

USO EFICIENTE DEL CONSUMO DE
ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL
BASADO EN EL MÉTODO DE
MONTECARLO

USO EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL BASADO EN EL MÉTODO DE MONTECARLO

Byron Manuel Oña Cuestas
Egresado de la Carrera de Ingeniería Eléctrica
Carrera de Ingeniería Eléctrica
Universidad Politécnica Salesiana

Dirigido por:
Edwin Marcelo García Torres
Docente Investigador de Carrera de Ingeniería Eléctrica
Carrera de Ingeniería Eléctrica
Universidad Politécnica Salesiana



Quito - Ecuador

Byron Manuel Oña Cuestas

**USO EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
RESIDENCIAL BASADO EN EL MÉTODO DE MONTECARLO**

Universidad Politécnica Salesiana
Ingeniería Eléctrica

Breve reseña historia e información de contacto:



Byron Manuel Oña Cuestas (Y'1989-M'05). Bachiller Técnico Industrial, especialidad Electromecánica del Colegio Técnico Electrónico Pichincha. Egresado de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana. Miembro Estudiantil del Grupo de Investigación en Redes Eléctricas Inteligentes-GIREI. Su trabajo se basa en el Uso Eficiente de la Energía Eléctrica Residencial basada en el método de Montecarlo.

Sus intereses de investigación incluyen Optimización de la energía eléctrica.
bonac@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Marcelo García Edwin Torres (Y'1978 -SM10). Nació en Ambato, Ecuador. Se graduó en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador en 2010 y actualmente se encuentra cursando un Master en Gestión de la Energía de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Es profesor e investigador de la Universidad Salesiana - Quito Ecuador. En la actualidad es miembro de Girei Research Group (Grupo de Investigación en redes inteligentes - Smart Grid Research Group).

egarcia@ups.edu.ec

DEDICATORIA.

Byron Manuel Oña Cuestas

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme guiado a lo largo de mi carrera, por la salud y vida llena de aprendizajes y experiencias para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi Padre Segundo Oña.

Por el gran apoyo incondicional y desinteresado, por los ejemplos de perseverancia, humildad y trabajo que lo caracterizan y que me han infundido siempre en cada pasó que he dado, por el valor y coraje mostrado para salir adelante, por su inmenso amor con la cual hemos compartido.

A mi Madre Olga Cuestas.

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, valores, y por ser mi gran fuente de energía cuando la he necesitado, por su motivación y perseverancia constante que me ha formado como una persona de bien, pero ante nada por su inmenso amor con el cual hemos compartido.

AGRADECIMIENTO.

Byron Manuel Oña Cuestas

Mi profundo y sincero agradecimiento a mis Padres por ser el pilar fundamental en toda mi educación tanto académica, como de la vida, por apoyarme, por la fuerza y energía que me animaron a crecer como persona y como profesional, todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos, a mis hermanas por estar conmigo, por compartir días de felicidad y permitirme guiarles por el camino de educación ya que es el único para ser personas de bien y sin límites. A mi esposa e hija que en los últimos pasos por la Universidad han sido parte fundamental de paciencia y comprensión. A cada uno de los Ingenieros que han marcado cada etapa de mi camino Universitario, por impartirnos su cátedra y permitir quedarnos con sus saberes que sin duda alguna han sido una valiosa ayuda, y de manera especial agradezco a mi Tutor Ing. Marcelo García por su orientación y apoyo para poder culminar este proyecto de investigación. A mis Amigos que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional, por su amabilidad y disponibilidad.

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR/A

Yo, Edwin Marcelo García Torres declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación (*Uso Eficiente del Consumo De Energía Eléctrica Residencial Basado en el Método de Montecarlo*) realizado por (Byron Manuel Oña Cuestas), obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, diciembre 2015

.....
Edwin Marcelo García Torres

Cédula de identidad: 1803087400

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Byron Manuel Oña Cuestas con documento de identificación N° 1721104618, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor/es del trabajo de grado/titulación intitulado: “Uso Eficiente del Consumo De Energía Eléctrica Residencial Basado en el Método de Montecarlo”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Eléctrico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Firma

.....

Nombre: Byron Manuel Oña Cuestas

Cédula: 1721104618

Fecha: Diciembre 2015

GLOSARIO

A

APLANAR LA CURVA: Es la representación gráfica en la cual se muestran una curva mejor optimizada donde sus picos son más planos de la mejor manera eficiente. [7]

C

CURVA DE CARGA: Es la gráfica en la cual se muestra una representación de consumo de cargas con respecto a tiempo. [7]

CONFORT: Condiciones a las cuales una persona tiene la comodidad y se siente con bienestar ya sea por cosas materiales u otros. [4]

CARGAS RESIDENCIALES: Son aquellas consumo de equipos que se usan de manera cotidiana en una residencia los cuales van a tener valor de medio consumo. [4]

D

DMS: Distribution Management System. Sistema de gestión de distribución. [7]

E

EEQ.S.A: Empresa Eléctrica Quito, empresa que se encarga de la distribución de energía eléctrica en la ciudad residente. [4]

EMS: Energy Management System. Sistema de gestión de energía. [18]

I

INTERACTUAR: Capacidad de mantener cierta adaptabilidad y manejo entre interfaz hombre máquina. [5]

L

LINEAS DE DISTRIBUCION: Son aquellas líneas que forman parte de la red eléctrica que se forman de manera radial y no llegan a formarse como una malla. [18]

M

MATLAB: Laboratorio Matemático, software de programación y desarrollador de aplicaciones que llegan a ser totalmente integradas donde se encuentran proyectos que necesitan complejos y grandes cálculos matemáticos y visión de las mismas gráficas.

MONTECARLO: Es un método de uso matemático y físico el cual resuelve ciertos problemas numéricos usando ciertas variables aleatorias. [5]

O

OPTIMIZACIÓN: Dadas ciertas variables en la parte de matemáticas es el proceso que sigue de manera de cálculos para poder llegar un cierto resultado de tal manera que sea la mejor opción posible. [13]

P

PÉRDIDAS NO TÉCNICAS: Energía eléctrica perdidas eléctricas debidas el mal uso de la energía por clientes que no pagano lo consumido, esto se ve en las grandes ciudades donde la pobreza es de alta escala. [5]

R

RESIDENCIA: Lugar habitable por personas en la cual son relacionadas como una familia.[13]

U

USUARIO: Persona que normalmente usa un servicio manteniendo cierto tipo de limitaciones que la empresa las provee. [13]

ÍNDICE GENERAL

USO EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL BASADO EN EL MÉTODO DE MONTECARLO

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Planteamiento del proyecto	2
1.2. Estado del arte	3
1.2.1. Matriz completa del estado del arte	3
1.2.2. Resumen grafico del Indicadores del estado del arte.....	5
2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.1. Objetivo general.	6
2.2. Objetivos específicos.....	6
3. METODOLOGÍA.....	6
4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
4.1. Gestión de la demanda en usuarios residenciales.....	7
4.2. Formulación del problema.....	9
4.3. Mercado minorista en la demanda residencial.	10
4.4. Modelo del sistema.....	10
4.5. Dinámica de la demanda.	12
4.6. Limitaciones de electrodomésticos individuales.....	13
4.7. Algoritmo de Montecarlo basado en las cadenas de Markov.....	14
4.8. Método de Monte Carlo vía Cadena de Markov	14
4.9. Modelamiento en Matlab.....	16
4.10. Modelos de curva de carga de la cocina.....	20
4.11. Curva de carga de Lavadoras.....	21

4.12.	Curva de carga de Iluminación.....	21
4.13.	Modelado de la curva de equipos de aseo.....	22
5.	RESULTADOS ESPERADOS.....	23
6.	TÁCTICA PARA LA DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	23
7.	SECTORES A LAS CUALES SE APORTA COMO BENEFICIO.....	24
8.	CONCLUSIONES.....	24
9.	RECOMENDACIONES.....	25
10.	REFERENCIAS.....	25

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Enfoque general para el modelado de la demanda de energía residencial. Referencia.[5].....	7
Figura 2 Cuadro de demanda de los equipos eléctricos residenciales en los respectivos horarios en el día.	8
Figura 3 Ejemplo del uso del circulo de generación, distribución y consumo de la energía eléctrica	9
Figura 4 Modelos operativos de niveles de comodidad de los aparatos que pueden ser interrumpidos.[7].....	11
Figura 5 Los niveles operativos de nivel de confort de la temperatura desplazable en los electrodomésticos	11
Figura 6 Ejemplos ilustrativos de los tres tipos de tareas de aparatos residenciales .	13
Figura 7 Representación en flujograma el proceso de Matlab y la Exportación en Excel.....	17
Figura 8 Números aleatorios distribuidos de manera uniforme de (0:100) generados con la función rand en Matlab.....	18
Figura 9 Grafica estabilizadora bajo el modelo de Montecarlo realizada en Matlab.	19
Figura 10 Representación de consumo de cada equipo de consumo residencia con los distintos tipos de usuarios.....	20

Figura 11 Curva de Carga de Equipos de Cocina (Resultado de Encuesta)	20
Figura 12 Curva de Carga de Equipos de Lavado (Resultado de la encuesta)	21
Figura 13 Curva de carga de iluminación (Resultados de la encuesta).....	22
Figura 14 Curva de carga de Equipos de Adicionales (Resultados de la encuesta)....	22
Figura 15 Valores en porcentajes de consumo KW.	23

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Muestreo de porcentajes acorde al uso de las cargas residenciales.....	10
Tabla 2. Muestreo de valores acorde al uso de las cargas residenciales de mayor uso.....	12
Tabla 3. Muestras de los ingresos de los números aleatorios por medio de Matlab	16
Tabla 4. Tabla que muestra una secuencia de números aleatorios generados mediante centro de cuadrados.....	18

USO EFICIENTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL BASADO EN EL MÉTODO DE MONTECARLO

RESUMEN DEL PROYECTO (250 PALABRAS)

La regulación, control y optimización en las cargas residenciales son los principales temas que en la actualidad necesitan ser evaluadas y tomadas en cuenta para la toma de decisiones en el futuro crecimiento de las cargas residenciales, ya que esto representa no solo las pérdidas por aumento de aparatos eléctricos sino también de pérdidas por calor. En este trabajo se propone un procedimiento mediante el método de Montecarlo por lo cual la optimización se toman en cuenta las cargas y la producción de energía se toma como variables aleatorias, en este trabajo se pretende realizar un modelo probabilístico de optimización, que será tomando en cuenta los costos de pérdidas, que generalmente las pérdidas suelen disminuir cuando la carga tiende a disminuir, o sea este el caso contrario al aumentar pérdidas. Lo que se pretende es desplazar la curva característica de carga en función de las necesidades de usuario sin interrumpir sus comodidades, esta necesidad surge por el motivo de que no existe la manera de acumular la energía y tiene que consumirse en el momento que se está generando en tiempo real. Para ello es necesario tener un curva de carga ya definida de los usuarios por medio de los usos que tienen a diario y se lo consiguió mediante las encuestas de carga residencial en diferentes punto de la ciudad, una vez con los datos tabulados se define los horarios de mayor demanda y los equipos que se van a realizar el control los mismos que deberán ser apagados y no dados de uso en horarios definidos para poder desplazar las cargas.

