



**Universidad Andina Simón Bolívar
Sede Ecuador**

Área de Gestión

**Programa de Maestría
en Dirección de Empresas**

**EVALUACIÓN DEL COSTO - BENEFICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA NO
SERVIDA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO ECUATORIANO DURANTE EL
PERÍODO 2007-2008**

María Verónica Flores Soria

2009

Al presentar esta tesis como uno de los requisitos previos para la obtención del grado de magíster de la Universidad Andina Simón Bolívar, autorizo al centro de información de o a la biblioteca de la universidad para que haga de esta tesis un documento disponible para su lectura según las normas de la universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de esta tesis dentro de las regulaciones de la universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Andina Simón Bolívar la publicación de esta tesis, o de parte de ella, por una sola vez dentro de los treinta meses después de su aprobación.

María Verónica Flores Soria

25 de junio de 2009



**Universidad Andina Simón Bolívar
Sede Ecuador**

Área de Gestión

**Programa de Maestría
en Dirección de Empresas**

**EVALUACIÓN DEL COSTO - BENEFICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA NO
SERVIDA EN EL SISTEMA ELÉCTRICO ECUATORIANO DURANTE EL
PERÍODO 2007-2008**

María Verónica Flores Soria

2009

Tutor: Eco. Esteban Melo

Quito - Ecuador

RESUMEN

Los sistemas eléctricos son planificados y operados con criterios de seguridad, calidad y confiabilidad, sin embargo en ausencia de los recursos suficientes, estos criterios son vulnerados, como ocurre a menudo en el sistema eléctrico ecuatoriano.

La calidad del servicio de energía eléctrica se determina a través de los parámetros eléctricos frecuencia, voltaje y continuidad de servicio.

La falta de continuidad del servicio de energía eléctrica afecta al bienestar de los consumidores, teniendo impactos económicos negativos, siendo los consumidores industriales los que mayores pérdidas económicas experimentan con la interrupción del servicio, por lo que se estima que todo este grupo de consumidores están dispuestos a pagar por la continuidad del servicio.

En el sistema eléctrico ecuatoriano, aproximadamente el 60% de los consumidores residenciales son beneficiarios de la tarifa de la dignidad (tarifa subsidiada por el Gobierno Nacional), quienes no estarían dispuestos a pagar por la continuidad del servicio de energía eléctrica. Aproximadamente el 27% de los consumidores comerciales no serían afectados por la interrupción del servicio eléctrico, quienes tampoco estarían dispuestos a pagar por la continuidad de servicio.

Con la recaudación por el pago por continuidad de servicio, se debe establecer los mecanismos de compensación económica y seguros, a aquellos consumidores que han experimentando la interrupción de servicio.

Al conocer el costo de energía no servida, el planificador es capaz de determinar bloques de demanda de energía eléctrica por tipo de consumidor a ser interrumpida, al presentarse escasez en la oferta o altos costos de generación de energía eléctrica.

A mi familia por su cariño y su apoyo

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco al Economista Esteban Melo, quien como director de tesis me ha brindado su dedicación y esfuerzo durante el desarrollo de este trabajo.

Agradezco a la Universidad Simón Bolívar, por los conocimientos compartidos por su cuerpo docente.

También quiero agradecer a mis compañeros del CENACE, quienes me han apoyado, compartiendo su conocimiento e información requeridos para la elaboración de esta tesis.

Mi especial agradecimiento a mi familia, en especial a mi esposo, por su apoyo incondicional, quienes siempre serán la razón de mi vida.

CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1	5
1. DESCRIPCIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO.....	5
1.1. MERCADO ELECTRICO MAYORISTA ECUATORIANO	5
1.2. MODELO DE DESPACHO ECONÓMICO EN UN SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA	9
1.3. CÁLCULO DEL COSTO MARGINAL EN EL MERCADO ELECTRICO MAYORISTA DEL ECUADOR.....	11
1.4. DEFINICIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO.....	15
CAPÍTULO 2	17
2. DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	17
2.1. DEFINICIÓN	17
2.2. ELASTICIDAD DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	21
2.3. TIPOS DE DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO ECUATORIANO	25
2.4. DEFINICIÓN DEL COSTO DE ENERGÍA NO SERVIDA.....	29
2.5. METODO PARA LA EVALUACIÓN DEL COSTO DE ENERGÍA NO SERVIDA.....	37
CAPITULO 3	52
3. ESTIMACIÓN DEL COSTO DE PÉRDIDAS POR INTERRUPCIÓN DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	52
3.1. DESCONEXIONES DE CARGA DEL SISTEMA ELÉCTRICO ECUATORIANO.....	52
3.2. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS POR INTERRUPCIONES DE SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y EL COSTO DE ENERGÍA NO SERVIDA.....	56
CAPITULO 4	61
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
BIBLIOGRAFIA	65
ANEXOS.....	68

GLOSARIO DE TÉRMINOS:

Consumo: Es la cantidad de energía eléctrica utilizada por un consumidor, en un intervalo de tiempo.

Consumidor: Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación del servicio eléctrico, como receptor directo del servicio de energía eléctrica.

Continuidad del Servicio: Es la no interrupción del servicio de energía eléctrica que se da al consumidor mientras está utilizando este servicio.

Disponibilidad: La disponibilidad de operación es el tiempo que un elemento es capaz de proporcionar servicio, ya sea que se precise o no su funcionamiento.

Energía Eléctrica: Es la generación o uso de la potencia eléctrica por un equipo o dispositivo en un período de tiempo, que se expresa en Vatio - hora (Wh).

Frecuencia de las interrupciones: Es el número de veces, en un periodo determinado, que se interrumpe el suministro de energía eléctrica a un Consumidor.

Indisponibilidad: Es el tiempo en el cual una instalación no está disponible para el servicio.

Interrupción: Es el corte parcial o total del suministro de electricidad a los Consumidores del área de concesión del Distribuidor.

INECEL: Instituto Ecuatoriano de Electricidad

Mantenimiento: Conjunto de acciones y procedimientos encaminados a revisar y/o reparar un determinado equipo o instalación para mantener o recuperar su disponibilidad.

Mercado Eléctrico Mayorista (MEM): Este formado por las empresas de generación, empresas de distribución, la empresa de transmisión, grandes

consumidores y autoprodutores, incorporados al Sistema Nacional Interconectado y las Interconexiones Internacionales. En el MEM se realizan transacciones de compra y venta de energía eléctrica.

Operación: Es la aplicación del conjunto de técnicas y procedimientos que permiten mantener en funcionamiento o parar un equipo, instalación o sistema.

Potencia. Es la rapidez con respecto al tiempo de transferir o transformar energía.

Vatio (W): Es una unidad de medida de la potencia. Usualmente se usa múltiplos para utilizar esta unidad de medida, como por ejemplo el kilovatio (kW) y el megavatio (MW).

Vatio Hora (Wh): es una unidad de medida de la energía, usado generalmente para medir el consumo o producción de energía eléctrica. Usualmente se usa múltiplos para utilizar esta unidad de medida, como por ejemplo el kilovatio hora (kWh) y el megavatio hora (MWh).

INTRODUCCIÓN

ENFOQUE TEORICO.

En la planificación y operación del sistema eléctrico ecuatoriano, se realizan con criterios que minimizan los costos de la operación, para lo cual se utilizan programas computacionales que permiten optimizar la operación de las centrales de generación de energía eléctrica en función de los costos variables de operación, considerando los criterios de seguridad y calidad en el sistema eléctrico, señalados en el la Regulación CONELEC 006-00, Procedimiento de Despacho y Operación.

Debido a que actualmente el sistema eléctrico ecuatoriano, enfrenta retrasos en la expansión en el sistema de transmisión y en la generación, obliga en la planificación y en la operación a vulnerar los criterios de calidad de la operación, de seguridad y economía.

La calidad del suministro de energía eléctrica se mide a través de parámetros eléctricos, como son: la frecuencia, el voltaje y de la continuidad de servicio.

La importancia de la operación del sistema eléctrico respetando los criterios de calidad y seguridad, es la de preservar la vida útil de los equipos eléctricos industriales, comerciales y de los domicilios, y el de disminuir la probabilidad de la ocurrencia de fallas en el sistema eléctrico, sea en un elemento de transmisión o de una unidad de una central de generación, que den lugar a desabastecimiento total de la demanda de energía eléctrica.

La falta de continuidad del suministro de energía eléctrica, afecta el bienestar del consumidor dependiendo sobretodo de la actividad comercial que el individuo realiza.

Al consumidor residencial, la interrupción del suministro eléctrico, le impide realizar algunas de las actividades culturales y/o recreativas, como leer, estudiar, ver televisión, escuchar música, etc.; si la interrupción del servicio es prolongada puede ocasionar daños de los alimentos refrigerados, poner en riesgo la seguridad de los hogares por falta de iluminación y desactivación de alarmas.

A los consumidores comerciales, la interrupción del suministro de energía eléctrica les afecta en la seguridad en los locales comerciales por falta de alumbrado y desactivación de alarmas, por la pérdida de comodidad para los vendedores y clientes al quedar indisponibles aire acondicionado, ascensores, gradas eléctricas, etc., por las pérdidas económicas por reducción de ventas y por el daño de productos que requieren de refrigeración.

A los consumidores industriales, la interrupción del suministro de energía eléctrica les provoca pérdidas económicas por daño de materia prima, reducción o paralización del proceso de producción, daños de equipos eléctricos, pago de horas extras a los empleados para recuperar parte de la producción, y la necesidad de invertir en equipos de generación de energía eléctrica que le brinden el servicio temporalmente.

Resulta difícil determinar los costos reales que acarrea la suspensión total o parcial del suministro de energía eléctrica para cada tipo de consumidor; sin embargo para evaluar la conveniencia de incurrir en sobrecostos suponiendo la disponibilidad de esos recursos, o de la suspensión del servicio de energía eléctrica parcial, se requiere determinar el costo de energía no servida en el sistema eléctrico ecuatoriano, para lo cual se debe identificar el tipo de consumidor y el porcentaje de la demanda de energía eléctrica del sistema eléctrico ecuatoriano que le corresponde.

Conociendo el costo de energía no servida, en la planificación y en la operación del sistema eléctrico ecuatoriano se puede estimar mediante análisis económicos el costo o el beneficio de mantener niveles de seguridad altos con la operación de recursos costosos, o la de tomar la decisión de interrumpir el servicio de energía eléctrica de una parte de la demanda.

Los posibles orígenes de los racionamientos de energía eléctrica se presentan en la Tabla No 1.

Tabla N° 1
Origen de interrupción del suministro de energía eléctrica

Generación	Indisponibilidad de unidades de generación
	Lenta expansión del sistema de generación en relación al crecimiento de la demanda de energía eléctrica
	Salida inesperada de las unidades de generación, debido a daños que pueden sufrir durante la operación
Transmisión	Indisponibilidad de elementos del sistema de transmisión
	Lenta expansión del sistema de transmisión en relación al crecimiento de la demanda de energía eléctrica
	Salida inesperada de elementos de transmisión debido a fallas en el equipamiento asociado, como ejemplo producto de una descarga atmosférica
Distribución	Indisponibilidad de elementos del sistema de distribución
	Lenta expansión del sistema de distribución en relación al crecimiento de la demanda de energía eléctrica
	Salida inesperada de elementos de distribución debido a fallas en el equipamiento asociado

Las interrupciones del suministro de energía eléctrica pueden ser programadas o imprevistas.

Las interrupciones del suministro de energía eléctrica imprevistas corresponden a aquellas que ocurren por eventos sorpresivos y por lo tanto no pueden ser comunicadas a los consumidores finales, quienes no logran planificar sus actividades relacionadas con este servicio y esto ocasiona pérdidas económicas.

Las interrupciones del suministro de energía eléctrica programadas corresponden a interrupciones que han sido planificadas con anticipación y que han sido anunciados a los consumidores oportunamente, y por lo tanto los consumidores planifican sus actividades y pueden minimizar las pérdidas económicas.

CAPITULO 1

1. DESCRIPCIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO

1.1. MERCADO ELECTRICO MAYORISTA ECUATORIANO

A principios del siglo XX la inversión en la industria eléctrica estaba en manos de la empresa privada, cuyo fin era la de abastecer la demanda de energía eléctrica industrial y de los centros urbanos, el Estado participaba únicamente como observador; sin embargo las crisis económicas y políticas que vivió la humanidad debido a la carencia de recursos económicos, producto de eventos como la segunda guerra mundial, obligó a los Estados a invertir en esta industria y convertirse en el planificador y operador de la industria eléctrica, realizando grandes inversiones para dar mayor cobertura del servicio de energía eléctrica a la población y a la industria; sin embargo con el transcurso de tiempo, el suministro de energía eléctrica, como otros servicios públicos se volvió una herramienta política.

En varios países, entre ellos el Ecuador, el Estado adquirió fuertes deudas para financiar las obras de expansión de la industria eléctrica (generación, transmisión y distribución), pero en la década de los noventa, estas fuentes de financiamiento se agotaron y empezó la crisis de sector eléctrico, que se evidenció con los cortes del suministro de energía eléctrica durante varias horas del día, produciendo pérdidas económicas, sobretodo en los sectores comercial e industrial.

Como consecuencia de la crisis de la industria eléctrica y la tendencia universal a la liberalización de la economía y a la globalización en varios países del mundo, se planteó la reestructuración de la industria eléctrica, introduciendo la

competencia en búsqueda de la eficiencia del sector, minimizando el riesgo a los inversionistas, asegurándose de brindar el suministro de energía eléctrica con alta calidad y confiabilidad. Las reformas consistieron en la separación de las empresas, cambiando de organizaciones integradas verticalmente por organizaciones estructuradas horizontalmente, y es así como se inician los mercados eléctricos mayoristas de energía eléctrica.

