN. Gestión. (2014). Concepto smart-house se impone como nueva tendencia en el mercado inmobiliario. Retrieved from <http://gestion.pe/inmobiliaria/concepto-smart-house-se-impone-como-nueva-tendencia-mercado-inmobiliario-2120616#comentarios>
- Gönen, T. (1986). Electric power distribution system engineering.
- Guo, Z., Wang, Z. J., Member, S., & Kashani, A. (2014). Home Appliance Load Modeling From Aggregated Smart Meter Data, 1–9.
- H O M E A R E A N E T W O R K T E C H N O L O G Y A S S E S S M E N T F O R D E M A N D. (n.d.).
- Hidalgo, O. I. O. (2013). *PROCEDIMIENTO TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MICROCENTRALES ELÉCTRICAS UTILIZANDO PANELES FOTOVOLTAICOS.*
- Hubert, T., & Grijalva, S. (2011). Realizing smart grid benefits requires energy optimization algorithms at residential level. *Isgt 2011*, 1–8. <http://doi.org/10.1109/ISGT.2011.5759175>
- Husen, S. A., Pandharipande, A., Tolhuizen, L., Wang, Y., & Zhao, M. (2011). Lighting Systems Control for Demand Response.
- Ieee, P. F., Cataliotti, A., & Cosentino, V. (2010). Disturbing Load Detection in Three-Wire and Four-Wire Systems Based on Novel Nonactive, 59(5), 1082–1090.
- Johnson, . J., Starke, M. R., Abdelaziz, O. a., Jackson, R. K., & Tolbert, L. M. (2014). A method for modeling household occupant behavior to simulate residential energy consumption. *Isgt 2014*, 1–5.
- Johnson, B. J., Starke, M. R., Abdelaziz, O. a., Jackson, R. K., & Tolbert, L. M. (2014a). A

- MATLAB based occupant driven dynamic model for predicting residential power demand. *2014 IEEE PES T&D Conference and Exposition*, 1–5. <http://doi.org/10.1109/TDC.2014.6863381>
- Johnson, B. J., Starke, M. R., Abdelaziz, O. a., Jackson, R. K., & Tolbert, L. M. (2014b). A method for modeling household occupant behavior to simulate residential energy consumption. *Isgt 2014*, 1–5. <http://doi.org/10.1109/ISGT.2014.6816483>
- Jung, N., Yang, I., & Park, S. (2011). A Design of AMI Protocols for Two Way Communication in K-AMI, 1011–1016.
- Kounev, V. (2013). Advanced Metering and Demand Response Communication Performance in Zigbee based HANs, 31–36.
- Kumaraguruparan, N., Sivaramkrishnan, H., & Sapatnekar, S. S. (2011). Residential Task Scheduling Under Dynamic Pricing Using the Multiple Knapsack Method.
- Lucia, O., Maussion, P., Dede, E. J., & Burdío, J. M. (2014). Induction heating technology and its applications: past developments. *Current Technology, and Future Challenges. Industrial Electronics, IEEE Transactions on*, 61, 2509–2520.
- Luh, P. B., Michel, L. D., Friedland, P., Guan, C., & Member, S. (2010). Load Forecasting and Demand Response, 1–3.
- MEER. (n.d.). EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL.
- MEER. (2015). EFICIENCIA ENERGÉTICA.
- Meliones, A., & Giannakis, D. (2013). Visual programming of an interactive smart home application using LabVIEW. *2013 11th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, 655–660. <http://doi.org/10.1109/INDIN.2013.6622961>
- Mohtavipour, S. S., Member, S., Yousefi, G. R., & Fallahi, F. (2011). Diverse Demand Side Portfolio : Another Step towards Smart Grids, 1–8.
- Molitor, C., Cali, D., Streblov, R., Ponci, F., Member, S., Müller, D., & Monti, A. (2011). New Energy Concepts and Related Information Technologies : Dual Demand Side Management, 1–6.
- Mukhopadhyay, P. (2014). Approach to make Smart Grid a Reality, 77–82.
- Multiple regression model for fast prediction of the heating energy demand. (n.d.).
- Pipattanasomporn, M., Kuzlu, M., & Rahman, S. (2011). Demand Response Implementation in a Home Area Network : A Conceptual Hardware Architecture, 1–8.
- Poveda, M. (2007). EFICIENCIA ENERGÉTICA : RECURSO NO.
- Ramos, A. (n.d.). Modelos matemáticos de optimización.
- Regulación Autogeneradores 001_14.pdf. (n.d.).
- Sajjad, I., Chicco, G., Aziz, M., & Rasool, A. (2014). Potential of residential demand flexibility-Italian scenario. *N Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD)*, 1–6.
- Schonek, J. (2010). Cuaderno Técnico nº 214 Eficiencia energética : Ventajas del.