ABSTRACT

The regulation, control and optimization in residential workloads are the main issues that now need to be evaluated and taken into account in the decision making in the future growth of residential loads, since this represents not only the losses by amento appliances but also losses by heat. This paper proposes a procedure using the Monte Carlo model whereby optimization taking into account charges and energy production is taken as random variables, this paper intends to produce a probabilistic optimization model, which will be taking into account the costs of lost, which usually losses tend to decrease when the load tends to decrease, or be the opposite case to increase losses. Aim is to move the characteristic curve of load according to user's needs without disrupting its comforts, this necessity arises for the reason that there is no way of accumulating power and must be consumed at the moment that is being generated in real-time. For this purpose it is necessary to have a load curve as defined users through applications that they have to daily and he did it through surveys of residential load in different part of the city, once with tabulated data is defined higher demand schedules and equipment that are to be carried out which should be turned off and not given use in schedules defined to be able to move the loads.

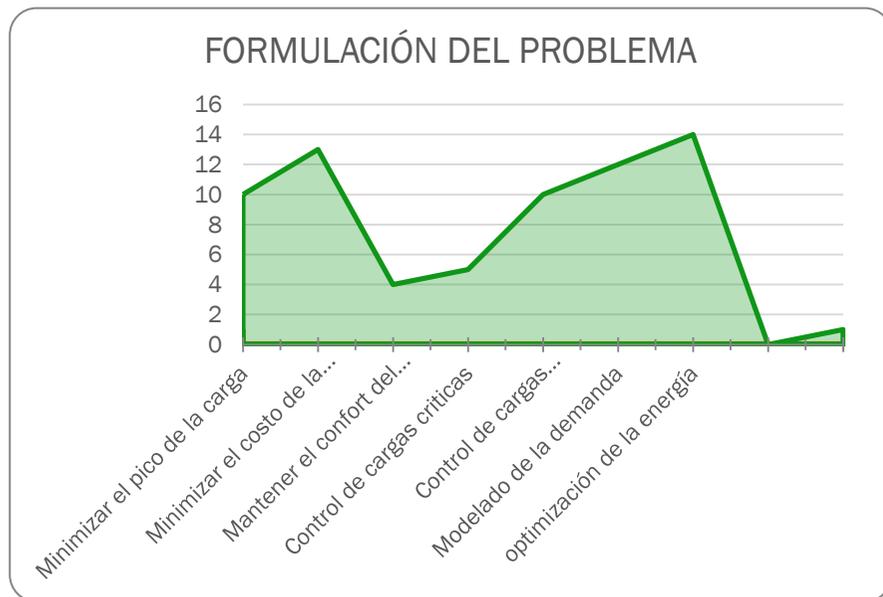
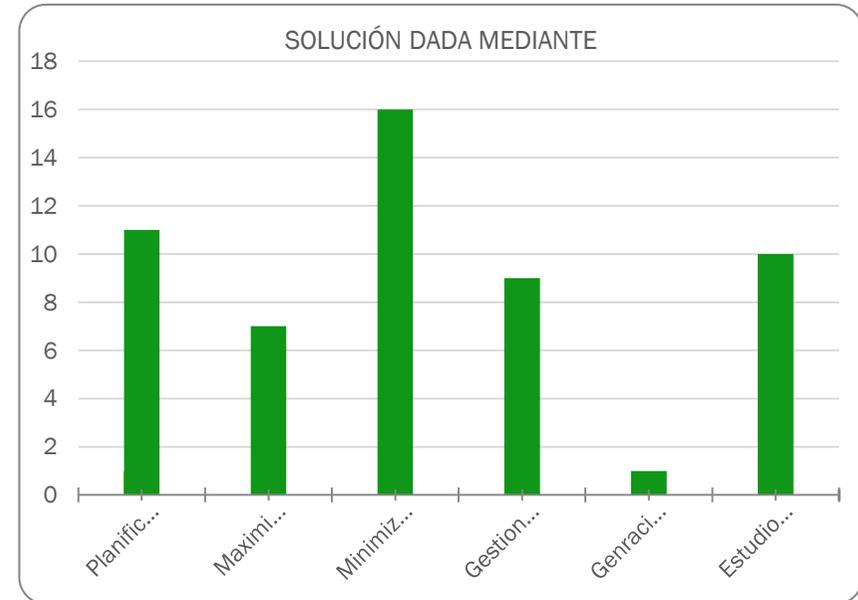
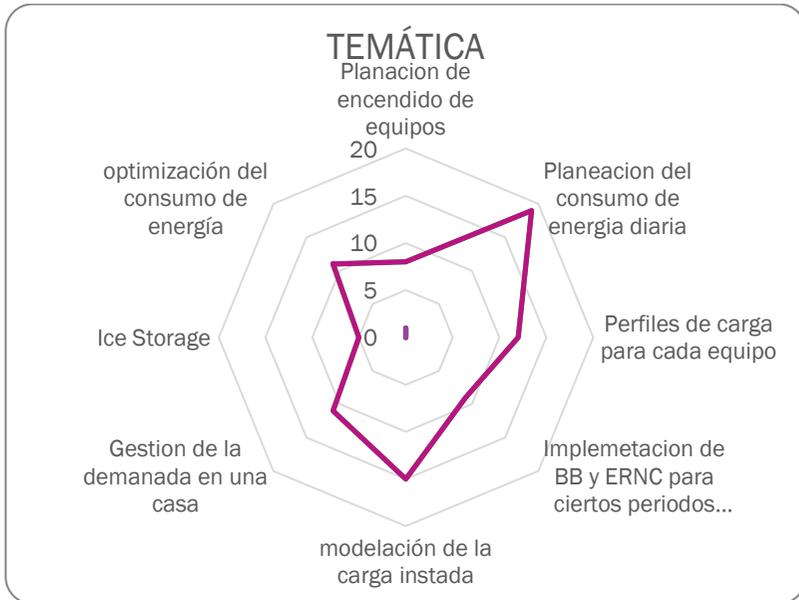
1. *INTRODUCCIÓN*

1.1. Planteamiento del proyecto

La optimización de la demanda de energía se hizo una necesidad desde hace mucho tiempo atrás como parte fundamental para la reducción de costos en por parte del usuario final , también de manera directa o en otros casos de manera indirecta se considera la disminución de mitigar los impactos ambientales que producen los efectos invernaderos y la seguridad energética ,la electricidad llega a ser de cierto modo una mercancía el cual al no poder ser almacenada esta llega a tener un valor alto, por ende para las empresas que se dedican a mantener este gran valor pico que demanda los usuarios en tiempos pico o a su vez pueden ser días demasiado calientes o fríos donde ingresan los calefactores. Pero para ello es importante como empresa distribuidora mantener estos grandes valores los cuales resultan caros y solo son usados según la Agencia Internacional de Energía un 5% de tal modo que es una capacidad desperdiciada, el cual esto se ve reflejado en precio aproximadamente un 50% todo esto se pretende realizar por medio de modelos matemáticos uno de ellos son Método de Monte Carlo mediante Cadenas de Markov.[1] [2]

Si bien es cierto en el sector residencial ha implementado programas los cuales la gran mayoría pretende disminuir su consumo mediante el uso de focos ahorradores y la luz led, la eficiencia en equipos electrónicos, otro incentivo viene por parte de los entes de las empresas que venden la energía con los subsidios por el menor consumo de energía. La integración de los usuarios como de las empresas eléctricas es importante realizar estrategias de gestión de los consumos eléctricos en determinadas horarios, como pueden ser en horarios pico donde la demanda es mayor al igual que los precios llegan a subir dentro del horario y de esta manera se puede condicionar el uso de cierto aparatos eléctricos que no pueden ser usado en ese momento, esto se podría realizar con la desconexión inteligente que en el mercado ya se está ofreciendo este tipo de toma corriente , esto es un ejemplo de lo llamado en la actualidad como redes inteligentes. las redes inteligentes están en pleno auge de la tecnología en la parte eléctrica se encuentra en el desarrollo de nuevas lecturas de los equipos de medición para poder realizarlo de manera real al mismo tiempo que ese le esta avisado al consumidor que es lo que está consumiendo de energía y a la vez que tiene que pagar para que con ello pueda realizar una conciencia de los usos que les da a los equipos con mayor fiabilidad y confiabilidad[3][4]

1.2.2. Resumen grafico del Indicadores del estado del arte



2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Objetivo general.

- Desarrollar una herramienta que simule el comportamiento de la curva de carga residencial implementando el método de Montecarlo Markov para obtener estrategias que permita minimizar los picos de demanda y optimización de cargas eléctricas residenciales.

2.2. Objetivos específicos.

- Posponer un método matemático para optimizar cargas residenciales que garanticen el funcionamiento de los equipos sin afectar el confort de del usuario.
- Desarrollar un modelo matemático capaz de desplazar la curva de carga eléctrica basada en la función de las necesidades y preferencia de cada equipo eléctrico con la participación de un usuario activo.
- Uso eficiente de la infraestructura ya levantada en el sistema residencial así como el aprovechamiento de la energía en horarios picos donde aumenta los costos para la empresa generadora y el usuario.

3. METODOLOGÍA.

Para el desarrollo del trabajo de optimización de cargas residenciales se realizaron encuestas en la ciudad residente para tener la curva de carga real en determinados tiempos y en distintos tipos de usuarios. Realizada la tabulación de las encuestas y graficadas las curvas para obtener los horarios picos para observar donde mayor demanda tienen los usuarios y de esta manera poder observar el horario en el cual se tiene que mover las cargas para reducir el consumo.

Para tener un complemento en la optimización se usará el método de Montecarlo el cual resuelve problemas de tipo matemáticos utilizando variables aleatorias y programas computacionales como es el caso de Matlab, el mismo que permite resolver problemas el cual la solución no es de manera analítica, y siguiendo esta metodología nos permite tener un diagnóstico energético el cual ayuda con la contribución a detectar ahorros de energía para poder sustituir los usos de los equipos en determinados horas. Mediante este método nos va presentar una estabilidad en relación al cambio de variable que se le otorga por cada tiempo. En la *Figura 1* podremos observar cómo se realizó el proceso de optimización en manera de flujogramas.