Debido a las características naturales de los segmentos de distribución y transmisión de la industria eléctrica, en estos segmentos fue imposible introducir competencia, siendo necesarias normas que regulen estas actividades. Las características de los segmentos de generación y comercialización de energía eléctrica, si permitieron introducir competencia.

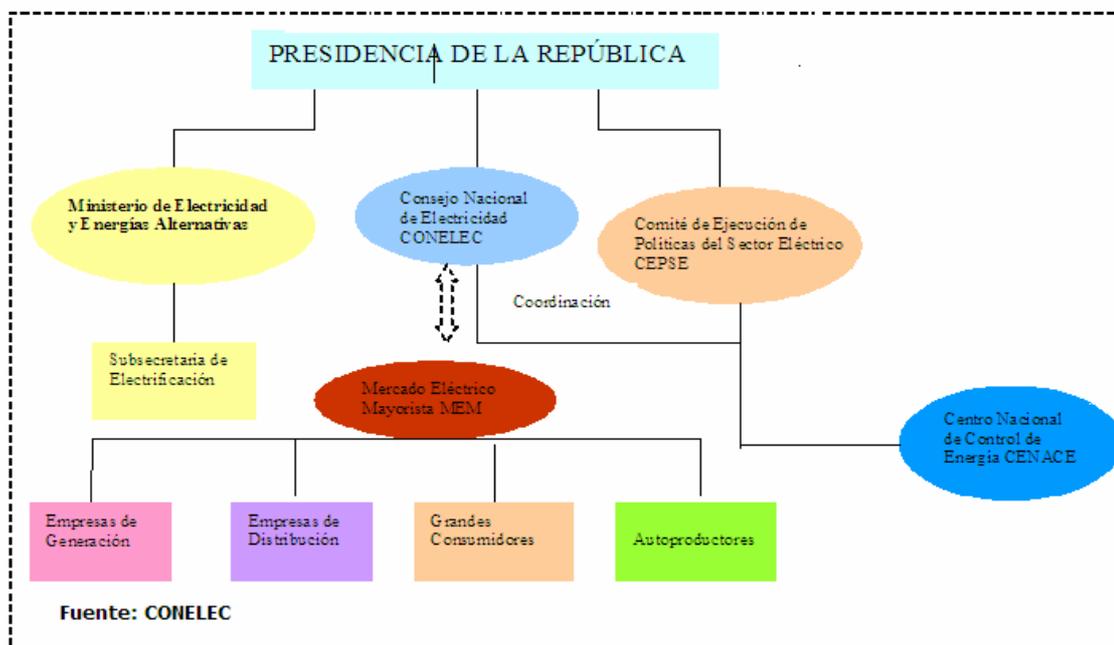
Con la promulgación de “La Ley de Régimen del Sector Eléctrico” en 1996, cuya aplicación inició el 1 de abril de 1999, se buscó una adecuada separación de las empresas en el sector eléctrico ecuatoriano. Con esta Ley, la transformación del sector eléctrico separó el monopolio en tres negocios: generación, transmisión y distribución, que se enlazan entre si en el mercado eléctrico mayorista de energía eléctrica

Las transacciones de compra y venta de energía eléctrica se desarrollan en el Mercado Eléctrico Mayorista Ecuatoriano MEM, en el que participan los generadores, distribuidores, grandes consumidores, autoprodutores y el transmisor. Además, participan: el Ente Regulador y de Control, el encargado de la administración y operación del sistema eléctrico y las interconexiones internacionales.

En el Gráfico N° 1, se muestra mediante un diagrama la estructura del Sector Eléctrico Ecuatoriano.

Gráfico N° 1

ESTRUCTURA DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO



Autoproductores: Son productores independientes de energía eléctrica, que generan para su propio consumo (demanda de potencia y energía eléctrica), y que pueden tener excedentes que pueden poner a disposición de agentes del mercado Eléctrico mayorista o al mercado ocasional. Las instalaciones de generación del autoproducer y los consumos propios pueden como no estar unidos físicamente. Al estar las instalaciones de generación y consumos propios, precisan usar de redes de distribución y/o transmisión para el autoabastecimiento.

Centro Nacional de Control de Energía (CENACE): es un organismo independiente encargado de la coordinación de la operación integrada del Sistema Nacional Interconectado y la administración del Mercado Eléctrico Mayorista, MEM. Las principales funciones son: la de ordenar el despacho de generación al mínimo costo, considerando las interconexiones internacionales, coordinar la operación en tiempo real del Sistema Nacional Interconectado y de las interconexiones

internacionales, preparar el planeamiento operativo de largo, medio y corto plazo, y liquidar las transacciones en el mercado ocasional y a término

Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC): es el organismo regulador y de control del mercado eléctrico ecuatoriano, cuyas funciones son de emitir regulaciones para generación, transmisión, distribución, grandes consumidores, autoprodutores y reglas de mercado, elaborar el plan maestro de electrificación, aprobar pliegos tarifarios, otorgar concesiones, permisos y licencias.

Empresas Distribuidoras: Su función es la de llevar la energía eléctrica desde los puntos de entrega (frontera entre la red de transmisión y la red de distribución), hasta el consumidor final, y de comercializar la energía eléctrica. También es parte de sus obligaciones, expandir, mantener y operar las instalaciones del sistema de distribución.

Empresas de Generación: Producen energía eléctrica, que es vendida a las empresas distribuidoras y a los grandes consumidores, a través de contratos a plazo o en el mercado ocasional o spot.

Grandes Consumidores: Son agentes del Mercado Eléctrico Mayorista, están facultados para acordar libremente con un generador o distribuidor, el suministro y precio de la energía eléctrica, para consumo propio.

Interconexiones Internacionales: Permiten que los sistemas eléctricos interconectados maximicen los beneficios sociales, económicos y ambientales, al optimizar los recursos energéticos.

El sistema eléctrico ecuatoriano actualmente cuenta con la operación de la interconexión eléctrica con Colombia, la misma que se sujeta a aspectos regulatorios emitidos por los países miembros de la Comunidad Andina de Naciones CAN.

Actualmente se encuentra lista para operar la red de transmisión que permite transferir parte de la carga del sistema eléctrico ecuatoriano (Carga de la provincia de El Oro) al sistema eléctrico peruano y viceversa, sin embargo debido a que no se han llegado a acuerdos económicos, estas instalaciones no están siendo usadas.

Transmisor: Su función es la de llevar la electricidad desde los centros de producción hasta la red de distribución, de expandir el Sistema Nacional de Transmisión, de mantener y maniobrar las instalaciones de la red de transporte, en el sistema eléctrico ecuatoriano, la empresa encargada de la transmisión de energía eléctrica es TRANSELECTRIC.

Los objetivos de la separación de la industria eléctrica en el Ecuador no han sido alcanzados, por lo que las políticas del gobierno actual se orientan nuevamente a la integración vertical de la industria.

1.2. MODELO DE DESPACHO ECONÓMICO EN UN SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

En el modelo económico vigente del sector eléctrico ecuatoriano, el capital que invierten las centrales de generación eléctrica es recuperado al participar con la entrega de energía al sistema, al ser seleccionados por mérito de su costo variable de operación, lo que les obliga a maximizar su eficiencia, disminuyendo costos de operación y mantenimiento y que sobretodo dependen del tipo de tecnología de cada una de ellas.

La operación económica de la generación de energía eléctrica del sistema, se determina mediante un proceso denominado despacho económico, cuyo objetivo es el de minimizar el costo de producción de la energía eléctrica, para lo cual toma en

cuenta los costos de producción de cada una de las plantas de generación eléctrica disponibles del sistema eléctrico de potencia.

Para resolver el problema en el despacho económico de un sistema de potencia eléctrico que requiere de la operación de k unidades, cuyos costos de operación individual se expresa como f_i , que en su conjunto abastecerán la demanda de energía eléctrica de un país, más las pérdidas del sistema. El costo de producción total para un período es igual a la suma de los costos individuales de producción, tal como se expresa a continuación:

$$f = \sum_{i=1}^k f_i$$

Donde f es la función de costo total de la operación de las unidades de generación.

La potencia total generada por las plantas de generación en un instante de tiempo dado es la suma de la potencia generada por cada unidad P_i :

$$P = \sum_{i=1}^k P_i$$

La potencia total generada abastece la demanda de potencia del sistema eléctrico, P_L más las pérdidas que se producen en la transmisión P_D .

$$P_L + P_D = \sum_{i=1}^k P_i$$

El objetivo es encontrar una f mínima (función de costo) para abastecer la demanda P_L más las pérdidas que se producen en la transmisión P_D , este problema de minimización se resuelve a través del método de los multiplicadores de LaGrange¹.

¹ GRAINGER J, STEVENSON Jr., Análisis de Sistemas de Potencia, 1996

$$F = (f_1 + f_2 + \dots + f_k) + \lambda(P_L + P_D - \sum_{i=1}^k P_i)$$

Donde F se denomina lagrangiano y λ es el multiplicador de LaGrange.

Para minimizar F con respecto a P_i , se procede:

$$\frac{\partial F}{\partial P_i} = \frac{\partial}{\partial P_i} [(f_1 + f_2 + \dots + f_k) + \lambda(P_L + P_D - \sum_{i=1}^k P_i)]$$

P_L varía en función de la potencia aportada por los generadores y el costo de cualquier unidad de generación varía solo si la potencia de esa unidad cambia, entonces:

$$\frac{\partial F}{\partial P_i} = \frac{\partial f_i}{\partial P_i} + \lambda \left(\frac{\partial P_L}{\partial P_i} - 1 \right) = 0$$

$$L_i = \frac{1}{1 - \frac{\partial P_L}{\partial P_i}},$$

L_i se llama factor de penalización y depende de la variación de las pérdidas de transmisión por los cambios en P_i

$$\lambda = L_1 \frac{\partial f_1}{\partial P_1} = L_2 \frac{\partial f_2}{\partial P_2} = L_3 \frac{\partial f_3}{\partial P_3}$$

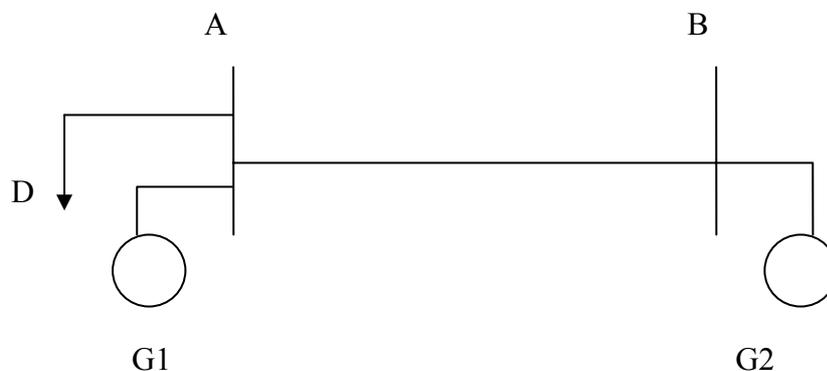
1.3. CÁLCULO DEL COSTO MARGINAL EN EL MERCADO ELECTRICO MAYORISTA DEL ECUADOR

En un modelo de libre competencia, a las unidades de generación son remuneradas con el costo marginal, que corresponde al costo incremental para abastecer una unidad de demanda adicional (λ). El costo marginal en un sistema eléctrico de potencia expresa en cuánto varía el costo de la generación eléctrica del sistema si aumenta en un megavatio hora (MWh) la energía demandada horaria.

A continuación se expone un ejemplo ilustrativo del cálculo del costo marginal:

Sea un sistema de potencia eléctrica formado por dos barras A y B. En la barra A está conectado un generador G1 con una capacidad de $P_1 = 20 \text{ MW}$, en la barra B está conectado un generador G2 de $P_2 = 10 \text{ MW}$ y una carga de $D = 20 \text{ MW}$.

Los costos variables del generador G1 es $p_1 = 50 \text{ US \$/MWh}$ y el costo variable del generador G2 es $p_2 = 40 \text{ US \$/MWh}$.



$$\begin{aligned} G1: \quad & P_1 = 20 \text{ MW} \\ & p_1 = 50 \text{ US\$ / MWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G2: \quad & P_2 = 10 \text{ MW} \\ & p_2 = 40 \text{ US\$ / MWh} \end{aligned}$$

$$D = 20 \text{ MW}$$

Para entregar la energía eléctrica al centro de consumo, esta se transporta a través de una red eléctrica (sistema eléctrico de transmisión), en donde además se producen pérdidas, y por lo tanto la energía eléctrica generada tiene que ser mayor a la energía eléctrica demandada.

La energía eléctrica para abastecer la demanda es producida por los generadores G1 y G2:

Q1: es la cantidad de energía eléctrica generada por el generador G1

Q2: es la cantidad de energía eléctrica generada por el generador G2

Las pérdidas de la red se determinan en función del resto de parámetros eléctricos, para este caso, las pérdidas se expresan en función de la potencia del generador 2.

$$p\acute{e}rdidas = 0.01 * Q2^2$$

La potencia despachada para cada generador, considerando los costos variables de producción de cada uno de ellos, se obtiene a través de un despacho óptimo formulado como:

$$F = (f_1 + f_2 + \dots + f_k) + \lambda(P_L + P_D - \sum_{i=1}^k P_i)$$

$$F = p1 * Q1 + p2 * Q2$$

$$Q1 + Q2 = D + p\acute{e}rdidas$$

$$Q1 = D + p\acute{e}rdidas - Q2$$

$$F = p2 * Q2 + p1 * [D + p\acute{e}rdidas - Q2]$$

$$F = 40 * Q2 + 50 * [20 + 0.01Q2^2 - Q2]$$

$$F = 40 * Q2 + 100 + 0.5 * Q2^2 - 50 * Q2$$

$$F = -10 * Q2 + 0.5 * Q2^2$$

$$Costogeneraci\acute{o}n = -10 * Q2 + 0.5 * Q2^2$$

$$\frac{\delta Costogeneraci\acute{o}n}{\delta Q2} = -10 + Q2$$

$$\frac{\delta Costogeneraci\acute{o}n}{\delta Q2} = -10 + Q2 = 0$$

$$Q2 = 10MW$$

$$p\acute{e}rdidas = 0.01 * 100 = 1MW$$

$$Q1 = 20 + 1 - 10$$

$$Q1 = 11MW$$

Por lo tanto el generador G2 produce 10 MW, de los cuales 9 MW son entregados a la carga y 1 MW corresponde a las p\acute{e}rdidas, el generador G1 produce 11 MW.