- Segura, X., Dávila, S., & CONELEC. (2013). PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN 2013 - 2022. Estudio y gestión de la demanda eléctrica., 206.
- Shahin, F. (2008). *Zigbee wireless networks and transceivers*. (Elsevier, Ed.).
- Shrivastava, N. A., Panigrahi, B. K., & Ieee, S. M. (n.d.). Price Forecasting Using Computational Intelligence Techniques : A Comparative Analysis, 1–6.
- Silva, M., Morais, H., Member, S., Vale, Z. A., & Member, S. (2011). Distribution Network Short Term Scheduling in Smart Grid Context, 1–8.
- Silva, M., Morais, H., Vale, Z., Member, S., Faria, P., & Member, S. (2012). Short-term Scheduling Considering Five-minute and Hour-ahead Energy Resource Management, 1–8.
- Snyder, A. F., & Stuber, M. T. G. (n.d.). The ANSI C12 protocol suite - updated and now with network capabilities, 1–6.
- Soediono, B. (1989). No Title No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(December), 160. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Study, C. A. C. (2015). MONITORIZACIÓN Y CONTROL DE, 4, 19–31.
- The, T. O., & Of, L. (1971). Casualty Actuarial Society, LVII(158), 1971.
- Wan, Z., Wang, G., Yang, Y., & Shi, S. (2014). SKM: Scalable Key Management for Advanced Metering Infrastructure in Smart Grids. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 0046(c), 1–1. <http://doi.org/10.1109/TIE.2014.2331014>
- Wang, Z., Gu, C., Li, F., Member, S., & Bale, P. (2013). Storage for Household Energy Management, 4(4), 1888–1897.
- Wu, T., Ai, X., Lin, W., Wen, J., & Weihua. (2012). Markov chain Monte Carlo method for the modeling of wind power time series. *In Innovative Smart Grid Technologies-Asia (ISGT Asia)*.
- Xiao-min, B. A. I., & Jun-xia, M. (2010). Functional Analysis of Advanced Metering Infrastructure in Smart Grid.
- Xingping, W., Yang, Z., & Xiwei, W. (2002). A New Generation EMS, 190–194.
- Yang, X. S. (2010). *Engineering optimization: an introduction with metaheuristic applications*.
- Yang, X.-S. (2010). *Engineering Optimization*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. <http://doi.org/10.1002/9780470640425>
- Yuanyuan, W. (2012). Application of residual modification approach in seasonal ARIMA for electricity demand forecasting A case study of China.
- Zhu, D., Wang, Y., Chang, N., & Pedram, M. (2014). Optimal Design and Management of a Smart Residential PV and Energy Storage System.
- Zhu, Z., Tang, J., Lambotharan, S., Member, S., Chin, W. H., & Fan, Z. (2011). An Integer Linear Programming Based Optimization for Home Demand-side Management in Smart Grid.

Internet

CONELEC (2014), Regulaciones [En línea]. Disponible en: <http://www.conelec.gob.ec/normativa.php?categ=1&subcateg=3> [Consultada: 2014, 27 de Agosto].

MEER (2014), Eficiencia energética [En línea]. Disponible en: <http://www.energia.gob.ec/> [Consultada: 2014, 27 de Agosto].

American National Standard (2008). Normas de comunicación para AMI [En línea]. Disponible en: <https://www.nema.org/Standards/ComplimentaryDocuments/ANSI-C1222-2008-Contents-and-Scope.pdf> [Consultada: 2014, 27 de Agosto].

Institute of Electrical and Electronic Engineersdetermina (2012). Normas de comunicación para AMI [En línea]. Disponible en: <http://standards.ieee.org/findstds/standard/1703-2012.html> [Consultada: 2014, 27 de Agost

ANEXOS:

- Encuesta
- Datos Analizador
- Programa de Matlab
- Avales