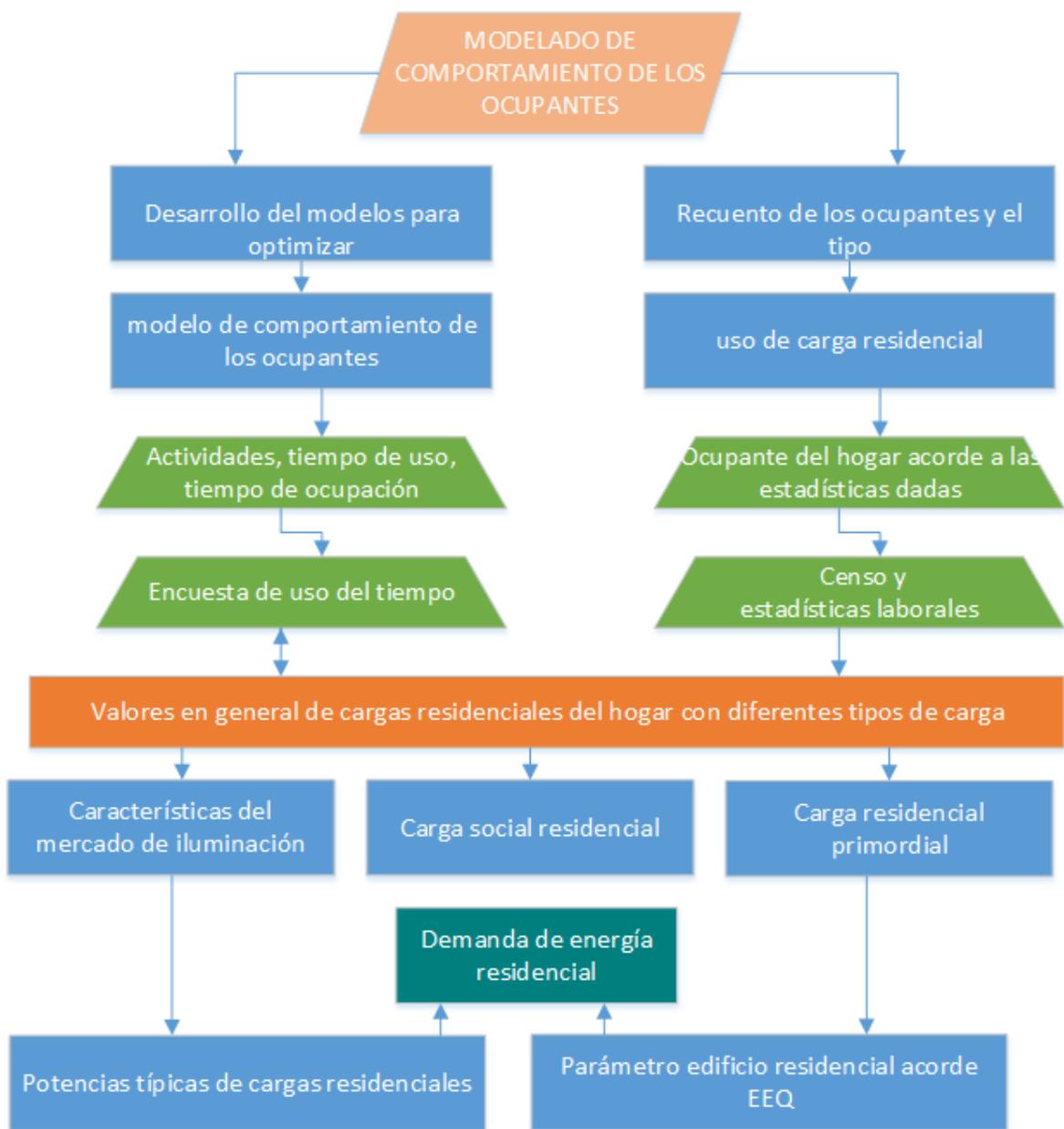


Figura 1. Enfoque general para el modelado de la demanda de energía residencial.

4. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.

4.1. Gestión de la demanda en usuarios residenciales.

La gestión de la demanda consiste en alternar el consumo de energía eléctrica en los diferentes usuarios y de esta manera poder alterar el perfil de carga en la parte residencial y por cada usuario. El objetivo es disminuir el pico de demanda con las mismas instalaciones e infraestructura para aumentar la capacidad de distribución.

Este trabajo se menciona las diferentes maneras para llegar a disminuir las cargas, el primer método es tener en cuenta las cargas de los usuarios y permitiendo directamente el

control de las cargas por parte de la empresa distribuidora llegando a un mutuo acuerdo, las mismas que al ser desconectadas y que los equipos no sufran ningún daño posterior. La segunda manera es directa, esto quiere decir que el usuario va a encontrar la manera de desconectar sus cargas, y esto se lograría incentivando por medio de campañas educativas, la comercialización de señales éticas y la reducción de precios. *Figura2* .[5]

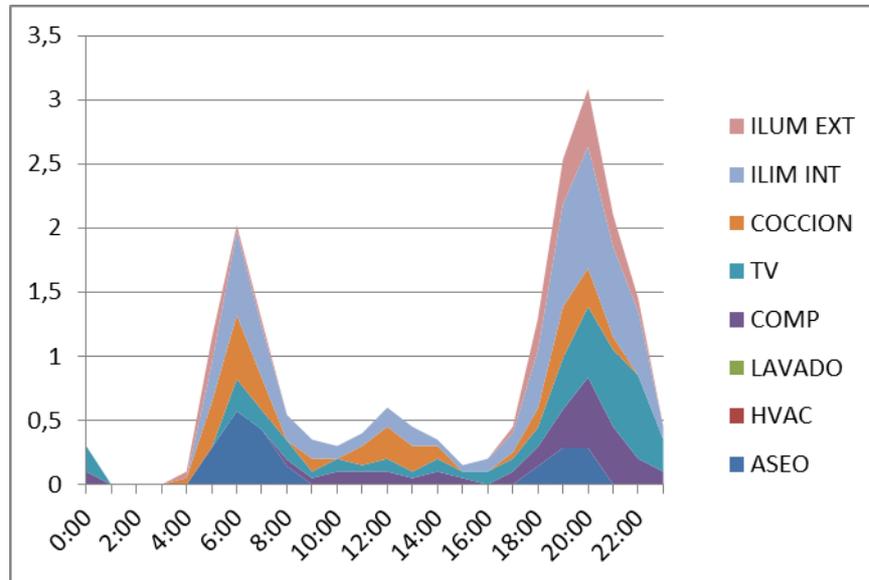


Figura 2 Cuadro de demanda de los equipos eléctricos residenciales en los respectivos horarios en el día. [5]

La creciente demanda y por ende la creciente necesidad de promover la energía renovable y el aumento de preocupaciones por la contaminación del ambiente son algunos de los más grandes retos que tienen las industrias al momento de consumir energía. La respuesta a la demanda es una base fundamental para poder realizar la penetración de recursos que permitan optimizar las cargas. Los programas más eficientes son los que optimizan las cargas, ya que puede llegar a tener un uso eficiente de la energía y de la manera más práctica de reducir los precios en una gestión de energía. Los costos pueden variar de acuerdo a los usuarios ya que son los principales controladores de los equipos y ellos reciben incentivos por el control adecuado uso de sus equipos *Figura 3*. [6][7]

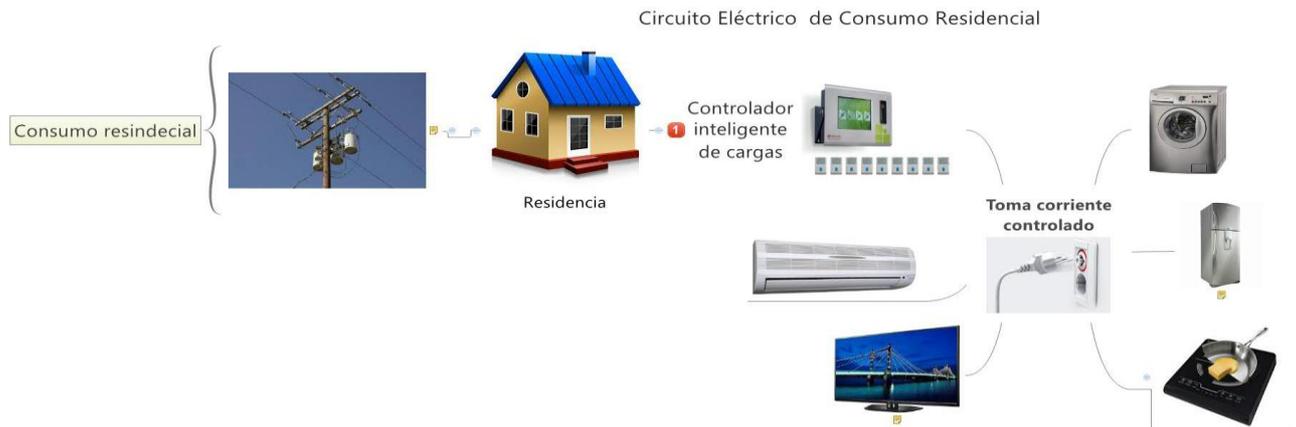


Figura 3 Ejemplo del círculo de generación, distribución y consumo de la energía eléctrica [7]

4.2. Formulación del problema.

La estrategia combinada de controlar los dispositivos por medio de aparatos que permita realizar la conexión y la desconexión se llama DSM la misma que se utiliza para programar dispositivos controlables de los consumidores residenciales en diferentes horas del día de manera que la curva de consumo final de carga sea mucho más cerca de la curva objetivo de consumo de carga. La técnica de desplazamiento de carga está matemáticamente formulado como se puede apreciar en la ecuación (1)(2), problema de minimización.[8][9][10]

$$\sum_{t=1}^N (Pload(t) - Objective(t^2)) \quad (1)$$

Dónde:

Objetivo (t): es el valor de la curva objetivo en el momento

PLoad (t) : está dada por la siguiente ecuación

$$PLoad(t) = Forecast(t) + Connect(t) - Disconnect(t) \quad (2)$$

Donde:

Forecast(t) : es el consumo previsto en el momento

Connect y *Disconnect* : son las cantidades de cargas conectadas y desconectadas en el momento, durante el desplazamiento de cargas.