Los precios nodales se determinan escogiendo una barra de referencia.

$$p_i = (1 - L_i) * P_e$$

Donde:

P_i: precio del nodo i

L_i: factor de p\acute{e}rdidas marginal

P_e: precio en la barra de referencia

$$\frac{\delta p\acute{e}rdidas}{\delta Q2} = 0.02 * Q$$

$$\frac{\delta p\acute{e}rdidas}{\delta Q2} = 20\%$$

Mientras que el factor de p\acute{e}rdidas promedio es:

$$p\acute{e}rdidas_{promedio} = \frac{0.01 * Q2^2}{Q2} = 10\%$$

Siendo la barra de referencia la barra A, el precio de la energ\eda en la barra de referencia es de 50 US \$/MWh.

$$\text{El precio en la barra B es } (1 - 0.2) * 50 = 40US\$/MWh$$

$$\text{El cargo variable de transmisi\on es: } (50 - 40) = 10US\$/MWh$$

$$\text{Al generador G2 se le paga } 10 * 40 = US\$400$$

$$\text{Al generador G1 se le paga } 11 * 50 = US\$550$$

El total pagado es de US \$ 950, de los cuales solo los US \$ 900 son necesarios para cubrir la demanda y US \$50 por pérdidas.

La demanda paga $20 \times 50 =$ US \$1000, de los cuales US \$100 resultan de los cargos marginales por pérdidas, US \$50 recibe para pagar las pérdidas y los US \$50 son ingresos adicionales resultado del costo marginal.

1.4. DEFINICIÓN DE CALIDAD DE SERVICIO

La calidad del suministro de energía eléctrica se mide a través de parámetros eléctricos, como son: la frecuencia, el voltaje y de la continuidad de servicio.

El brindar el suministro de energía eléctrica incumpliendo con los parámetros eléctricos, puede provocar daños permanentes en equipos eléctricos tanto de la industria, del comercio, así como de los hogares.

La calidad del servicio de la energía eléctrica afectada por la continuidad del suministro, tiene un efecto negativo inmediato y más evidente en los consumidores, y la gravedad de las interrupciones del servicio de energía eléctrica generalmente depende de la duración. Las interrupciones del servicio de energía eléctrica se deben a varias razones, así por ejemplo:

- Falta de recursos de generación por ausencia de inversión: definida como la indisponibilidad de las plantas de generación, que obliga a suspender el servicio a parte de la demanda del sistema.
- Falta de inversión o indisponibilidad de redes de transmisión o distribución que provoca sobrecarga de elementos y por lo tanto desabastecimiento de parte de la demanda de energía eléctrica.
- Daños en los equipos de transmisión o generación de un sistema eléctrico.

Las interrupciones del servicio de energía eléctrica pueden ser programadas o imprevistas.

- Las interrupciones programadas, son planificadas con anticipación, y debidamente comunicadas a los clientes afectados, se prevé períodos en los cuales tengan menor impacto en la sociedad.
- Las interrupciones imprevistas son aquellas que no han sido programadas, que resultan de fallas en los elementos del sistema eléctrico de potencia y que por la forma en que se producen pueden causar daños en los elementos del sistema eléctrico de potencia y/o en los equipos eléctricos de los usuarios.

CAPÍTULO 2

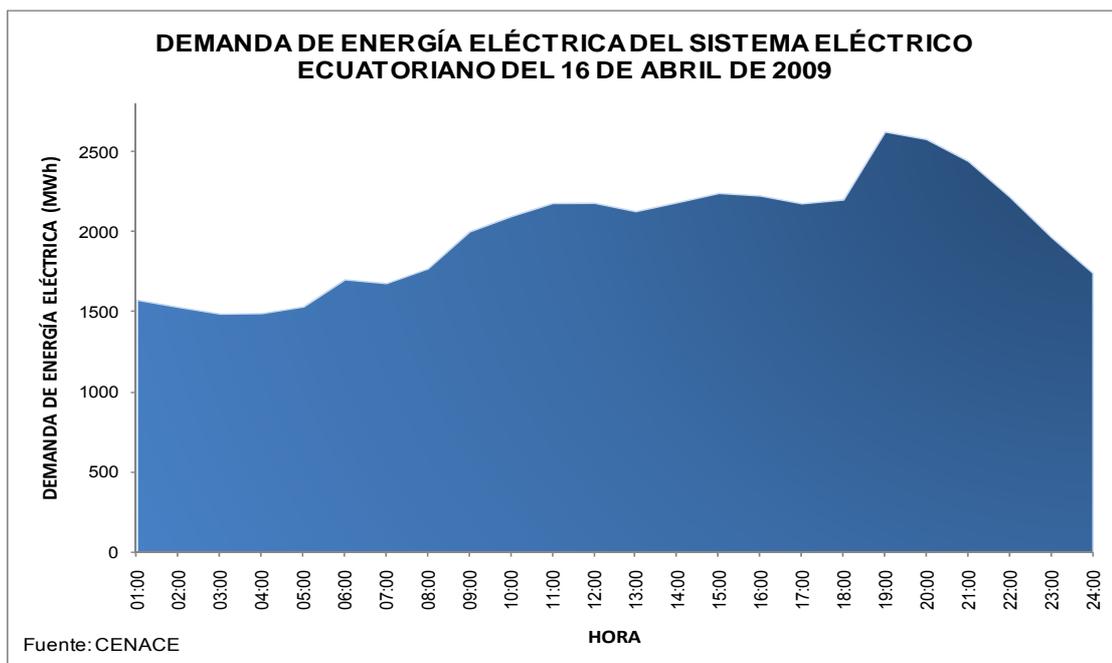
2. DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

2.1. DEFINICIÓN

Es la cantidad de energía eléctrica requerida por cada uno de los consumidores que forman parte de un sistema o de parte de él, promediada en un intervalo de tiempo establecido.

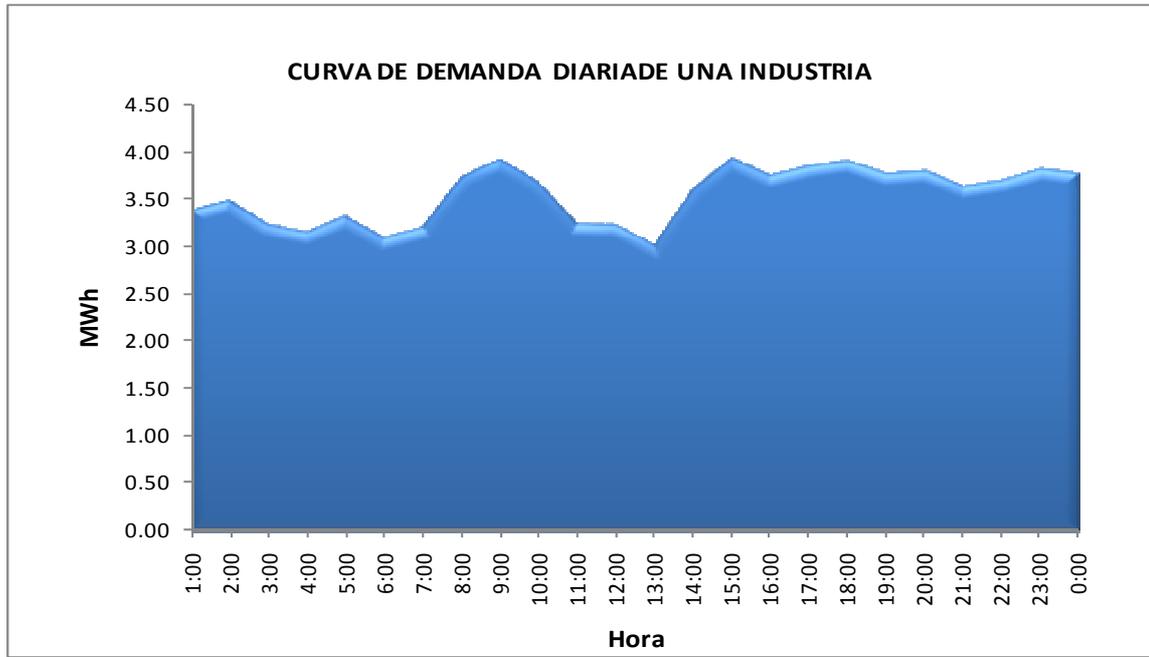
La demanda de energía eléctrica varía durante las horas del día; para el caso del sistema eléctrico ecuatoriano, la menor demanda de energía eléctrica se experimenta en horas de la madrugada, crece en horas de la mañana y de la tarde, alcanzado su valor máximo en horas de la noche, aproximadamente a las 19:30, tal como se muestra en el gráfico N° 2.

Gráfico N° 2



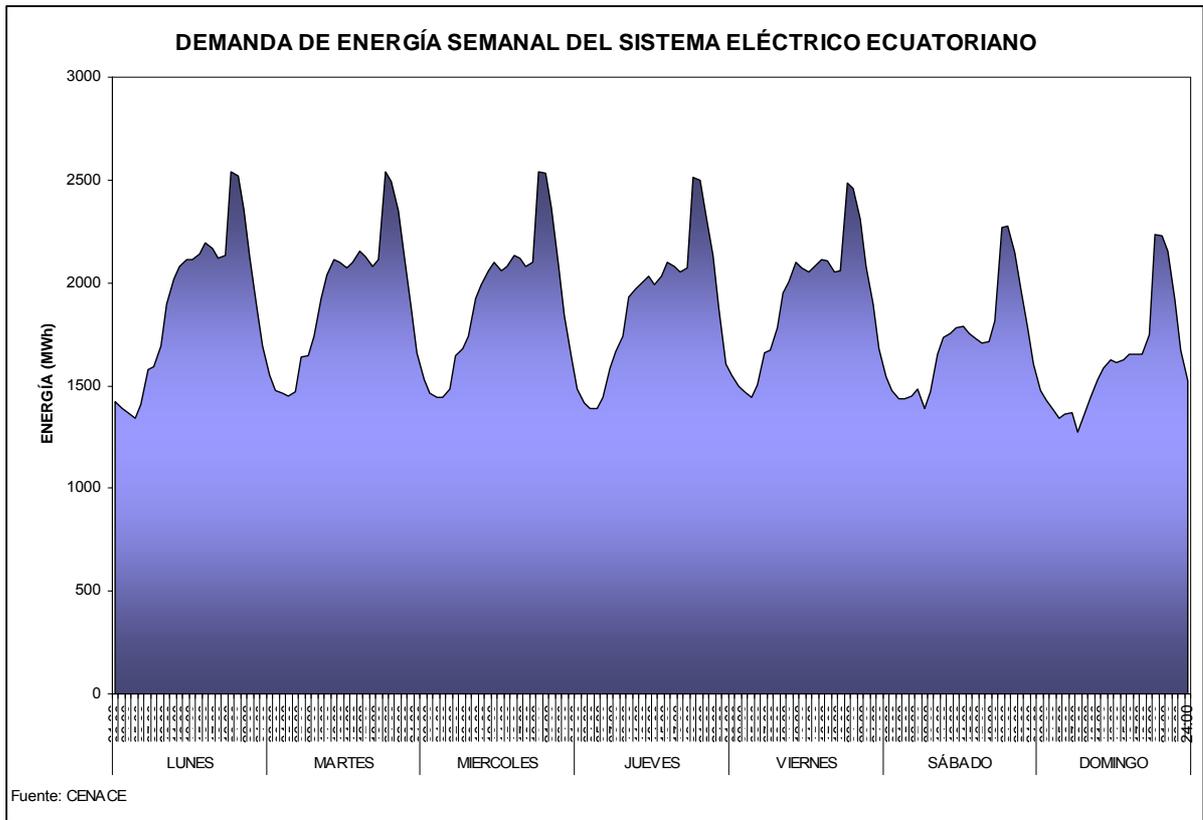
La demanda de energía eléctrica para el sector industrial tiene pequeñas variaciones durante las horas del día, tal como se muestra en el gráfico N° 3.