Este tipo de algoritmos deben ser capaces de poder resolver el control de las cargas que se encuentran conectadas y manejar de manera flexible los diferentes tipos de datos complejos de dichos dispositivos. Como se tiene en consideración todos los usuario de la

energía eléctrica tratan de mantener sus gastos al mínimo, manteniendo el buen servicio y la estabilidad en el caso de cargas máximas y mínimas, para ello es bueno tener las dos partes conformes ya sea el caso de la empresa generadora sin perder sus utilidades y el caso de los consumidores sin perder su confort. [11]

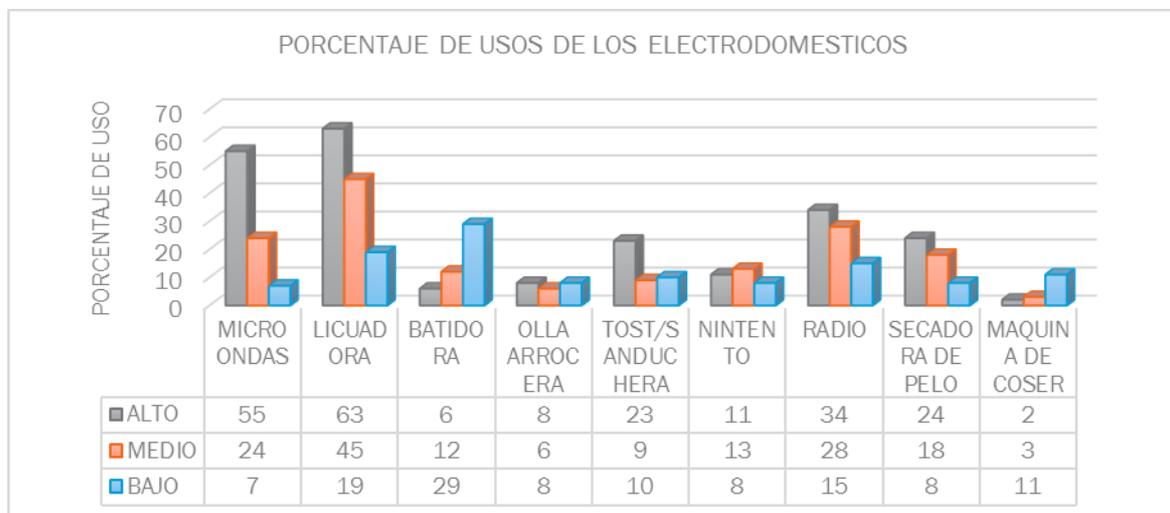
4.3. Mercado minorista en la demanda residencial.

Siendo este un intermediario entre las empresas generadoras y distribuidoras, este mercado debe tener un importante aporte a la demanda residencial ya que depende del mismo la calidad de energía que se esté tratando de optimizar sea saludable para sí mismo y para el buen servicio del usuario. Este debe proteger al usuario final de las fluctuaciones que puede tener la energía por cualquier sobre tensión u otro daño natural que pueda generar, así mismo por parte del mercado debe poner una lista de precios los cuales deben variar acorde la hora de utilización el cual depende su variación de mayor uso de la energía en determinado tiempo.

4.4. Modelo del sistema.

El desarrollo de este trabajo se basa en modelar las cargas dentro de un consumo residencial para lograr aplanar la curva de demanda, manteniendo un perfil óptimo de consumo residencial que se crea de manera diaria y durante las 24 horas del día, el cual los datos de cargas son enviados de manera bidireccional y poder conseguir un control del mismo en un horario específico. Estos aparatos de uso diario pueden ser de diferente capacidad y uso, sean estos una licuadora, lavadora, televisión, etc. Todos estos tipos de cargas pueden ser desplazables, manteniendo el confort del cliente al no ser interrumpido. La *tabla 1* se muestra de manera tabulada las cargas que tienen en el transcurso del día los equipos de una residencia.[12]

Tabla 1. Muestreo de porcentajes acorde al uso de las cargas residenciales[12]



Habra aparatos el cual no deben ser desconectados, tales son el aire acondicionado, refrigeradoras, calentadores de agua, etc. Como podemos apreciar en la *figura 4* los niveles de confort el cual varía acorde a su interrupción en el caso de tener una varianza.[8]

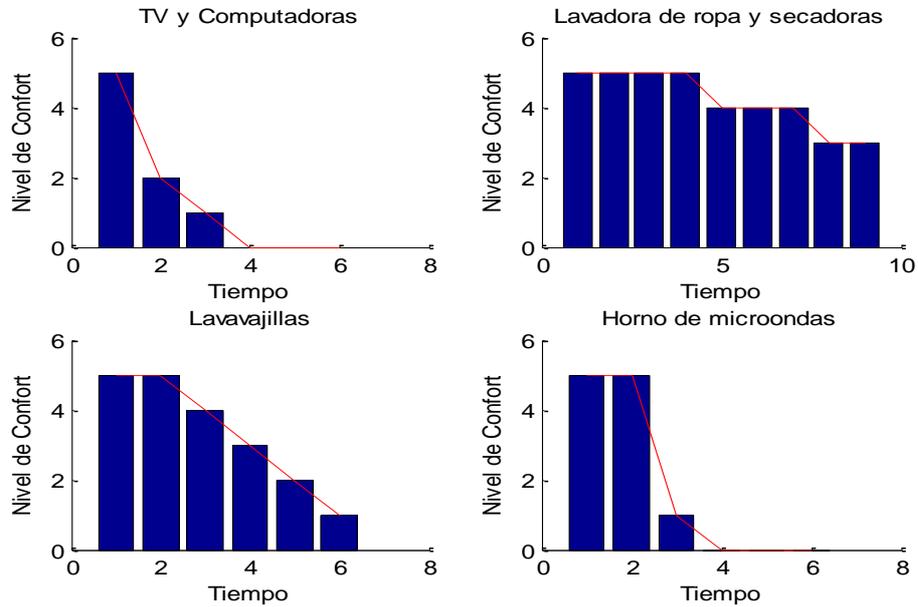


Figura 4 Modelos operativos de niveles de comodidad de los aparatos que pueden ser interrumpidos.[6]

Se tiene los datos de equipos que no pueden ser interrumpidos ya que estos pueden tener un gran impacto en el confort como se muestra en la *Figura 5*. Estos son aire acondicionado calentadores de agua, congeladores, etc.

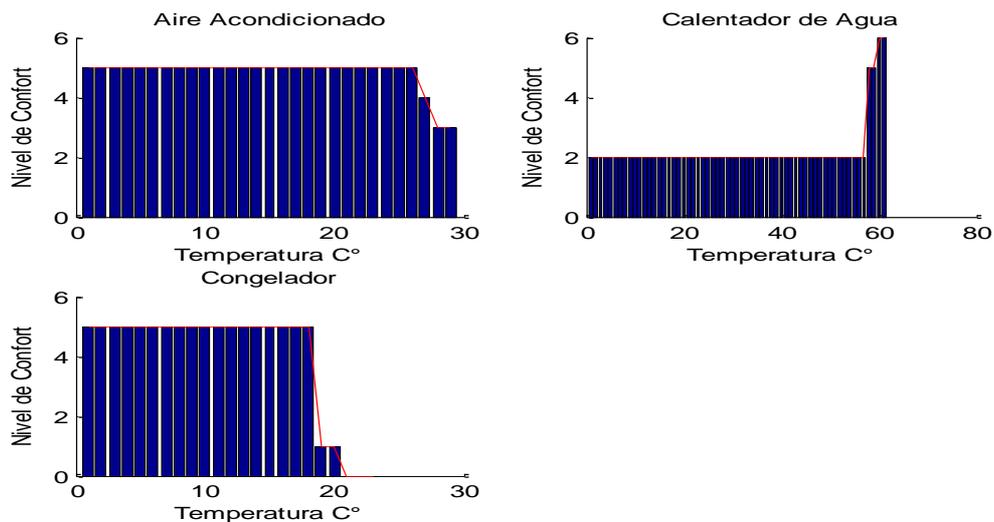


Figura 5 Los niveles operativos de nivel de confort de la temperatura desplazable en los electrodomésticos[6]

Según los gráficos podemos decir que no todas las cargas pueden desconectarse, eso quiere decir que tenemos que dividir las cargas acorde a su utilización, tiempo, y temperatura. Para el caso de las aparatos de uso diario y que no lleva consigo la tarea de mantener en buen estado algún alimento como son el caso de las neveras, o aire acondicionado, estos no pueden ser desplazados su horario de manera automática para poder realizar su trabajo. [13][14]

4.5. Dinámica de la demanda.

Los clientes llegan a ser sensibles a los cambios de precios de energía por ende los mercados deben tener en cuenta ese tipo de cambios, para tener precios mucho más competitivos, dependiendo de los consumidores no pueden perder la comodidad. Suponiendo que (t) es el tiempo en el cual los precios de la energía baja, π_i siendo el precio de la energía que se consume en tiempo real, esto se muestra en la ecuación (3).

$$\pi_i(t) = \int_{T=t-k}^t \sum_{f \in F} P_i^f(T) \pi(T) \quad (3)$$

Dónde: f es el conjunto de las empresas $T \in [t - k, t]$ es la venta móvil π_i^f es el precio de servicio i es encargado de la empresa y p_i^f es el peso π_i^f con $\int_T^t = \sum_{f \in F} P_i^f(T)$ al elegir K es la importancia del impacto de los precios históricos en el mercado el cual es especificado, en el juego evolutivo de la teoría de la demanda según la ecuación (4).

$$\frac{dD_i^f(t)}{dt} = \eta_i^f(t)(\pi_i^f(t)) \quad (4)$$

Con η_i^f es la variación de la sensibilidad del precio de la demanda, controla la rapidez con la cual cambia su precio en el mercado Esta ecuación describe la relación entre la demanda y los precios [13]. Es posible que los datos se los obtenga de manera arbitraria pero como se muestra en la tabla 3, las potencias generales de varios equipos de uso residencial.

Tabla 2. Muestreo de valores acorde al uso de las cargas residenciales de mayor uso[1]

Equipo	Potencia	Equipo	Potencia
Computador	240W	Plancha	1100W
Equipo de sonido	50W	Ducha	3000W
Nevera	400W	Aire acondicionado	900-1500W
DVD	20W	Vitrocerámica	900-2000W
Lavavajillas	1500W	Ventilador	150W
Horno	1200-2200W	Aspiradora	600W

Los ingresos de carga de la empresa en cada periodo de tiempo se puede calcular multiplicando el precio especificado y la demanda realizada. La tasa de descuento nominal

o tasa de interés r se utiliza para calcular el valor presente neto de los ingresos. La demanda de los clientes y de la sensibilidad de los precios evoluciona con el tiempo de acuerdo a la dinámica introducida en las secciones anteriores. MCMC estima el modelo de Estado-Espacio Con Dinámica del Estado Partiendo de una *ecuación (5)* paramétrica y asumiendo una dinámica regresiva con respecto a la dinámica de los precios.

$$m1 = 1, m2 = 1, f1 = \emptyset \quad (5)$$

Esta es un estado de la *ecuación (6)* reducida.

$$n_t = \emptyset n_{t-} + u_t, u_t \sim N(0, \sigma^2) \quad (6)$$

En nuestra estimación bayesiana implementado MCMC, elegimos la siguiente conjugadas distribuciones previas para los parámetros en el modelo de espacio de estado.

En nuestra estimación bayesiana implementado MCMC, elegimos las siguientes conjugadas distribuciones previas para los parámetros en el modelo de espacio de estado como se representa en la siguiente *ecuación (7)*. [15]

$$\sigma^2 \sim IG(a0, b0), w^2 \sim IG(c0, d0) \text{ y } \emptyset \sim N(u\emptyset, \sigma^2) \quad (7)$$

1. Inicializando $\sigma^2, w^2, \emptyset, n_t$ para $t=1, 2, \dots, K$
2. Actualizando la variable de errores en el estado de ecuación σ^2 . Desde la probabilidad normal.