Gráfico N° 3



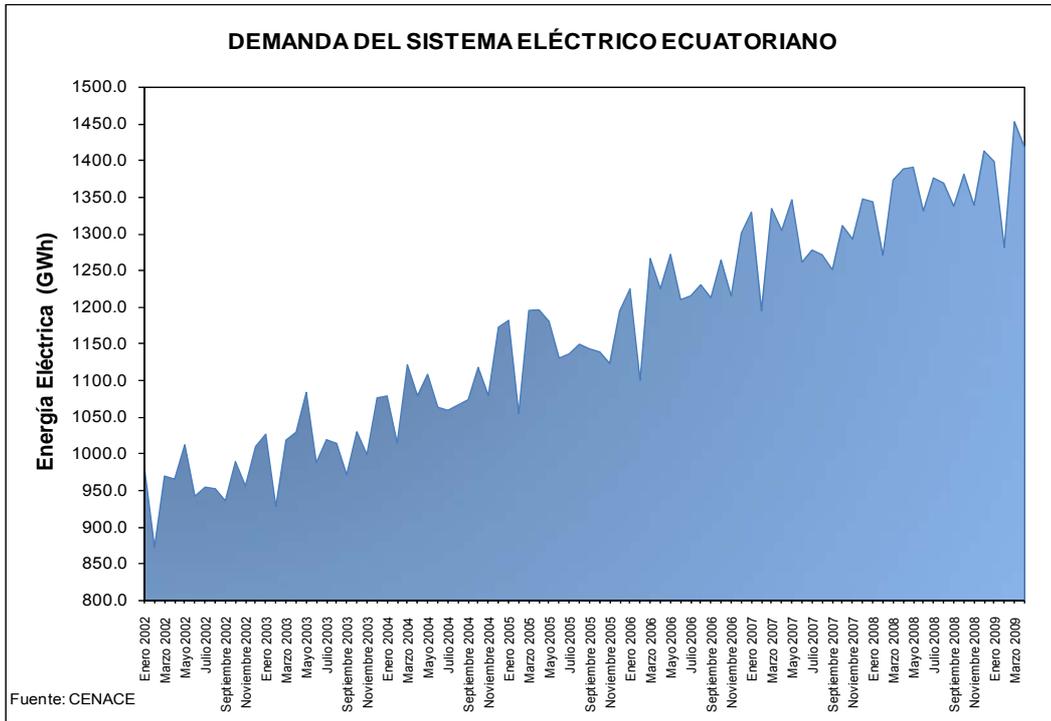
La demanda de energía eléctrica, es diferente en cada día de la semana, siendo mayor en los días de lunes a viernes y menor en los días sábado y domingo, tal como se muestra en el gráfico N° 4

Gráfico N° 4



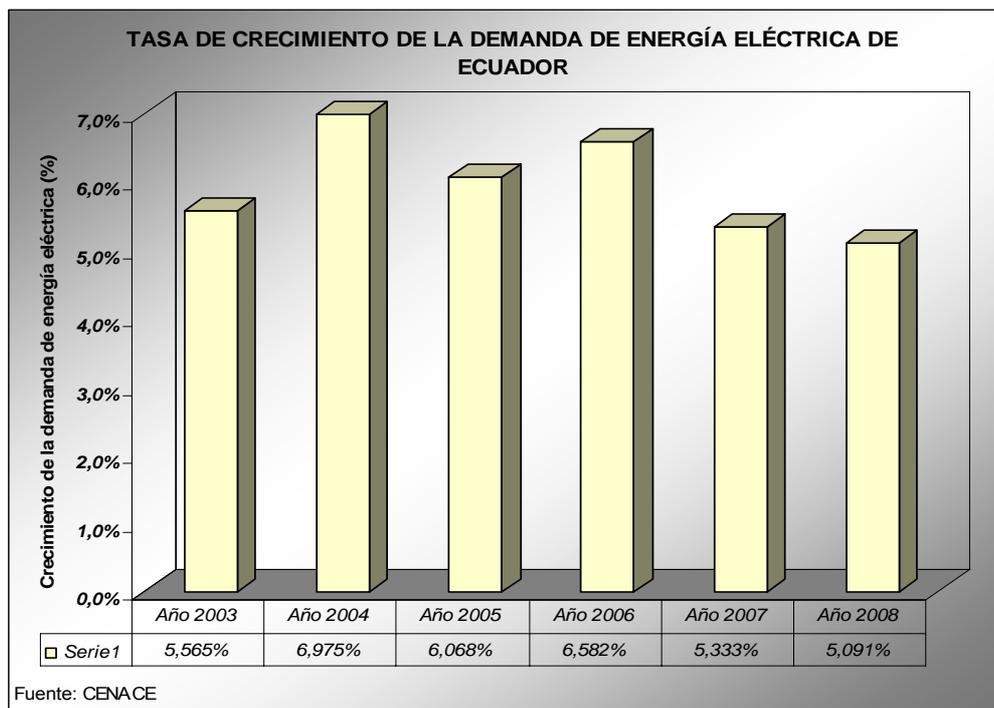
La tendencia de la demanda del sistema eléctrico ecuatoriano es creciente en el tiempo, tal como se muestra en el gráfico N° 5 su evolución desde el año 2002.

Gráfico N°5



En el gráfico N° 6, se presenta la tasa de crecimiento de la demanda del sistema eléctrico ecuatoriano desde el año 2003.

Gráfico N° 6



2.2. ELASTICIDAD DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La elasticidad explica como afectan las variaciones de una variable a otra. La elasticidad precio, explica como las variaciones del precio de un bien (P) alteran la cantidad demandada (Q), y la elasticidad e ingreso, explica como las variaciones al ingreso o renta (I) varían la cantidad demandada (Q).

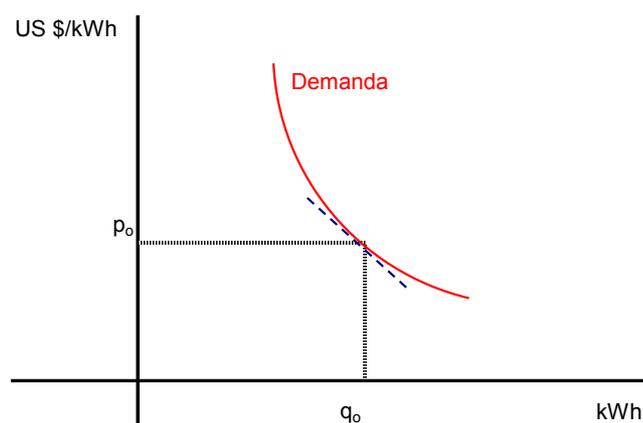
La elasticidad precio demanda y elasticidad demanda ingreso, del consumo de la energía eléctrica, es un índice que permite identificar la sensibilidad en el consumo de la energía eléctrica al precio.

La elasticidad precio demanda ($E_{Q,P}$), indica como varía la cantidad del bien (Q), en términos porcentuales, en respuesta a una variación porcentual del Precio (P), y se define a través de la siguiente expresión:

$$E_{Q,P} = \frac{\text{Variación Porcentual de } Q}{\text{Variación Porcentual de } P} = \frac{dQ}{dP} * \frac{P}{Q}$$

Gráfico N° 7

**ELASTICIDAD DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA
vs EL PRECIO**

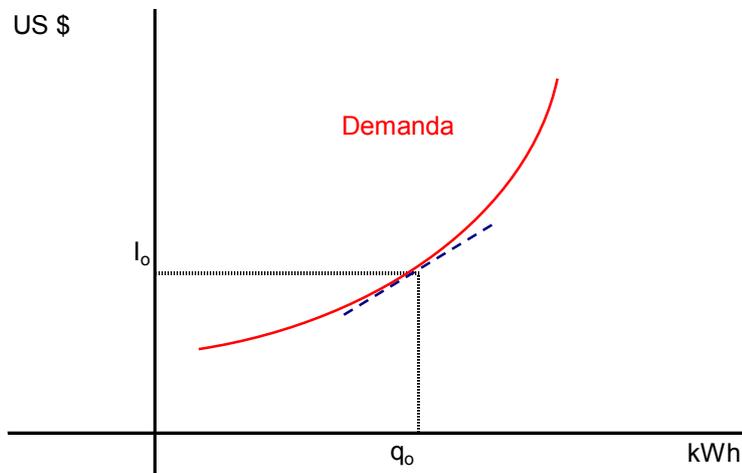


La elasticidad ingreso demanda ($E_{Q,I}$), indica como varía la cantidad del bien (Q), en términos porcentuales, en respuesta a una variación porcentual al ingreso (I), y se define a través de la siguiente expresión:

$$E_{Q,I} = \frac{\text{Variación Porcentual de } Q}{\text{Variación Porcentual de } I} = \frac{dQ}{dI} * \frac{I}{Q}$$

Gráfico N° 8

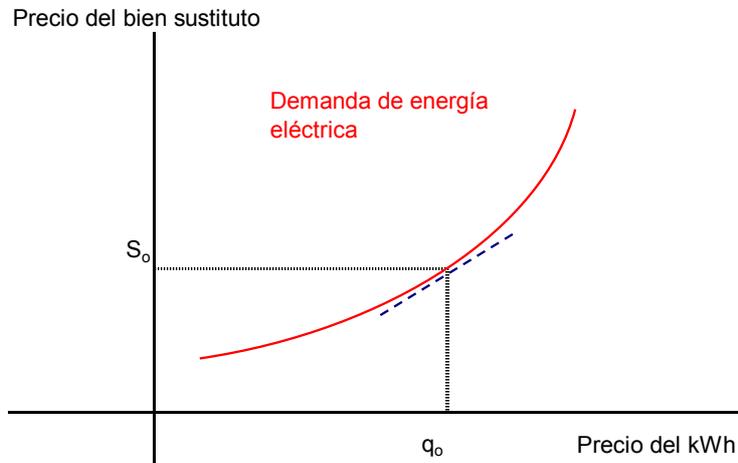
ELASTICIDAD DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA vs INGRESO



La elasticidad cruzada, indica como varía la demanda de un bien (Q) como resultado de un cambio en el precio de un bien sustituto (S):

$$E_{Q,S} = \frac{\text{Variación Porcentual de } Q}{\text{Variación Porcentual de } S} = \frac{dQ}{dS} * \frac{S}{Q}$$

Gráfico N° 9



Si la elasticidad de la demanda es mayor que 1 en valor absoluto, se dice que la demanda es elástica y si es menor a 1 en valor absoluto, se dice que la demanda es inelástica.

Refiriéndonos a la demanda de energía eléctrica, en la vida moderna al igual que la demanda de otros servicios básicos, es relativamente inelástica, pues un incremento en el precio hace que el consumo baje ligeramente², y es un servicio que relativamente no tiene sustitutos, al menos en el corto plazo.

La demanda de energía eléctrica de una residencia, se determina en función de las características de los equipos y artefactos eléctricos, los mismos que se caracterizan por períodos de vida útil superiores a los cinco años, y por lo tanto el consumo de energía eléctrico tiende a ser fijo. Cuando el precio de la energía eléctrica aumenta, las familias disminuyen la intensidad en el uso de sus aparatos eléctricos, sin embargo su consumo de energía eléctrica no puede ser reducido a los valores

² THE OFFICE OF THE SOUTH AUSTRALIAN INDEPENDENT INDUSTRY REGULATORY, "Electricity Tariffs and Security of Supply", Junio 2000.

deseados, al menos en el corto plazo. En el largo plazo es posible que los consumidores reemplacen los aparatos eléctricos por unos más eficientes.

Estudios realizados en algunos países de Latinoamérica, como por ejemplo en Chile, han determinado que la elasticidad precio de la demanda de energía eléctrica es menor al 1 (aproximadamente de 0.05) en el corto plazo, y por lo tanto el consumo de energía eléctrica es inelástica con respecto al precio. A pesar que en el largo plazo, se observan variaciones en la demanda de energía eléctrico al variar el precio, el consumo de energía eléctrica respecto al precio sigue siendo menor a 1 (aproximadamente 0.27). Estos resultados son parecidos a los obtenidos en investigaciones realizadas en Estados Unidos.

En relación a los productos sustitutos de la energía eléctrica, de igual forma que la elasticidad de la demanda con respecto al precio, el consumo de energía eléctrica no reacciona en el corto plazo a la variación del precio de productos sustitutos, pues para que los consumidores usen un producto sustituto, deben reemplazar los aparatos eléctricos, (por ejemplo reemplazar las duchas eléctricas por calefones).

De los análisis realizados en Estados Unidos, se ha determinado que la elasticidad cruzada entre la electricidad y el gas natural en consumidores domésticos es de 0.2³.

Por lo expuesto, se concluye que la demanda de energía eléctrica es inelástica. La demanda de los consumidores está compuesta por requerimientos energéticos para el funcionamiento de los equipos eléctricos utilizados el desarrollo de sus actividades diarias (residenciales, comerciales, industriales), y una buena parte de ellos no tienen

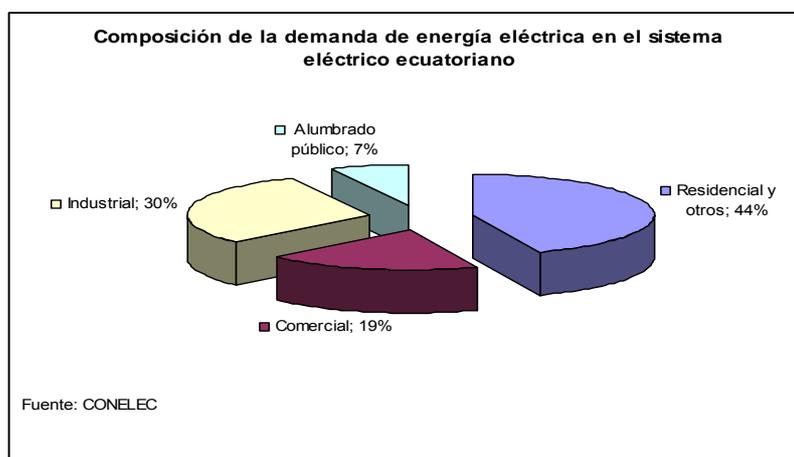
³ COMISIÓN REGIONAL DE ENERGÍA Y GAS, “Elasticidad de la demanda de productos y servicios eléctricos”, Noviembre 2006

sustitutos (refrigeradoras, lavadoras, equipos de audio, etc.), y aquellos que tienen sustitutos requieren de inversión y su reemplazo no se realiza en el corto plazo (ducha eléctrica reemplazada por calefón)

2.3. TIPOS DE DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DEL SISTEMA ELÉCTRICO ECUATORIANO

La demanda de energía eléctrica está compuesta por consumidores residenciales, comerciales, industriales, y alumbrado público. En el sistema eléctrico ecuatoriano, de acuerdo a los datos publicados por el Consejo Nacional de Electricidad en el Plan Maestro de Electrificación 2007 – 2019, la composición del consumo de energía eléctrica anual por sectores en el año 2006, se muestra en el siguiente gráfico:

Gráfico N° 10



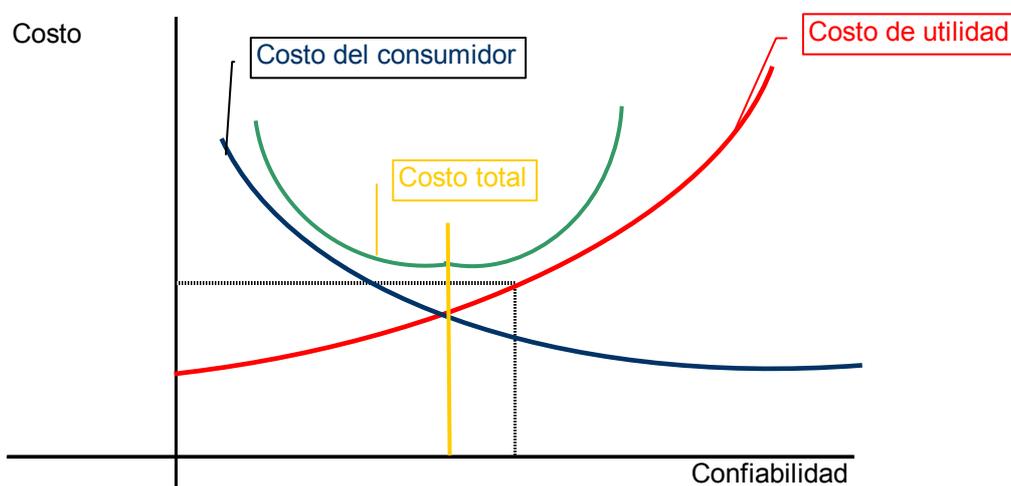
Los consumidores del sector industrial y del sector comercial, controlan sus costos de operación, mano de obra, materiales, servicios, entre otros, para mantenerse competitivos en mercado. Una interrupción del servicio de energía eléctrica, puede significar grandes pérdidas económicas, principalmente a los consumidores

industriales y a veces a los consumidores comerciales, por lo que ellos podrían estar dispuestos a llegar a acuerdos de pagos adicionales con la finalidad de que se les garantice la continuidad del suministro de energía eléctrica, o al menos que se minimice el número y la duración de interrupciones del suministro de energía eléctrica.

Los consumidores de energía eléctrica, en particular los consumidores comerciales y los consumidores industriales, para tomar la decisión de realizar inversiones que permitan disminuir el riesgo de que se produzcan interrupciones del suministro de energía eléctrica, proceden a realizar un análisis comparativo entre los costos de inversión y los costos de interrupción del servicio, buscando el mínimo costo, como se muestra en el siguiente gráfico:

Gráfico N° 11

Minimización del costo total de confiabilidad



Los efectos económicos varían sustancialmente de acuerdo al tipo de consumidor, y esta variación es función del grado de dependencia de la energía

eléctrica en las aplicaciones del consumidor, de ahí la necesidad de diferenciar el efecto al menos por segmentos de mercado.

2.3.1. CONSUMIDORES RESIDENCIALES

Los factores que influyen en el consumo de energía eléctrica en usuarios residenciales son:

- Aspectos demográficos
- Aspectos climáticos (temperatura)
- Hora del día.
- Ingresos económicos

El grado de afectación de la interrupción del servicio para consumidores residenciales suele ser diferente en cada uno de los usuarios, por lo que es un resultado subjetivo.

2.3.2. CONSUMIDORES COMERCIALES

En base al Código Internacional Industrial Uniforme revisión 3 (CIIU), las actividades comerciales se clasifican en las siguientes categorías:

- 1) Suministro de electricidad, gas y agua.
- 2) Construcción.
- 3) Comercio al por mayor y al por menor.
- 4) Hoteles y restaurantes.
- 5) Transporte, almacenamiento y comunicaciones.

- 6) Intermediación financiera.
- 7) Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler.
- 8) Administración pública, seguridad social de afiliación obligatoria.
- 9) Educación privada.
- 10) Servicios sociales y de salud.
- 11) Actividades de servicios comunitarios, sociales y personales.

El grado de afectación de la interrupción del servicio para consumidores comerciales depende de la dependencia de este servicio en sus actividades y de la capacidad económica para la adquisición de equipamiento que permita mantener con el abastecimiento de energía eléctrica, total o parcial de los equipos eléctricos, durante el período de interrupción.

2.3.3. CONSUMIDORES INDUSTRIALES

La energía eléctrica es fundamental en los procesos industriales, por lo tanto esta debe estar disponible en cantidad, calidad y precio adecuado. Generalmente el costo de consumo de energía eléctrica en el proceso productivo es significativo en relación a los costos totales.

Un alto porcentaje de los consumidores industriales, cuentan con el equipamiento necesario para mantener la continuidad del suministro de energía eléctrica, al producirse una interrupción del servicio, debido a la alta sensibilidad en sus procesos productivos.

2.4. DEFINICIÓN DEL COSTO DE ENERGÍA NO SERVIDA

El costo de la energía eléctrica no abastecida es el valor económico que se puede determinar basado en los costos en los cuales los usuarios incurren como consecuencia de la interrupción del servicio⁴.

También se define el costo de energía no servida como “una medida en unidades monetarias del daño económico y/o social que sufren los clientes, producto de la reducción en la calidad, y en especial por causa de la falta de continuidad del servicio eléctrico”⁵.

Es importante para el administrador y operador del sistema eléctrico conocer el costo de energía no servida en la gestión realizada para el abastecimiento de largo y corto plazo, así por ejemplo en la definición de los niveles de reserva óptima de potencia y energía para cumplir con los parámetros de calidad y seguridad de sistemas eléctricos, en la definición de los planes de expansión de generación, transmisión y distribución, entre otras, aspectos que influyen directamente en el cálculo de la tarifa del usuario final⁶.

En algunos países, el costo de energía no servida es utilizado para el cálculo de la indemnización por las eventuales restricciones a las que los usuarios se someten por restricciones en el servicio⁷.

⁴ NEUDORF Enrie, KIGUEL David, Cost – Benefit Analysis of Power System Reliability: Two Utility Case Studies, IEE Transactions on Power Systems, Vol. 10, No.3, Agosto 1995.

⁵ GUILLÉN B. Luis, GUALLPA Jaime, Determinación de los Costos de Energía No Suministrada en el Sector Comercial de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, Comisión de Integración Energética Regional, XXIII Seminario Sector Eléctrico – SNSE 2008

⁶ FIERRO Gabriel, SERRA Pablo, Un modelo de Estimación del Costo de Falla: El Caso de Chile, Cuadernos de Economía No. 90, Abril 1993

⁷ FIERRO Gabriel, SERRA Pablo, Un modelo de Estimación del Costo de Falla: El Caso de Chile, Cuadernos de Economía No. 90, Abril 1993

Los factores que influyen en el costo de energía no servida son: la frecuencia, la duración, la magnitud y la hora del día, de la ocurrencia de las interrupciones del servicio de energía eléctrica y del tipo de consumidor afectado.

2.4.1. MÉTODOLOGÍAS PARA DETERMINAR EL COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA NO ABASTECIDA

Los métodos utilizados para evaluar los costos de interrupción del suministro de energía eléctrica son: Métodos indirectos, evaluación directa de las interrupciones y encuestas directas con los usuarios.

2.4.1.1. MÉTODO IMPLÍCITO

Este método parte del supuesto que se ha desarrollado un plan de expansión del sistema eléctrico en todos los segmentos (generación, transmisión y distribución) que ha sido evaluado bajo un criterio de optimización de costos, y a través de esta metodología, se define que el valor medio del plan de expansión corresponde al costo de interrupción.

Para aplicar esta metodología en la valoración del costo de energía eléctrica no suministrada, se deberá asegurar que el plan de expansión desarrollado cumple con los criterios estrictos de calidad, seguridad y continuidad del servicio.

Esta metodología puede llevar a resultados erróneos, pues se acepta que el plan de expansión en el sistema eléctrico cumple con todos los criterios de optimización y con los niveles de calidad.

La desventaja de esta metodología para ser aplicada en el cálculo de la energía no suministrada, es que parte del desarrollo y/o validación del plan de expansión y la

valoración de los costos de inversión, que como se señaló no necesariamente corresponde a un plan de expansión óptimo que cumpla con los requisitos de todos los consumidores.

2.4.1.2. MÉTODOS INDIRECTOS O ECONOMÉTRICOS

Este método es utilizado para determinar los costos de déficit de energía eléctrica para un horizonte de largo plazo, para lo cual se utiliza información macroeconómica como la producción total, la energía eléctrica consumida en el país y por sector económico, el producto interno bruto en los diversos sectores, la utilización de mano de obra, la elasticidad y la variación del precio. Se estudia la correlación entre las variables señaladas, para medir el impacto de la falta de energía eléctrica.

Los métodos indirectos son aplicados para determinar los costos de déficit en demandas de tipo industrial y comercial y en menor grado de la demanda residencial, pues los resultados no pueden ser generalizado para toda la población, debido a que el impacto depende de las condiciones socio económicas de cada una de las familias.

El método econométrico establece la relación entre uno o varias variables económicas relacionadas con el bienestar social y las variables económicas. Siendo que no todas las variables sociales y económicas explican el costo de la energía eléctrica no servida, esta forma de evaluación puede ser sobreestimada.

Partiendo del hecho que la falta del suministro de energía eléctrica produce una disminución en el Producto Interno Bruto PIB, se calcula la elasticidad del consumo eléctrico en relación al PIB mediante la siguiente relación:

$$\varepsilon = \frac{\frac{\Delta C}{C}}{\frac{\Delta PIB}{PIB}}$$

Si se define la variable k como la sobreestimación del costo de la energía no servida:

$$k = \frac{\Delta PIB}{\Delta C}$$

Entonces,

$$k = \frac{1}{\varepsilon} \cdot \frac{PIB}{C}$$

Debido a que el efecto de la energía eléctrica no servida en cada sector es diferente, el análisis se realiza en forma separada:

Sector Industrial: Con el método econométrico, para este análisis, se utiliza la matriz insumo – producto de la economía, que permite relacionar en forma ordenada las transacciones entre los sectores productivos orientados a la satisfacción de bienes para demanda final, determinando los impactos directos e indirectos que tienen entre ellos y permitiendo cuantificar la magnitud del cambio en la producción de estos sectores como resultado de la modificación de uno de ellos.

Para determinar la relación entre la producción y el consumo de energía eléctrica es necesario conocer la estructura tecnológica del sector industrial y por lo tanto el requerimiento de este insumo.

Sector Comercial y Residencial: La determinación del costo de energía eléctrica no servida para usuarios comerciales y residenciales se estima a partir del consumo anual medido, el costo de la instalación eléctrica y el costo anual del uso de los aparatos eléctricos.

a) Costo de energía no suministrada maximizando el bienestar de la población.

A continuación se plantea la relación de la modificación total del consumo de energía eléctrica por unidad monetaria y la variación de la demanda final.

Sea que la disminución de la producción del sector se mide a través de los elementos b_{ij} de la matriz, que explican la disminución de la producción del sector al reducir la demanda total de ese sector en una unidad monetaria.

$$C_i = \sum_j b_{ij} * C_j$$

Por lo tanto la pérdida de valor agregado total al restringir un kWh el consumo del sector de destino i se determina por:

$$k_i = \frac{1}{\sum_j b_{ij} * C_j}$$

Con esta relación se determina los costos crecientes de la falta del suministro de energía eléctrica, pero no considera la falta de bienestar del usuario final, cosa que se lo hace mediante la siguiente expresión:

$$k = \frac{r_E * \varepsilon_E + \sum_i r_i * \varepsilon_i}{\sum_i r_i * \varepsilon_i * \sum_j b_{ij} * C_j + \frac{r_E * \varepsilon_E}{\Pi_E}} * \alpha + k_c * \beta$$

ε_i : Elasticidad – ingreso de la demanda del sector de destino i

b_{ij} : Coeficiente de la matriz de requisitos directos e indirectos

C_j : Consumo eléctrico específico del sector proveedor j

ε_E : Elasticidad – ingreso del sector electricidad

Π_E : Precio del kWh residencial

r_i : Proporción del sector i en el gasto de las personas

r_E : Proporción del sector electricidad en el gasto de las personas

k_c : Costo de la restricción del sector comercial

α : Proporción del consumo eléctrico industrial y residencial

β : Proporción del consumo eléctrico comercial

De lo señalado, se tiene que $\alpha + \beta = 1$

Para la aplicación de esta metodología sería necesario determinar la matriz insumo – producto de la producción industrial y el consumo de energía eléctrica.

Las desventajas de los métodos indirectos son:

- Determina el costo de déficit y no el de interrupciones
- No toma en cuenta la duración de las interrupciones como tampoco el horario en que ocurre el evento
- Los métodos indirectos son utilizados únicamente en los sectores industrial y comercial.

La ventaja de estos métodos es que los resultados son obtenidos rápidamente y tienen bajos costos de implantación.

Para la aplicación de esta metodología es primordial contar con la matriz insumo – producto, y en el país no es pública esta información y debido a la dificultad de determinar dicha matriz, en este trabajo no se escoge esta metodología.

2.4.1.3.MÉTODO DIRECTO DE LAS INTERRUPCIONES

La determinación del costo de déficit de energía eléctrica con la evaluación directa, se realiza mediante la evaluación de los costos incurridos por la falta del servicio desde el punto de vista del cliente y que será diferente para cada uno de ellos, depende del uso que se da a la energía eléctrica.