4.6. Limitaciones de electrodomésticos individuales.

Los aparatos eléctricos de uso doméstico son especificados acorde al uso de cada usuario esto es la restricción de cada aparato el cual no debe desconectarse antes de un determinado límite de tiempo y no desconectar en pleno trabajo que podría ocasionar algún tipo de daño al equipo por desconexión imprevista como se representa la *Figura 6*. [16]

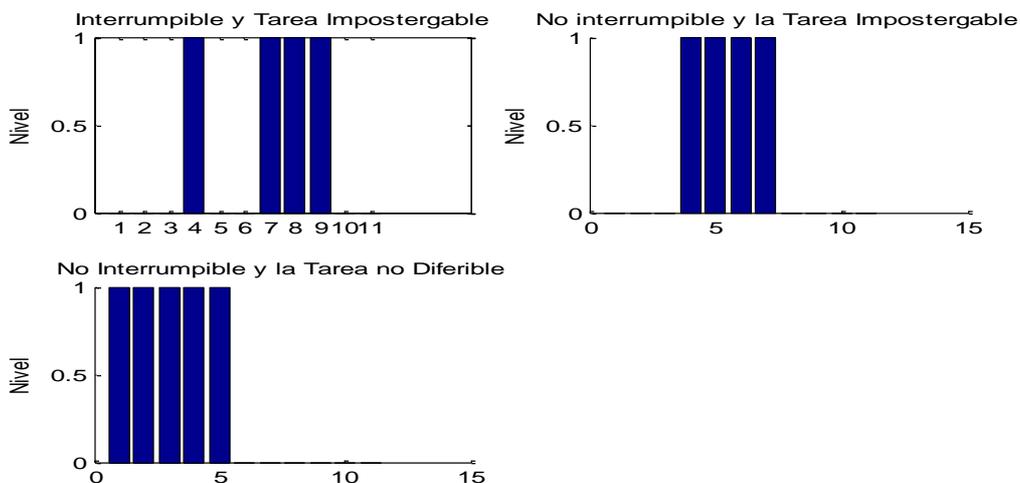


Figura 6 Ejemplos ilustrativos de los tres tipos de tareas de aparatos residenciales [16]

4.7. Algoritmo de Montecarlo basado en las cadenas de Markov.

Los métodos basados en MCMC son una herramienta de gran ayuda por facilidad de modelamiento paramétrico aplicado y cuyo caso son intratables de manera que analíticamente no se podría llegar a un resultado por su complejidad matemática de resolverlo. La gran parte de estos problemas en estadística son la falta de datos que vienen incompletos o inexistentes, pero con la tecnología se ha podido facilitar el cálculo del mismo en la optimización. Lo que se pretende es generar una variable aleatoria la cual tenga a X con una distribución de probabilidad de $\pi(x)$, lo que con esto no es posible mostrarla directamente, para ellos es preciso usar MCMC.[17]

Las cadenas de Markov son secuencias de variables aleatorias las cuales llegan a satisfacer ciertas propiedades, tenemos entre ellas que el estado de las variables, está en estado infinito o finito numerable para todas las variables que se encuentran en secuencia como se muestra en la ecuación (8). Estas es la llamada propiedad de Markov.

$$P(X_t = j | X_{t_0} = i_0, X_{t_1} = i_1, \dots, X_{t_{n-2}} = i_{n-2}, X_s = i) = P(X_t = j | X_t) \quad (8)$$

4.8. Método de Monte Carlo vía Cadena de Markov

Los métodos de Montecarlo vía Cadenas de Markov se los utiliza cuando se requiere obtener una muestra de valores generados a partir de una función que se presenta en la ecuación (9) de densidad o también llamada probabilidad. [17]

$$\pi(x) = \frac{h(x)}{c} \quad (9)$$

Teniendo como dominio un conjunto de S donde $h(.)$ Es una función con forma conocida y c es la constante normalizada, es c decir es tal como se muestra en la ecuación (10):

$$\int_S \pi(x) dx = 1 \quad (10)$$

Algunos de los casos donde los métodos de Montecarlo vía cadenas de Markov son de utilidad son cuando el espacio de estados S es grande haciendo que la constante c no sea fácil de calcular, o cuando $h(.)$ es multidimensional y no existe un algoritmo implementado en algún paquete que se pueda usar para simular valores, o cuando la forma de $h(.)$ es conocida pero no puede ser identificada con alguna función de densidad

(probabilidad). Cuando usamos el Método de Markov, el propósito es construir una cadena o procesos de Markov ergódico con espacios de estado S y distribución límite (estacionaria) $\{\pi\}: x \in S$ por ende lo que tiene que ser construido es la mencionada cadena donde

$X = \{X_n: n = 1, 2, 3, \dots\}$. Con espacio de estado de dominio de $h(\cdot)$, es decir el conjunto S tal que X sea orgánica y tal que para $P_{xy}^{(n)}$, $x, y \in S$ las probabilidades de transición en n pasos de X , tengamos en la ecuación (11).

$$\lim_n P_{xy}^{(n)} = \lim_n P(X_n = y | X_0 = x) = \pi(y) \quad (11)$$

Para entrar al análisis de probabilidad con datos incompletos, se elimina datos o a su vez aumentar datos de tal manera que son sacados por medio de la media de la variable o predicción obtenida mediante la regresión, pero estos métodos no aportan con los datos suficientes para poder realizar una análisis y queda la incertidumbre por su ineficiencia y distorsión.

Aunque en principio este método fue hecho con otras intenciones las cuales fueron las bases de datos múltiples. Sea $X = (X_1, \dots, X_k)$ un vector aleatorio, k dimensional con distribución de probabilidad de π . Si hay valores de distribución condicionadas completas π_i es decir de las variables aleatorias y eso se muestra en la ecuación (12).

$$X_i | X_1, \dots, X_{i-1}, X_{i+1}, \dots, X_k \sim \pi_i(X_i | X_1, \dots, X_{i-1}, X_{i+1}, \dots, X_k) \quad (12)$$

Para $i = 1, 2, 3, \dots, K$ y el generador de Gibbs va generando y actualizado valores de vector interactivo ecuación (13)

$$\text{Dado } x^n = (x_1^n, \dots, x_k^n) \quad (13)$$

Genera

$$X_1^{n+1} \sim \pi_1(x_1 | x_2^n, \dots, x_k^n)$$

$$X_2^{n+1} \sim \pi_2(x_2 | x_1^n, \dots, x_k^n)$$

$$X_3^{n+1} \sim \pi_3(x_3 | x_1^n, \dots, x_k^n)$$

$$X_k^{n+1} \sim \pi_k(x_k | x_1^{n+1}, x_2^{n+1}, \dots, x_{k-1}^{n+1})$$

Un problema a la hora de solucionar un MCMC es determinar cuándo se produce una convergencia a la distribución estacionaria.

4.9. Modelamiento en Matlab.

De manera general se realizó este desarrollo del trabajo mediante un modelo dinámico, en primer lugar se realizó los estados de comportamiento de las cargas residenciales a partir de los datos que se lograron obtener mediante las encuestas que se realizó en el sector residencial que variaban acorde al tiempo de uso de actividad y del equipo. Seguido con la revisión técnica del comportamiento de las cargas se tabularon los cuales lanzan tablas y modelos de carga dinámica las mismas que fueron tomadas las cargas considerables y de uso cotidiano, para lo cual se utilizó las herramienta de Excel. Posteriormente se llegó a tener varios tipos de modelos el mismo que se combinaron y se obtuvo una sola gráfica general del comportamiento de las cargas por sectores y equipos.[18] Estos parámetros varían significativamente dependiendo de los usos que se les dé en el transcurso del día y también dependiendo del día ya sea en feriado o fin de semana. Y esto se lo puede ver en la parte de la *Figura 2*. Como en el programa realizado en Matlab tiene como variables entrantes las gráficas de curvas de estabilización de carga y el número aleatorio que se lo realizo con la estrada de programación *rand* , como en la *Tabla 3*

Tabla 3. Muestras de los ingresos de los números aleatorios por medio de Matlab[18]

Columnas 1 through 12											
0.0446	0.0447	0.0448	0.0451	0.0450	0.0451	0.0451	0.0451	0.0451	0.0452	0.0451	0.0451
Columnas 13 through 24											
0.0451	0.0452	0.0451	0.0451	0.0451	0.0451	0.0451	0.0452	0.0452	0.0452	0.0451	0.0451

Se utiliza el modelo de Montecarlo y una función la cual consiste en proceso aleatorio en el que un estado depende de otro y que no se van a repetir, lo que quiere decir que la probabilidad de transición estará atado a la transición próxima. [18]

El proceso de Montecarlo se lo realiza en el programa para poder aplanar la curva de cargas eléctricas residenciales, se puede apreciar en el siguiente flujograma, en el indica cómo se ingresa los datos que se necesita y para el caso que requiera más muestras de graficas de la estabilización así como el valor de números aleatorios que se necesite para que realice una estabilización y por medio el aplanar las curvas donde mayores picos que se provocan en horas de mayor demanda y se lo representa en la *Figura 7*.

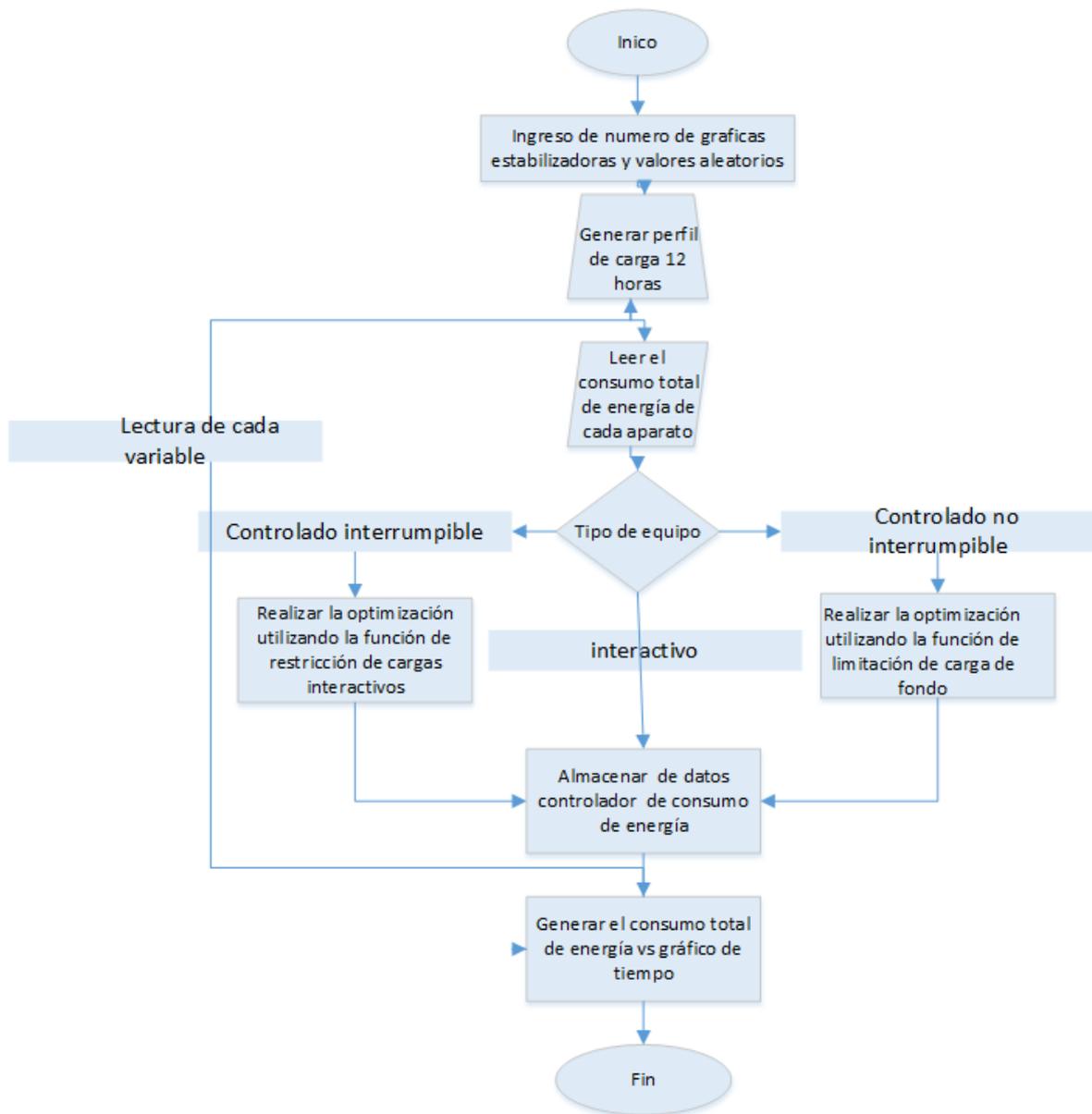


Figura 7 Representación en flujograma el proceso de Matlab y la exportación en Excel.[19]

Este algoritmo tiene como objetivo optimizar la carga residencial en un intervalo de tiempo por cada hora hasta que se obtenga el vector de consumo, esto es encontrar las puntas de mayor demanda y tiene que estabilizar la curva de carga, para que la cantidad de energía sea la menor al momento de pagar su valor y genere rentabilidad al usuario, una vez encontradas las puntas llegan ser desconectados ciertos equipos que no se encuentran en consumo o que tiene un consumo demasiado bajo, lo que quiere decir que solo se encuentran conectados más no están en estado activo, para cada carga o aparato de consumo se genera una variable aleatoria automática por medio de los números aleatorios ecuación (14).

$$X_1, \dots, X_n \text{ con } X_{1n+1} = f(X_n) \quad (14)$$

Para tener una idea de lo que nos ayuda el programa de Matlab en la creación de números aleatorios ya que de manera manual esto resultaría muy tedioso y como se presenta en la siguiente *Tabla 2*.

Tabla 4. *Tabla que muestra una secuencia de números aleatorios generados mediante centro de cuadrados[20]*

n	n^2	X_i
24	0/50/2	0.4
10	40/90/0	0.90
90	8/10/0	0.10
52	2/70/4	0.7
10	0/10/0	0.10
10	40/50/2	0.54
.....

En la siguiente parte veremos cómo se generan los números aleatorios los programas de Matlab los cuales están en un valor de (0:01). La mayoría de los generadores de este tipo de números vienen dadas mediante valores iniciales de reloj y la serie generada es independiente, rápida, consume lo menor en memoria del computador sencilla de utilizar y eficiente como se puede apreciar en la siguiente *Figura 8*.

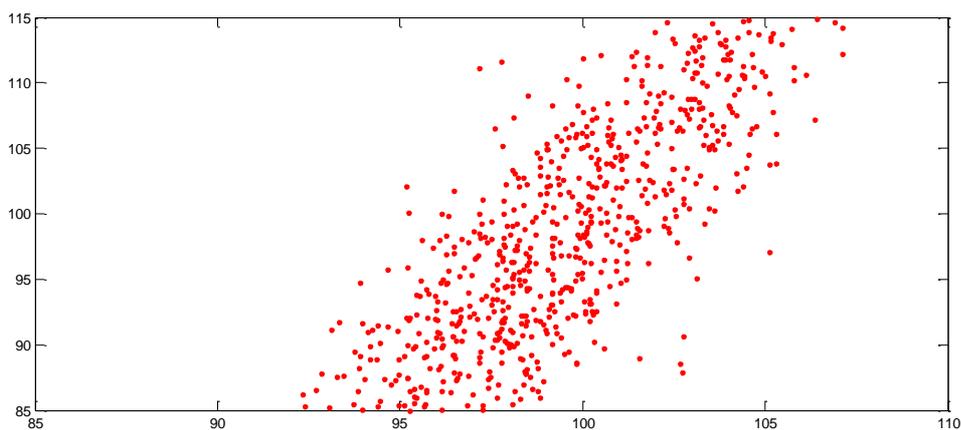


Figura 8 *Números aleatorios distribuidos de manera uniforme de (0:100) generados con la función rand en Matlab[21]*

Ahora aplicando en el método de Montecarlo dentro de una función la cual nos permite realizar una estabilización de la curva de carga en la parte residencial vamos a observar en

la gráfica que ilustra Matlab por cada uno de las iteraciones que ponemos como dato de entrada en el programa, se puede apreciar como se estabiliza la carga y esto a su vez al ser exportados a la hoja de datos de Excel, donde se encuentran las cargas y gráficas de los usos de los equipos de la residencia los mismo que están representados de manera gráfica y se puede apreciar en la horas picos de mayores demanda y a la ves cómo se va optimizado y aplanando la misma curva. [4] [22]. Para lograr apreciar esta parte donde se requiere más cantidad de números aleatorios para obtener una rapidez con la cual se estabiliza, también se tendrá limitadores los cuales nos representaran los números aleatorios los cuales no entrarán por su valor alto en la parte de optimización, porque puede llegar tener otros valores que no son los deseados y alterar la curva como se muestra en la *Figura 9*.

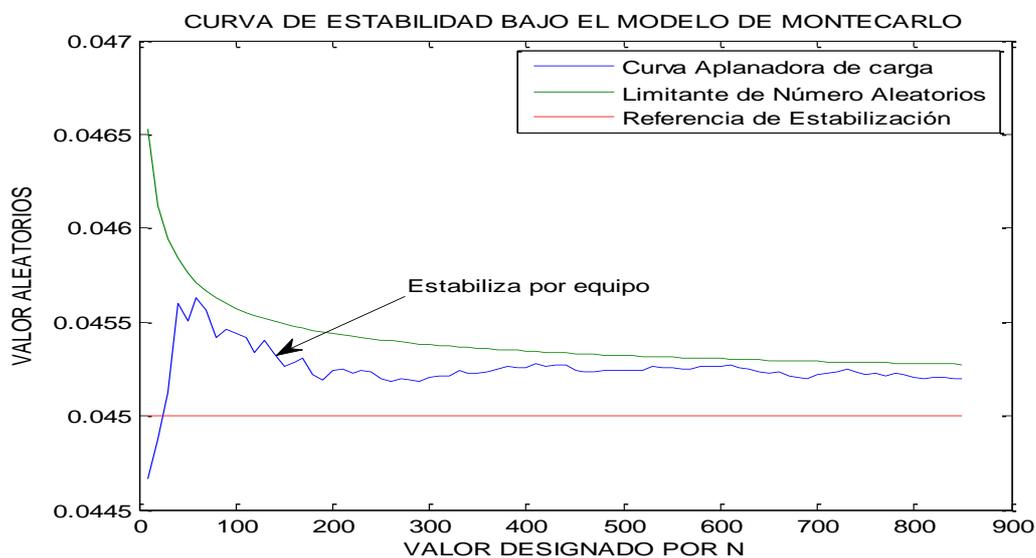


Figura 9 Gráfica estabilizadora bajo el modelo de Montecarlo realizada en Matlab[23]

La probabilidad de simular la actividad de uso de los electrodomésticos varía en todo el día ya que los usos son diferentes por la cotidianidad del usuario, las variables en el tiempo deben ser desarrolladas para todo el día, lo cual serán 24 variables ya que son las 24 horas del día, se lo realizo por hora por la facilidad de simular y graficar, en el caso de realizar por minutos el proceso vendría ser más demoroso. [24] Como en la *Figura 10*, cada cambio de actividad depende del uso de los equipos.

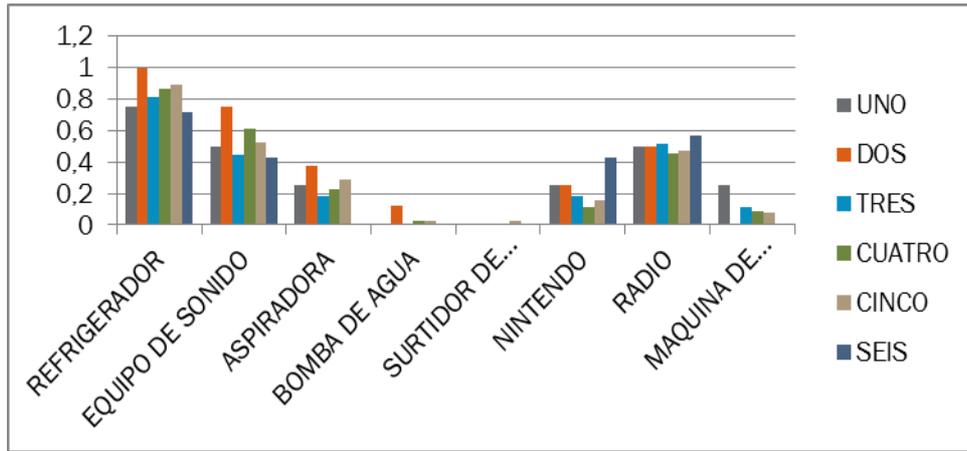


Figura 10 Representación de consumo de cada equipo de consumo residencial con los distintos tipos de usuarios[24]

4.10. Modelos de curva de carga de la cocina.

La residencia ocupa varios equipos a la vez, sean estos microondas, refrigeradoras, batidoras, cocina, hornos, etc. Son varios las cargas que deberían realizar un estudio exhaustivo con los datos aleatorios y llevaría mucho tiempo, pero en este caso solo vamos a tomar una sumatoria total de las cargas, tal como se muestra en la Figura 11, también se puede observar que las puntas de cargas son diferentes ya que los ocupa tres vez al día lo que quiere decir que son una de las mayores carga que tiene una residencia. Con el modelado se puede observar que las cargas se disminuyen considerablemente en el caso de apagar equipos que no se usan en la hora pico. Esta carga es de energía constante e instantánea, y la demanda aumenta cada vez que un ocupante está en la actividad de preparación de alimentos.[25] [11][26]