Bajo esta metodología, el costo de déficit se determina como un costo de reposición o indemnización por los daños causados.

Los costos de la interrupción del suministro de la energía eléctrica varían en forma horaria, por períodos del año y por el tipo de cliente visto individualmente.

La encuesta directa es el método calificado como el más conveniente para determinar el costo de la interrupción del suministro de energía eléctrica, que permiten determinar el efecto cuantitativo y cualitativo de la interrupción del suministro de energía eléctrica.

Para obtener la información a través de las encuestas, se pueden usar metodologías a través de costos directos, costos indirectos y evaluación de contingencias.

Costos Directos: Este tipo de encuesta es recomendable realizar en los sectores en los cuales son tangibles las pérdidas después de ocurrida la interrupción del servicio de energía eléctrica, se solicita los costos incurridos entre la falta de energía eléctrica y los daños ocasionados en la producción, la pérdida de ventas en el comercio, la compra de elementos sustitutos. Estos daños son medidos en términos monetarios, es decir cuanto se pierde en dólares por cada vatio por hora no suministrado.

Este método no siempre es aplicable en el sector comercial y en ningún caso en el sector residencial.

Costos indirectos: Este método es utilizado cuando los impactos sociales son poco tangibles, y usa el principio de sustitución o del servicio prestado como medida del valor original, es utilizado para evaluar los costos de interrupción en el sector residencial y del sector comercial.

Evaluación de las contingencias: Este método se basa en la medición de la percepción de los consumidores frente a contingencias en el sistema eléctrico de potencia, en relación al número de interrupciones en un período, es decir se relaciona con el grado de confiabilidad que está dispuesto a pagar el consumidor.

a) **Información para determinar los costos de interrupción del servicio de energía eléctrica del sector industrial.**

Para evaluar el costo de energía no servida de la demanda de energía industrial utilizando el método directo, mediante la aplicación de encuestas, seleccionando una muestra que represente a este sector y que pretende identificar en cuanto estiman los consumidores industriales que le cuesta la ausencia del suministro de energía eléctrica, es necesaria la siguiente información:

- La forma en que afecta en la producción, es decir si la interrupción del servicio provoca pérdida total o parcial de la materia prima.
- Cómo le afecta al proceso productivo en diferentes períodos del día y el tiempo de duración, la interrupción del servicio de energía eléctrica.
- Que porción del total de su consumo de energía eléctrica puede ser interrumpido sin interrumpir el proceso productivo.
- Si disponen de generación de energía eléctrica propia
- Si el efecto en el proceso productivo es diferente cuando se anticipa la interrupción del suministro de energía eléctrica.
- Los salarios del equipo de trabajo que deberán suspender sus labores

b) **Información para determinar los costos de interrupción del servicio de energía eléctrica del sector comercial.**

Para evaluar el costo de energía no servida de la demanda de energía eléctrica del sector comercial, se utilizando el método directo, mediante la aplicación de encuestas, para lo cual se utiliza una muestra que represente a este sector.

Los factores que se deben incluir en la encuesta son:

- Las pérdidas en los negocios o en las ventas
- Los salarios del equipo de trabajo que deberán suspender sus labores.
- Los costos de daños de equipos.

c) **Información para determinar los costos de interrupción del servicio de energía eléctrica del sector residencial.**

Para evaluar el costo de energía no servida de la demanda de energía eléctrica del sector residencial a través del método directo se utiliza encuestas, seleccionando una muestra que represente a este sector y que deberá identificar los costos de daños de equipos y la percepción de los clientes de la ausencia del suministro.

2.5. METODO PARA LA EVALUACIÓN DEL COSTO DE ENERGÍA NO SERVIDA

Debido a que el sistema eléctrico ecuatoriano cuenta con 54 % de centrales de generación hidráulicas y el 46 % de centrales de generación térmica, hace que el abastecimiento de la demanda de energía eléctrica dependa en alto grado de la

hidrología del embalse de la central Paute la más grande del país (40% de la demanda máxima), del abastecimiento de combustible para las centrales de generación térmica y de la disponibilidad de las unidades de las centrales de generación. La dependencia de estos factores, expone constantemente al desabastecimiento de la demanda de energía eléctrica del país.

Siendo que las encuestas se constituyen en una herramienta que permite obtener la información para determinar los costos ocasionados por efectos de la interrupción del servicio de energía eléctrica, a pesar de que la eficacia de la misma depende del diseño de la encuesta y de la(s) muestra(s) en la que se aplica, actualmente con el desarrollo de los sistemas de información, y dependiendo del nivel socio económico y cultural de los individuos, la aplicación de las encuestas puede hacer menos costosa la investigación.

De los métodos expuestos y considerando la factibilidad de obtener la información que se requiere para la evaluación del costo de energía eléctrica no suministrada, el método directo se aplica basándose en las encuestas diseñadas en la tesis de Kariuki⁸ que fue realizado en Inglaterra y abarcó los sectores residencial, comercial e industrial, a partir de las cuales se elaboran las encuestas que se ajusten a la realidad del país. Las encuestas aplicadas se muestran en el anexo 1.

2.5.1. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS A CONSUMIDORES RESIDENCIALES

El efecto de la interrupción del suministro de energía eléctrica es diferente para cada consumidor residencial, tal como se explicó anteriormente, los factores que

⁸ KARIUKI, K. (1991) Assessment of Customer Outage Cost Due to Electric Service Interruptions. Department of Electrical Engineering & Electronics, Manchester – Inglaterra, 1991.

determinan el grado de dependencia de la energía eléctrica, están dados entre otros por los ingresos económicos. Las familias cuyos ingresos económicos son altos están dispuestas a pagar más con la finalidad de disminuir o evitar las interrupciones del servicio de energía eléctrica, mientras que las familias cuyos ingresos son bajos, no están dispuestas a pagar más para asegurar la continuidad de servicio.

Por lo expuesto, para el desarrollo de este trabajo, las encuestas se han dirigido a personas que pertenecen a familias de clase media y media alta, quienes son susceptibles al precio del servicio del suministro eléctrico, y por lo tanto están dispuestas a pagar algo más para asegurar la continuidad del servicio.

Las encuestas se realizaron a 56 personas, el resumen de los resultados se exponen a continuación:

Tabla N° 2
Resultados de las encuestas a consumidores residenciales

Pregunta	Media	Moda
1. Su factura mensual por consumo de energía eléctrica es	≤150	≤150
2. La frecuencia de interrupción del servicio de energía eléctrica en mi casa es	Baja	Baja
3. El precio de la electricidad es:	Moderado	Moderado
4. La calidad del servicio de energía eléctrica es:	Moderado	Moderado
5. ¿Cuántas veces ha sufrido un corte en el suministro de energía eléctrica en los dos últimos años.	11	10
6. ¿Cuántas de esas interrupciones duraron menos de treinta minutos?	4	4
7. ¿Cuántas de esas interrupciones duraron más de treinta minutos?	6	2
8. ¿En alguna de las interrupciones del servicio de energía eléctrica, sufrió pérdidas económicas?	No	No
Si la respuesta es si, indique cuál es el valor estimado de las pérdidas.	86	0
9. Suponga que se requiere interrumpir el servicio de energía eléctrica en cuatro horas por semana. ¿Cuál de las siguientes alternativas prefiere?	Una hora diaria por cuatro días	Una hora diaria por cuatro días
10. Si la interrupción del suministro de energía eléctrica dura más de una hora, en el periodo de 06:00 a 18:00, de un día laborable, ¿cómo le afecta en sus actividades?	Afecta medianamente	Afecta medianamente
11. Si la interrupción del suministro de energía eléctrica dura más de una hora, en el periodo de 18:00 a 22:00 en un día laborable, ¿cómo le afecta en sus actividades?	Afecta medianamente	Afecta mucho
12. Si la interrupción del suministro de energía eléctrica dura más de una hora, en el periodo de 00:00 a 06:00 o de 22:00 a 24:00 de un día laborable, ¿cómo le afecta en sus actividades?	Afecta poco	Afecta poco
13. Si la interrupción del suministro de energía eléctrica dura más de una hora, en el periodo de 06:00 a 18:00, de un día no laborable, ¿cómo le afecta en sus actividades?	Afecta medianamente	Afecta mucho
14. Si la interrupción del suministro de energía eléctrica dura más de una hora, en el periodo de 18:00 a 22:00 en un día no laborable, ¿cómo le afecta en sus actividades?	Afecta medianamente	Afecta poco
15. Si la interrupción del suministro de energía eléctrica dura más de una hora, en el periodo de 00:00 a 06:00 o de 22:00 a 24:00 de un día no laborable, ¿cómo le afecta en sus actividades?	Afecta poco	Afecta muy poco
16. Indique como le afectan en las diferentes actividades de su hogar en la siguiente tabla:		
Aparatos de la cocina	Afecta medianamente	Afecta mucho
Aparatos de limpieza	Afecta poco	Afecta muy poco
Aparatos de entretenimiento	Afecta medianamente	Afecta bastante
Calefacción/ventilación	Afecta poco	No existen efectos indeseables
Riesgos de accidente	Afecta medianamente	Afecta bastante
Riesgo de robo	Afecta mucho	Afecta bastante
17. Suponga que la compañía actual que le brinda el suministro de energía eléctrica aumenta el número de interrupciones		
No está dispuesto a pagar más	No	No
El 10% más	Si	Si
El 20% más	No	No
El 50% más	No	No
El 100% más	No	No

En el anexo 2 se presentan los resultados que relacionan las preguntas de la encuesta entre sí, permitiendo identificar el grado de relación de las diferentes variables y la percepción que los consumidores tienen sobre el servicio de energía eléctrica y su importancia en su vida diaria.

A continuación se presenta un breve detalle de los resultados de las encuestas:

El 48% de los encuestados pertenecen a un grupo cuyas edades están entre los 31 y 40 años, el 96% no tienen negocios en el hogar que represente al menos el 5% de los ingresos familiares y el 29% de los encuestados consumen entre 120 kWh y 150 kWh al mes.

En relación a la percepción del servicio de energía eléctrica, el 69 % de los encuestados señalan que la calidad de la servicio es moderada, el 66% manifiesta que el precio es moderado y el 35% que la frecuencia de interrupción es moderada.

Para los consumidores residenciales, la mayor afectación en el hogar debido a la interrupción del servicio de energía eléctrica está en los aparatos de cocina (refrigeradora, lavadora, microondas, hornos, licuadoras, etc.), y en los aparatos de entretenimiento (televisores, equipos de audio, equipos de videojuegos).

El 42% de los encuestados relacionan la interrupción del servicio de energía eléctrica con una mayor exposición a los accidentes y a los robos.

El período de mayor afectación para los encuestados por la interrupción del suministro de energía eléctrica tanto en días laborables como en días no laborables es 06:00 a 22:00 horas.

Los encuestados se sienten satisfechos con el servicio de energía eléctrica y consideran importante la continuidad de servicio, sobretodo por la afectación a su seguridad, el 77% de los encuestados manifiestan su disposición a pagar hasta un

10% más sobre la tarifa de consumo de energía eléctrica, con la finalidad de asegurar la continuidad en el servicio.

La tarifa del consumo de energía eléctrica vigente para usuario residencial es de 0,0882 US \$/ kWh⁹, *por lo tanto los usuarios estarían dispuestos a pagar hasta 0,097 US \$/kWh*, y que corresponde al costo de energía no suministrada para el usuario residencial, al menos en el período del día en el que mayor afectación tienen (de 06:00 a 22:00).

Siendo que uno de los aspectos de mayor afectación como consecuencia de la interrupción del suministro de energía eléctrica para los consumidores residenciales, es la seguridad, en este trabajo, el costo de energía no servida relacionada con alumbrado público se evalúa de igual forma que el consumo de energía eléctrica residencial.

La tarifa mensual por alumbrado publico es de 0,97 US \$ de un consumidor residencial, siendo que este servicio se presta por aproximadamente por 12 horas del día, el valor horario es de aproximadamente 0,0027 US \$/hora, por lo tanto los usuarios estarían dispuestos a pagar un 10% adicional, es decir 0,00296 US \$/hora.

2.5.2. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS A CONSUMIDORES COMERCIALES

A través de las encuestas se pretende determinar cuáles son los componentes de las actividades comerciales que se ven afectadas económicamente con la interrupción del servicio eléctrico, por lo que los análisis a continuación se realizan para consumidores comerciales con consumos cuyas tarifas mensuales son mayores a

⁹ www.conelec.gov.ec

cuarenta dólares mensuales y sus ventas están entre 1000 US \$ y 5000 US \$ mensuales.