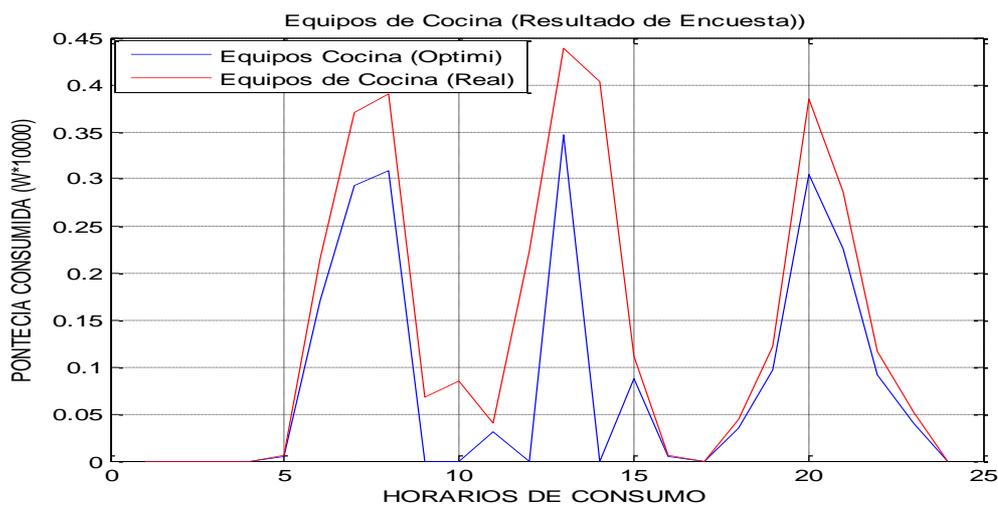


Figura 11 Curva de carga de equipos de cocina (resultado de la encuesta) [26]

4.11. Curva de carga de Lavadoras.

Para este caso el consumo de energía es elevado ya que tiene ciclos de lavado y cada uno de los ciclos tiene un lapso de 45 minutos como mínimo. Para ello se simplifica los ciclos de lavado y se conserva una constante general de los ciclos de tal manera que solo quedara un ciclo de lavado y otro de centrifugado tal como se aprecia en el *Figura (12)*, de tabulación, y la optimización realizada con el modelo.

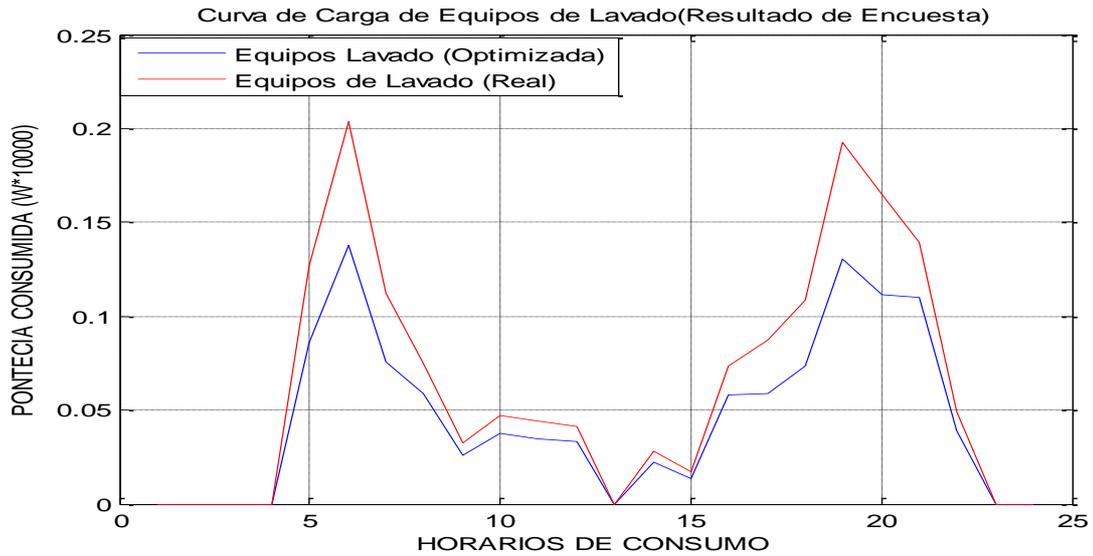


Figura 12 Curva de Carga de Equipos de Lavado (Resultado de la encuesta) [26]

4.12. Curva de carga de Iluminación.

Este caso de iluminación se debe tener presente que es una carga que depende directamente del usuario acorde a su comportamiento y estos pueden ser cuando el usuario se encuentra dentro de la casa y está despierto, otra ocasión es cuando se encuentra en casa, pero está dormido ya que quedan luces externas perdidas, el caso último sería cuando no se encuentra en la casa y las luces quedan apagadas. La demanda en estado activo se la define tal como se la muestra el siguiente *ecuación (15)*.

$$P_{active} = \left\{ P_{min} \frac{L}{L_{limit}} + P_{max} \left(1 - \frac{L}{L_{limit}} \right) \right\} \quad (15)$$

$$L > L_{limit}$$

En este caso las mayores cargas tienen horas pico, desde las 16 horas hasta 22 horas, y en el resto del día la claridad tiene su mayor resplandor lo cual evita que se prendan las luces y esto es una ayuda para el sistema eléctrico y no es una carga constante como es el caso de las refrigeradoras. Para poder realizar un consumo bajo es necesario cambiar las luces incandescentes o fluorescentes por las luminarias led. Y los resultados esperados no

modifican la luz ni la curva de carga de manera brusca ya que la idea principal de este trabajo es no perder el confort del usuario solo rebaja la curva como se muestra en la siguiente *Figura (13)*.

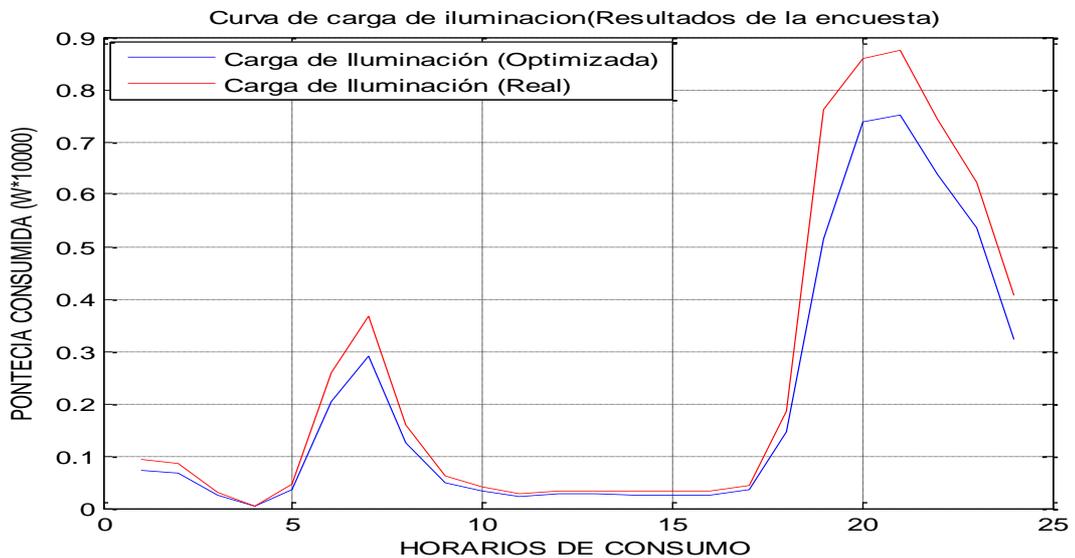


Figura 13 Curva de carga de iluminación (Resultados de la encuesta) [26]

4.13. Modelado de la curva de equipos de aseo.

Si bien dentro de una residencia se tiene varios tipos de carga no se puede tomar un estudio por cada equipo, ya que el trabajo se alargaría más, por esta razón el nivel de carga de una residencia será una carga totalmente variable. Según estudios realizados dice que se tiene un 53% W por cada habitante, como se observa en la *Figura 14*, este tipo de equipos no se mantienen prendidos ya que su uso es espontáneo y no usual, pero no dejan de ser equipos de consumo masivo por el colectivo.

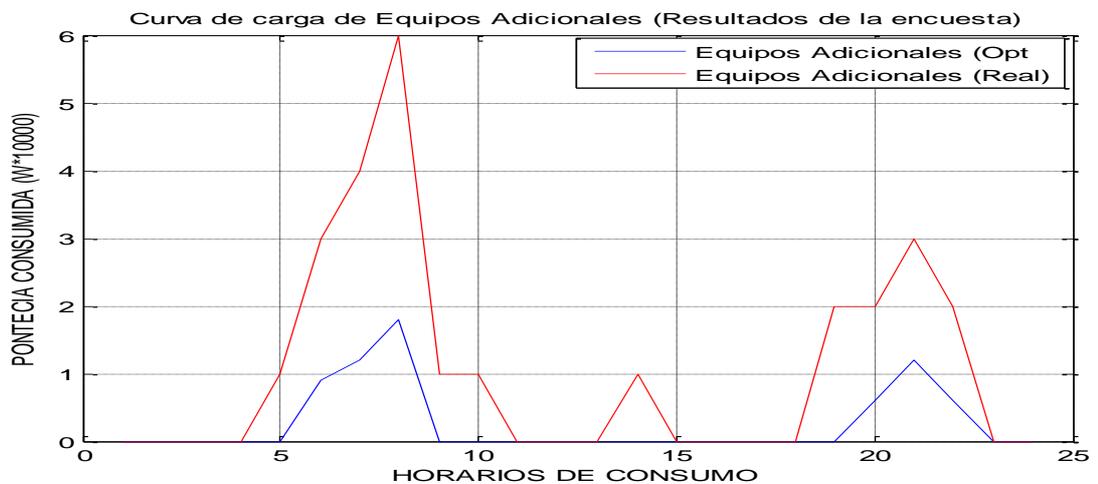


Figura 14 Curva de carga de equipos de adicionales (resultados de la encuesta) [26]

El resultado de las cargas totales mostradas de manera de porcentajes se muestra en la *Figura 15*. Las potencias nominales se tomaron de manera general ya que cada equipo varía acorde a la marca y al uso. Para ello ciertas tecnologías están creando cargas reprogramables, las cuales tienen la opción de crear programación para los horarios de uso en el encendido y apagado automático como el caso de las lavadoras, microondas, secadoras, etc. Todo esto sin alterar el confort del usuario. [27]

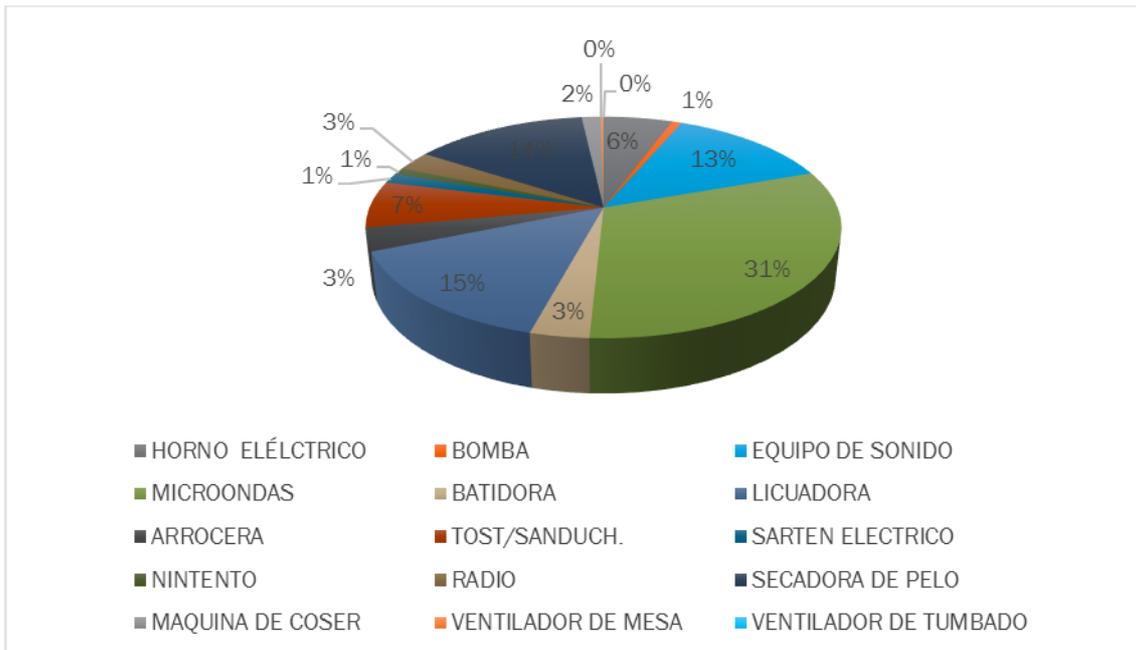


Figura 15 Valores en porcentajes de consumo KW. [12]

5. RESULTADOS ESPERADOS

1. Modelamiento de cargas matemático basado el método de Markov.
2. Aplicación del modelo matemático en la parte de cargas residenciales.
3. Optimización de la energía por desconexión de los equipos.
4. Aplanar la curva de carga en horarios de mayor demanda eléctrica para reducción de pagos de consumo eléctrico.

6. TÁCTICA PARA LA DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Dentro de las tácticas de propagación de la investigación se pretende manifestar de las siguientes formas:

- El trabajo de fin de carrera realizado será entregado de manera impresa en la Biblioteca de la UPS para su difusión.
- En las Jornadas Científica de Ingeniería Eléctrica las cuales se realizan mediante la institución u otros centros de investigación.

7. SECTORES A LAS CUALES SE APORTA COMO BENEFICIO

Los sectores beneficiados son siguientes:

- Personas los culés se relacionas directamente con el proyecto de investigación.
- Centro de educación Universidad Politécnica Salesiana
- Sectores que tienen interés de investigación los culés tienen el mismo lineamiento ya sean públicos y privados

8. CONCLUSIONES

La reducción de energía y el costo del consumo de las misma ha llegado a ser una de las razones más importante para llegar al desarrollo de nuevos métodos para reducir la curva de demanda en horas pico, basados en resultados de las encuestas de la forma y tiempo de uso de cada uno de los usuarios residenciales por ende este método de Montecarlo simula el control de las cargas eléctricas dentro de una residencia, la misma que reduce la energía en horas de demanda pico y por ende reduce la curva de demanda por medio de las desconexiones de las cargas según la necesidad del usuario o equipos de control automática, y se las puedan dar uso en otras horas del día donde la energía tenga un valor económico menor al de las horas pico.

Los benéficos que obtiene aplicando este método se los puede apreciar de manera considerable en la programación de los equipos automátatas, ya que es un modelado que ayuda a disminuir las cargas que consumen energía, y se llega aprovechar la misma infraestructura que tiene los usuarios sin la necesidad de aplicar grandes inversiones por nuevas instalaciones.

En el sector residencial tenemos cargas de alta demanda e interrumpibles, como son el caso de la refrigeración o el aire acondicionado por el hecho que se mantienen productos de alimentación u otros, y el usuario exige no descontarlas, ya que se vería afectado directamente con el confort.

Los principales objetivos fue llevar este método a reducir las cargas de las instalaciones de una residencia lavadoras, equipos de sonido, etc. Aprovechar al máximo posible el recurso de la energía eléctrica siempre y cuando asegurar el correcto funcionamiento de los mismos electrodomésticos.

9. RECOMENDACIONES

Los usuarios de la energía eléctrica deben mantener claro que al ahorrar energía eléctrica en horarios de consumo masivo, esto se vería reflejado de manera económica y partiendo de este trabajo de investigación y modelamiento aplicar en la programación control de equipos residenciales los cuales deberían ingresar las variables que influyen en las cargas eléctricas y tener en cuenta los días festivos y días de trabajo con la intención de tener un aproximado a las cargas, este trabajo debería ser ingresado a pruebas que garanticen las necesidades del usuario y no afecten el confort.

Cabe mencionar que este trabajo tomo como base los datos de las encuestas las cuales indicaron los consumo de los usuarios de diferentes tipos residenciales como los clasifica la empresa distribuidora, pero solo es aplicable para los casos de bajo y medio consumo ya que estos tienden a ser más estables en el caso de los usos de los equipos.

10. REFERENCIAS

- [1] 纪雁 and 普莱尼奥斯, 可持续建筑设计实践. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
- [2] H. J. Vermeulen and T. Nieuwoudt, "Optimisation of residential electric appliance load schedules to minimise expenses to the client," 2014, pp. 1–6.
- [3] A. R. Vidal, L. A. Jacobs, and L. S. Batista, "An evolutionary approach for the demand side management optimization in smart grid," 2014, pp. 1–7.
- [4] Y. Petetin and F. Desbouvries, "A semi-exact sequential Monte Carlo filtering algorithm in Hidden Markov Chains," 2012, pp. 595–600.
- [5] N. Kinhekar, N. P. Padhy, and H. O. Gupta, "Demand side management for residential consumers," 2013, pp. 1–5.
- [6] H. P. Khomami and M. H. Javidi, "Power System Studies and Restructuring Laboratory (PSRES), Department of Electrical Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Iran," 2013, pp. 307–312.
- [7] A.-H. Mohsenian-Rad, V. W. S. Wong, J. Jatskevich, R. Schober, and A. Leon-Garcia, "Autonomous Demand-Side Management Based on Game-Theoretic Energy Consumption Scheduling for the Future Smart Grid," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 1, no. 3, pp. 320–331, Dec. 2010.
- [8] Z. Zhu, J. Tang, S. Lambotharan, W. H. Chin, and Z. Fan, "An integer linear programming based optimization for home demand-side management in smart grid," 2012, pp. 1–5.
- [9] A. Barbato, A. Capone, G. Carello, M. Delfanti, M. Merlo, and A. Zaminga, "House energy demand optimization in single and multi-user scenarios," 2011, pp. 345–350.
- [10] L. Bayas, M. Jaramillo, E. Betancourt, and J. P. Reinoso, "La tarifa horaria en el Ecuador como incentivo de eficiencia energética," 2009.
- [11] M. C. Bozchalui, S. A. Hashmi, H. Hassen, C. A. Canizares, and K. Bhattacharya, "Optimal Operation of Residential Energy Hubs in Smart Grids," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 3, no. 4, pp. 1755–1766, Dec. 2012.
- [12] J. L. Cerda and R. Palma-Behnke, "Estrategias de Control de Demanda a base de Generación Distribuida para una Compañía de Distribución."
- [13] B. Do Chung, J. Li, T. Yao, C. Kwon, and T. L. Friesz, "Demand Learning and Dynamic Pricing under Competition in a State-Space Framework," *IEEE Trans. Eng. Manag.*, vol. 59, no. 2, pp. 240–249, May 2012.

- [14] Z. Chen, L. Wu, and Y. Fu, "Real-Time Price-Based Demand Response Management for Residential Appliances via Stochastic Optimization and Robust Optimization," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 3, no. 4, pp. 1822–1831, Dec. 2012.
- [15] C. Alasseur, L. Husson, and F. Perez-Fontan, "Application of Monte Carlo Markov chain to determination of hidden Markov model for mobile satellite channels," 2004, vol. 1, pp. 186–190.
- [16] A.-H. Mohsenian-Rad and A. Leon-Garcia, "Optimal Residential Load Control With Price Prediction in Real-Time Electricity Pricing Environments," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 1, no. 2, pp. 120–133, Sep. 2010.
- [17] W. Kim and K. M. Lee, "Markov chain monte carlo combined with deterministic methods for markov random field optimization," 2009, pp. 1406–1413.
- [18] M. Pipattanasomporn, M. Kuzlu, and S. Rahman, "Demand response implementation in a home area network: a conceptual hardware architecture," 2012, pp. 1–8.
- [19] Z. Bingliang, S. Yutian, L. Bingqiang, and L. Jianxiang, "A modeling method for the power demand of electric vehicles based on Monte Carlo simulation," 2012, pp. 1–5.
- [20] "INTRODUCCIÓN A LA CADENA MARKOV MONTE CARLO 1 Introducción MCMC - doc,docx,pdf Documento Descarga Gratuita." [Online]. Available: <http://www.justdocument.com/download/35721556577/introduccion-a-la-cadena-markov-monte-carlo-1-introduccion-mcmc/>. [Accessed: 24-Jun-2015].
- [21] "Monte Carlo simulations using MATLAB - File Exchange - MATLAB Central." [Online]. Available: <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/17964-monte-carlo-simulations-using-matlab>. [Accessed: 21-Oct-2015].
- [22] N. Bergman and A. Doucet, "Markov chain Monte Carlo data association for target tracking," 2000, vol. 2, pp. II705–II708.
- [23] E. Mashayekhi and M. R. Aghamohammadi, "Transient voltage stability constrained optimal sizing of wind farm considering uncertainty of wind speed," 2014, pp. 774–781.
- [24] B. J. Johnson, M. R. Starke, O. Abdelaziz, R. K. Jackson, L. M. Tolbert, and others, "A method for modeling household occupant behavior to simulate residential energy consumption," 2014, pp. 1–5.
- [25] B. J. Johnson, M. R. Starke, O. A. Abdelaziz, R. K. Jackson, and L. M. Tolbert, "A MATLAB based occupant driven dynamic model for predicting residential power demand," 2014, pp. 1–5.
- [26] K. Hirose, T. Matsumura, and M. Yamasaki, "Cost-benefit analysis of emergency backup power systems for mission critical applications," 2010, pp. 1–7.
- [27] S. S. Cho, "Energy-Efficient Smart Home System: Optimization of Residential Electricity Load Management System," 2013.