A continuación se presenta los resultados de las encuestas aplicadas:

Tabla N° 3
Resultados de las encuestas a consumidores comerciales

Pregunta	Media	Moda
1. ¿Cuál es el valor de su factura mensual por consumo de energía eléctrica?	70 US \$	60 US \$
2. ¿Cuánto le cuesta el arriendo del local; en el caso de ser propio, cual sería el valor en el que lo arrendaría?	375 US \$	200 US \$
3. ¿Tiene empleados en su comercio, cuántos empleados son?	2	2
4. ¿Cuál es salario por hora de sus empleados?	1.6 US \$	1.25 US \$
5. La frecuencia de interrupción del servicio de energía eléctrica en su comercio es:	Moderada	Baja
6. ¿La interrupción del servicio de energía eléctrica por menos de media hora le provoca pérdidas económicas?	Si	Si
Si la respuesta es si, ¿en cuánto estima las pérdidas económicas?	60 US \$	50 US \$
7. ¿La interrupción del servicio de energía eléctrica por más de media hora le provoca pérdidas económicas?	Si	Si
Si la respuesta es si, ¿en cuánto estima las pérdidas económicas?	161 US \$	100 US \$
8. Durante la interrupción del servicio de energía eléctrica en un día laborable antes de las 18:00, su actividad comercial se suspende:	La mitad	Más de la mitad
9. Durante la interrupción del servicio de energía eléctrica en un día laborable después de las 18:00, su actividad comercial se suspende:	Más de la mitad	Más de la mitad
10. Durante la interrupción del servicio de energía eléctrica en un día de fin de semana o feriado antes de las 18:00, su actividad comercial se suspende:	La mitad	Más de la mitad
11. Durante la interrupción del servicio de energía eléctrica en un día de fin de semana o feriado después de las 18:00, su actividad comercial se suspende:	Más de la mitad	Más de la mitad
12. Suponga que se requiere interrumpir el servicio de energía eléctrica es de cuatro horas por semana. ¿Cuál de las siguientes alternativas prefiere?	Una hora diaria por cuatro días	Una hora diaria por cuatro días
13. Si la interrupción del servicio de energía eléctrica le ha sido comunicada, el impacto sobre su actividad comercial, en relación a las interrupciones sin previo aviso afectan:	En menor grado	En menor grado
14. Tiene generadores de energía eléctrica propios que funcionan cuando se interrumpe el servicio de energía eléctrica?	No	No

En el anexo 2 se presentan los resultados que relacionan las preguntas de las encuestas entre sí, permitiendo identificar el grado de relación de las diferentes variables y la percepción que los consumidores comerciales tienen sobre el servicio de energía eléctrica.

Las encuestas se realizaron a 52 locales comerciales, 48% tienen ventas mensuales menores a 1.000 US \$, el monto de ventas del 25% están entre 1.000 US \$ y 5.000 US \$.

El 75% de los encuestados señalan que las sus actividades comerciales son afectadas en la mitad y en más de la mitad por la interrupción del servicio de energía eléctrica, tanto en días laborables y en días no laborables.

El valor medio de las pérdidas económicas estimadas por los encuestados, por la interrupción del suministro de energía eléctrica por menos de media hora, corresponde aproximadamente a 60 US \$, y por más de media hora el valor estimado es de 160 US \$.

De acuerdo a las respuestas dadas por los encuestados, las interrupciones programadas del suministro de energía eléctrica (informadas oportunamente a los consumidores), provocan menos daños en el sector comercial.

Los costos en los que los propietarios de los comercios incurren durante la interrupción de servicio de energía eléctrica son: el costo del arriendo del local comercial, los salarios a los empleados, y las pérdidas por daño en los productos, cuyos valores medios se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 4
Valores medios de las encuestas a consumidores comerciales

Arriendo de los establecimientos	375	USD
Salario por hora	1,6	USD
Consumo mensual de energía eléctrica	71	USD
Número de empleados	3	

Las actividades económicas están sujetas a agentes económicos externos de los mercados en los que se desarrollan, y que involucran a indicadores macroeconómicos, efectos que son minimizados mediante la tasa mínima de rendimiento TMAR, que pretende compensar la pérdida de confort y seguridad, y por lo tanto es característica propia de cada consumidor comercial; y, que en promedio

corresponde al 20% del costo de los servicios básicos, del arriendo y del consumo de energía eléctrica¹⁰.

A continuación se formula el cálculo de energía eléctrica no servida horaria, asumiendo que todos los comercios atienden a los clientes 12 horas diarias, todos los días de la semana.

El consumo mensual medio de un consumidor comercial es de 70 US \$, con un costo del kWh de 0,063 US \$¹¹, por lo tanto el consumo promedio es de 1,11 kWh.

$$CENS_{Pormediahora} = (\#Empleados * \frac{SalarioHora}{2} + \frac{ArriendoMensual}{30*12*2} - \frac{ConsumoMensualElectricidad}{30*12*2}) * 1,2$$

$$CENS_{hora} = (\#Empleados * SalarioHora + \frac{ArriendoMensual}{30*12} - \frac{ConsumoMensualElectricidad}{30*12}) * 1,2$$

Donde:

CENS: Costo de energía no suministrada

Con los valores medios obtenidos en las encuestas, se determina el costo de energía no servida para un consumidor comercial es de:

$$CENS_{Pormediahora} = \frac{4,85US\$}{1,1kWh}$$

$$CENS_{Pr omediahora} = 4,375 \frac{US\$}{kWh}$$

¹⁰ GUILLÉN B. Luis, GUALLPA Jaime, Determinación de los Costos de Energía No Suministrada en el Sector Comercial de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, Comisión de Integración Energética Regional, XXIII Seminario Sector Eléctrico – SNSE 2008

¹¹ www.conelec.gov.ec

2.5.3. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS A CONSUMIDORES INDUSTRIALES

Mediante las encuestas realizadas, se pretende identificar el grado de afectación en los procesos industriales y de las pérdidas económicas al producirse una interrupción del servicio de energía eléctrica.

Tabla N° 5
Resultados de las encuestas a consumidores industriales

Pregunta	Media	Moda
1. ¿Cuál es el valor de su factura mensual por consumo de energía eléctrica?	22.096 US \$	1.000 US \$
2. ¿Cuánto le cuesta el arriendo del local; en el caso de ser propio, cual sería el valor en el que lo arrendaría?	25.678 US \$	5.000 US \$
3. ¿Tiene empleados en su comercio, cuántos empleados son?	215	100
4. ¿Cuál es salario por hora de sus empleados?	1,81 US \$	1,37 US \$
5. Posee equipos que mantengan el servicio de energía eléctrica en forma parcial o total que funcionan cuando se interrumpe el servicio de energía eléctrica (baterías o UPS)?	Si	Si
6. Posee generadores de energía eléctrica propios que funcionan cuando se interrumpe el servicio de energía eléctrica?	Si	Si
7. Suponga que a las 10:00 de un día laborable tiene lugar una interrupción de servicio de energía eléctrica, en el mes de mayor producción en el año, cuánto estima que pierde en dólares de acuerdo al tiempo de la interrupción.	Menos de 10 minutos	2.348 US \$
	Menos de 30 minutos	6.840 US \$
	Menos de 1 hora	13.185 US \$
	Menos de 2 horas	25.795 US \$
	Menos de 4 horas	49.133 US \$
8. Suponga que a las 10:00 de un día de fin de semana tiene lugar una interrupción de servicio de energía eléctrica, en el mes de mayor producción en el año, cuánto estima que pierde en dólares de acuerdo al tiempo de la interrupción	8 horas	75.030 US \$
	Menos de 10 minutos	2.387 US \$
	Menos de 30 minutos	6.732 US \$
	Menos de 1 hora	12.726 US \$
	Menos de 2 horas	25.179 US \$
9. Señale el grado de afectación en sus actividades por la interrupción del servicio de energía eléctrica para cada mes del año en la siguiente tabla. Siendo 5 más grave y 1 menos grave	Menos de 4 horas	44.689 US \$
	8 horas	64.715 US \$
	Enero	4
	Febrero	4
	Marzo	4
	Abril	4
	Mayo	4
	Junio	4
	Julio	4
	Agosto	4
	Septiembre	4
	Octubre	4
Noviembre	4	
10. Señale el grado de afectación en sus actividades por la interrupción del servicio de energía eléctrico para cada día de la semana en la siguiente tabla. Siendo 5 más grave y 1 menos grave	Diciembre	4
	Lunes	4
	Martes	4
	Miércoles	4
	Jueves	4
	Viernes	4
	Sábado	2
	Domingo	2
11. Señale el grado de afectación en sus actividades por la interrupción del servicio de energía eléctrico en los períodos del día indicados en la siguiente tabla. Siendo 5 más grave y 1 menos grave	00:00 a 07:00	3
	07:00 a 12:00	4
	12:00 a 14:00	4
	14:00 a 18:00	3
	18:00 a 22:00	3
	22:00 a 24:00	3
12. Suponga que se requiere interrumpir el servicio de energía eléctrica cuatro horas por semana. ¿Cuál de las siguientes alternativas prefiere?	Un día no laborable por 4 horas	Un día no laborable por 4 horas
13. ¿Si usted conociera con anticipación de la interrupción del servicio de energía eléctrica, las pérdidas económicas serían menores?, si la respuesta es afirmativa,	Si	Si
14. ¿Con qué tiempo de anticipación requiere usted conocer de la interrupción de servicio de energía eléctrica, para planificar sus actividades y minimizar las pérdidas económicas?	2 días	1 día
15. Puede su industria recuperar la producción perdida durante la interrupción del suministro de energía eléctrica sin incurrir en costos adicionales, como por ejemplo pago de horas extras a los empleados?	No	No
16. Si la respuesta anterior es negativa, señale el sobre costo en el que incurriría para recuperar la producción	40%	0%

En el anexo 2 se presentan los estadísticos de los resultados de las preguntas de las encuestas.

Las encuestas se realizaron a 52 industrias, entre ellas industrias textiles, automotrices, farmacéuticas, cartoneras, metálica, siderúrgicas, entre otras.

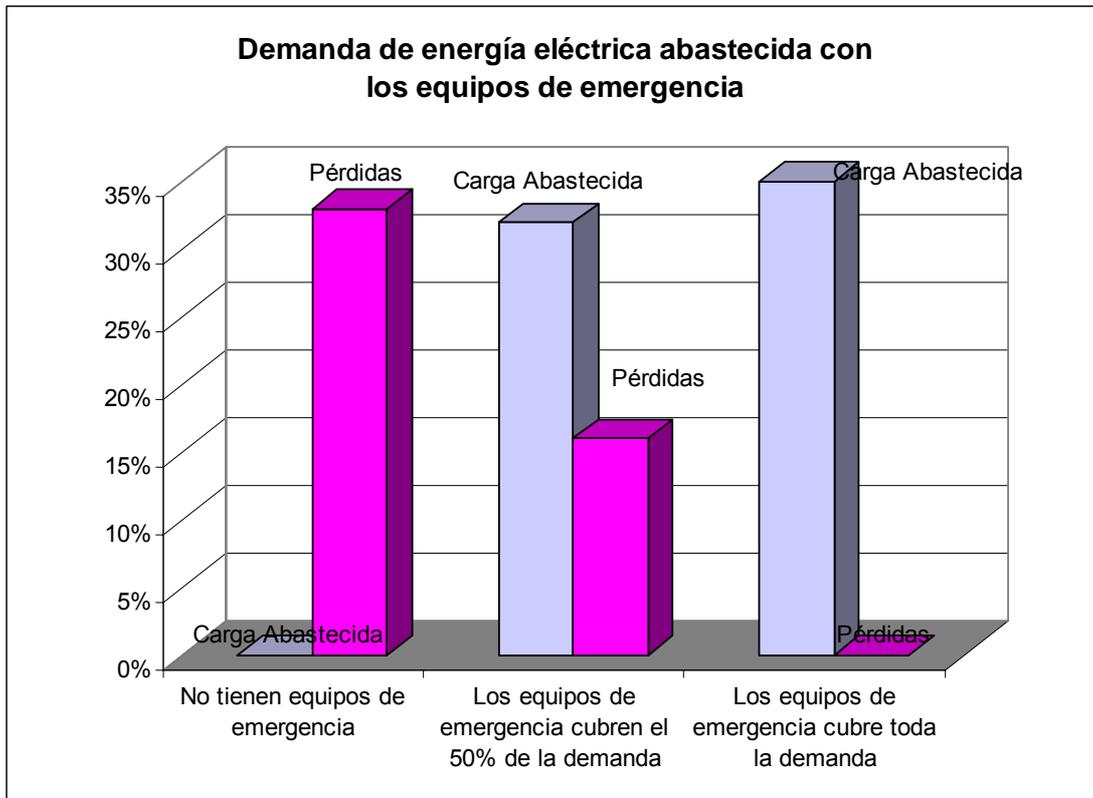
El consumo de energía eléctrica mensual de los consumidores industriales encuestados varía de 1.000 US \$ a 200.000 US \$.

De las industrias encuestadas el 33% tienen un solo turno de trabajo, 33% dos turnos de trabajo y el 34% tres turnos de trabajo.

El 94% de las industrias encuestadas poseen equipos que permiten mantener el suministro de energía eléctrica al presentarse una interrupción de este servicio desde Sistema Nacional Interconectado, y de estos aproximadamente el 80% son generadores de energía eléctrica.

Los equipos de respaldo de suministro de energía eléctrica de las industrias encuestadas, el 32% cubren un poco más de la mitad de la demanda total de la industria y el 35% cubre el total de la demanda.

Gráfico N° 12



La media de las pérdidas económicas por interrupción del suministro de energía eléctrica en un día laborable, han sido valoradas tal como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla N° 6
Pérdidas económicas medias en consumidores industriales por interrupción del suministro de energía eléctrica en un día laborable

Tiempo - día laborable	US \$
Menos de 10 minutos	2.348
Menos de 30 minutos	6.840
Menos de 1 hora	13.185
Menos de 2 horas	25.796
Menos de 4 horas	49.133
Entre 4 y 8 horas	75.030

Tabla N° 7
Pérdidas económicas medias en consumidores industriales por interrupción del suministro de energía eléctrica en un día no laborable

Tiempo - día no laborable	US \$
Menos de 10 minutos	2.387
Menos de 30 minutos	6.732
Menos de 1 hora	12.727
Menos de 2 horas	25.179
Menos de 4 horas	44.689
Entre 4 y 8 horas	64.716

Los encuestados expresan que la interrupción de energía eléctrica tiene graves efectos negativos en las actividades de la industria en todos los meses del año, en días de lunes a viernes, y en menor grado de afectación los días sábado y domingo.

Una interrupción del servicio de energía eléctrica durante un día, en el período de 07:00 a 18:00 tiene un alto grado de afectación, mientras que en los períodos de 00:00 a 07:00 y de 18:00 a 24:00 tiene una afectación media.

El 81% de los encuestados señalan que las pérdidas económicas son menores al conocer previamente que se producirá una interrupción del suministro de energía eléctrica (el valor medio en que disminuye el sobrecosto es de aproximadamente 40%). El tiempo medio de anticipación con que los usuarios requieren conocer de la interrupción del servicio de energía eléctrica para tomar las medidas pertinentes, es de dos días.

El 70% de los encuestados indican que no pueden recuperar la producción por la interrupción de energía eléctrica sin incurrir en gastos adicionales.

Tabla N° 8

Valores medios de los resultados de las encuestas a consumidores industriales

Arriendo de los establecimientos	25.700,00	USD
Salario por hora	1,81	USD
Inversión en equipos de emergencia (generadores de energía eléctrica)	180,00	USD
Costo de mantenimiento de los equipos de emergencia	800,00	USD
Consumo mensual de energía eléctrica	22.096,00	USD
Número de empleados	315,00	

Al igual que para los consumidores comerciales, en las actividades económicas de los consumidores industriales están sujetas a agentes económicos externos de los mercados en los que se desarrollan, por lo tanto los efectos son minimizados mediante la tasa mínima de rendimiento TMAR y que en promedio corresponden al 20% del costo de los servicios básicos, del arriendo y del consumo de energía eléctrica¹².

A continuación se expresa la formulación para el cálculo de energía no servida para consumidores industriales, en la cual se refiere a equipos auxiliares a aquellos que permiten mantener el suministro de energía eléctrica (UPS, Generadores, etc.), durante la interrupción del suministro de energía eléctrica.

La demanda de energía eléctrica de los procesos productivos que permanece abastecida al producirse una interrupción del servicio, de acuerdo a los resultados de obtenidos en las encuestas, corresponde aproximadamente al 44% del total, es decir que aproximadamente el 56% de los procesos serían detenidos.

¹² GUILLÉN B. Luis, GUALLPA Jaime, Determinación de los Costos de Energía No Suministrada en el Sector Comercial de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, Comisión de Integración Energética Regional, XXIII Seminario Sector Eléctrico – SNSE 2008

$$CENS_{Tiempo} = 0,56 * (\#Empleados * SalarioHora + \frac{ArriendoMensual}{30 * 24} - \frac{ConsumoMensualElectricidad}{30 * 24}) * \\ * tiempoInterrupción * 1,2 + \frac{CostoInverisónEquiposAuxiliares_{mensualizada}}{30 * 24} + \\ + \frac{CostoMantenimientoMensualEquiposAuxiliares}{30 * 24}$$

El consumo mensual medio es de 22.096 US \$, con un costo del kWh de 0,061 US \$¹³, por lo tanto el consumo promedio de un consumidor comercial es de 362 kWh, por lo tanto el costo de energía no servida durante 1 hora:

$$CENS_{1hora} = 387,86US\$ / 362kWh$$

$$CNES_{1hora} = 1,07US\$ / kWh$$

¹³ www.conelec.gov.ec

CAPITULO 3

3. ESTIMACIÓN DEL COSTO DE PÉRDIDAS POR INTERRUPCIÓN DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

3.1. DESCONEXIONES DE CARGA DEL SISTEMA ELÉCTRICO ECUATORIANO

Los datos de desconexiones de carga registrados por el CENACE durante el año 2008, por fallas en los sistemas de distribución, por fallas en el sistema de transmisión, por fallas en unidades de generación, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 9
Demanda de energía eléctrica del sistema eléctrico ecuatoriano interrumpida durante el año 2007

Empresa	Demanda interrumpida (MWh)				Alumbrado público
	Total	Industrial	Comercial	Residencial	
CNEL Sucumbíos	229,65	68,89	43,63	101,05	16,08
CNEL Milagro	489,92	146,98	93,08	215,56	34,29
Emelnorte	256,86	77,06	48,80	113,02	17,98
CNEL Los Ríos	854,07	256,22	162,27	375,79	59,78
Empresa Eléctrica Cotopaxi	86,83	26,05	16,50	38,21	6,08
Empresa Eléctrica Ambato	58,61	17,58	11,13	25,79	4,10
CNEL Guayas Los Ríos	908,27	272,48	172,57	399,64	63,58
CNEL Manabí	984,14	295,24	186,99	433,02	68,89
Empresa Eléctrica Quito	574,40	172,32	109,14	252,74	40,21
Empresa Eléctrica Regional Centro Su	125,08	37,53	23,77	55,04	8,76
Empresa Eléctrica Regional Sur	728,79	218,64	138,47	320,67	51,02
CNEL El Oro	439,24	131,77	83,46	193,27	30,75
CATEG-D	1.701,69	510,51	323,32	748,74	119,12
CNEL Santa Elena	231,40	69,42	43,97	101,81	16,20
CNEL Bolívar	166,37	49,91	31,61	73,20	11,65
Empresa Eléctrica Riobamba	18,22	5,47	3,46	8,02	1,28
CNEL Santo Domingo	343,07	102,92	65,18	150,95	24,01
CNEL Esmeraldas	460,99	138,30	87,59	202,83	32,27

Fuente: CENACE

Tabla N° 10
Demanda de energía eléctrica del sistema eléctrico ecuatoriano interrumpida durante el año 2008

Empresa	Demanda interrumpida (MWh)				
	Total	Industrial	Comercial	Residencial	Alumbrado público
CNEL Sucumbios	633,22	189,97	120,31	278,62	44,33
CNEL Milagro	420,58	126,17	79,91	185,05	29,44
Emelnorte	29,22	8,77	5,55	12,86	2,05
CNEL Los Ríos	212,50	63,75	40,37	93,50	14,87
Empresa Eléctrica Cotopaxi	17,75	5,33	3,37	7,81	1,24
Empresa Eléctrica Ambato	10,44	3,13	1,98	4,59	0,73
CNEL Guayas Los Ríos	1.316,68	395,00	250,17	579,34	92,17
CNEL Manabí	507,49	152,25	96,42	223,29	35,52
Empresa Eléctrica Quito	227,37	68,21	43,20	100,04	15,92
Empresa Eléctrica. Azogues	12,46	3,74	2,37	5,48	0,87
Empresa Eléctrica Regional Centro Sur	425,83	127,75	80,91	187,37	29,81
CEDEGE Chongón	67,52	20,26	12,83	29,71	4,73
Holcim	321,68	96,50	61,12	141,54	22,52
Empresa Eléctrica Regional Sur	7,56	2,27	1,44	3,33	0,53
CNEL El Oro	22,38	6,71	4,25	9,85	1,57
CATEG-D	799,17	239,75	151,84	351,64	55,94
Interagua	157,74	47,32	29,97	69,41	11,04
CNEL Santa Elena	341,62	102,49	64,91	150,31	23,91
CNEL Bolívar	5,03	1,51	0,96	2,21	0,35
Empresa Eléctrica Riobamba	39,03	11,71	7,42	17,17	2,73
CNEL Santo Domingo	45,63	13,69	8,67	20,08	3,19
CNEL Esmeraldas	5,05	1,52	0,96	2,22	0,35

Fuente: CENACE

El valor medio de las pérdidas económicas causadas por la interrupción del servicio de energía eléctrica durante diez minutos, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla N° 11
Pérdidas económicas por interrupción del servicio de energía eléctrica

Sector	USD
Industrial	2.348,00
Residencial	86,00
Comercial	60,00

Bajo la premisa que la distribución de la carga en forma uniforme en el país entre consumidores residenciales, comerciales, industriales, y alumbrado público, de acuerdo a los datos publicados por el Consejo Nacional de Electricidad en el Plan Maestro de Electrificación 2007 – 2019, y con los resultados de los valores medios de

las pérdidas económicas obtenidas, y asumiendo que el tiempo de la interrupción del servicio de energía eléctrica para todos los casos ha tenido una duración menor a 10 minutos, se evalúa las pérdidas económicas para los años 2007 y 2008, tal como se muestra en las siguientes tabla.

Tabla N° 12

Pérdidas económicas estimadas por interrupción del servicio de energía eléctrica en el sistema eléctrico ecuatoriano durante el año 2007

Empresa	Industrial	Comercial	Residencial	CENS por Empresa
	2348 US \$ por 10 minutos	60 US \$ por 10 minutos	86 US \$ por 10 minutos	
CNEL Sucumbíos	161.764.990,40	2.618.002,40	8.689.930,77	164.382.992,80
CNEL Milagro	345.099.765,40	5.585.089,90	18.538.579,11	350.684.855,30
Emelnorte	180.930.540,40	2.928.177,40	9.719.494,11	183.858.717,80
CNEL Los Ríos	601.603.386,00	9.736.341,00	32.317.819,60	611.339.727,00
Empresa Eléctrica Cotopaxi	61.164.226,00	989.881,00	3.285.710,27	62.154.107,00
Empresa Eléctrica Ambato	41.281.362,00	668.097,00	2.217.613,20	41.949.459,00
CNEL Guayas Los Ríos	639.783.291,57	10.354.244,07	34.368.824,18	650.137.535,64
CNEL Manabí	693.231.385,80	11.219.247,30	37.240.027,88	704.450.633,10
Empresa Eléctrica Quito	404.609.708,00	6.548.198,00	21.735.422,13	411.157.906,00
Empresa Eléctrica Regional Centro Sur	88.109.169,60	1.425.957,60	4.733.178,56	89.535.127,20
Empresa Eléctrica Regional Sur	513.356.858,40	8.308.160,40	27.577.262,24	521.665.018,80
CNEL El Oro	309.403.473,60	5.007.381,60	16.620.992,96	314.410.855,20
CATEG-D	1.198.669.653,33	19.399.253,33	64.391.907,56	1.218.068.906,67
CNEL Santa Elena	162.995.107,63	2.637.910,60	8.756.012,03	165.633.018,23
CNEL Bolívar	117.194.315,20	1.896.671,20	6.295.617,39	119.090.986,40
Empresa Eléctrica Riobamba	12.833.968,42	207.704,77	689.434,08	13.041.673,19
CNEL Santo Domingo	241.655.573,00	3.910.950,50	12.981.611,13	245.566.523,50
CNEL Esmeraldas	324.717.834,00	5.255.229,00	17.443.672,40	329.973.063,00
TOTAL	6.098.404.608,75	98.696.497,08	327.603.109,59	6.197.101.105,83

Tabla N° 13

Pérdidas económicas estimadas por interrupción del servicio de energía eléctrica en el sistema eléctrico ecuatoriano durante el año 2008

Empresa	Industrial	Comercial	Residencial	CENS por Empresa
	2348 US \$ por 10 minutos	60 US \$ por 10 minutos	86 US \$ por 10 minutos	
CNEL Sucumbíos	446.042.703,84	7.218.749,04	23.961.181,02	453.261.452,88
CNEL Milagro	296.253.382,20	4.794.560,70	15.914.576,92	301.047.942,90
Emelnorte	20.581.088,76	333.084,06	1.105.605,34	20.914.172,82
CNEL Los Ríos	149.684.859,12	2.422.497,72	8.040.992,43	152.107.356,84
Empresa Eléctrica Cotopaxi	12.504.579,24	202.373,94	671.739,46	12.706.953,18
Empresa Eléctrica Ambato	7.353.020,28	119.001,18	395.000,41	7.472.021,46
CNEL Guayas Los Ríos	927.467.771,88	15.010.125,78	49.823.084,17	942.477.897,66
CNEL Manabí	357.473.983,68	5.785.354,08	19.203.315,65	363.259.337,76
Empresa Eléctrica Quito	160.157.103,48	2.591.980,38	8.603.555,93	162.749.083,86
Empresa Eléctrica. Azogues	8.774.358,60	142.004,10	471.353,96	8.916.362,70
Empresa Eléctrica Regional Centro Sur	299.955.145,08	4.854.469,98	16.113.433,69	304.809.615,06
CEDEGE Chongón	47.561.088,00	769.728,00	2.554.956,80	48.330.816,00
Holcim	226.591.392,00	3.667.152,00	12.172.371,20	230.258.544,00
Empresa Eléctrica Regional Sur	5.324.348,28	86.169,18	286.021,21	5.410.517,46
CNEL El Oro	15.763.344,96	255.113,76	846.798,66	16.018.458,72
CATEG-D	562.938.095,16	9.110.582,46	30.240.740,38	572.048.677,62
Interagua	111.113.253,48	1.798.255,38	5.968.945,93	112.911.508,86
CNEL Santa Elena	240.638.184,60	3.894.485,10	12.926.957,56	244.532.669,70
CNEL Bolívar	3.544.752,12	57.368,22	190.422,23	3.602.120,34
Empresa Eléctrica Riobamba	27.491.886,72	444.928,32	1.476.849,79	27.936.815,04
CNEL Santo Domingo	32.143.885,20	520.216,20	1.726.752,72	32.664.101,40
CNEL Esmeraldas	3.558.417,48	57.589,38	191.156,33	3.616.006,86
TOTAL	3.962.916.644,16	64.135.788,96	212.885.811,78	4.027.052.433,12

Las desconexiones de carga por fallas en los sistemas de distribución y transmisión, son eventos a los que se exponen los usuarios de todo sistema eléctrico, sin embargo para algunas contingencias se podría evitar la interrupción de servicio al usuario final si se realizan obras de expansión haciendo de los sistemas redundantes.

3.2. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LAS PÉRDIDAS ECONÓMICAS POR INTERRUPCIONES DE SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y EL COSTO DE ENERGÍA NO SERVIDA

A continuación se procede a realizar un cálculo comparativo entre las pérdidas económicas que resultan de las interrupciones del servicio de energía eléctrica, y los sobrecostos por el pago de energía no servida.

Para este análisis se toman datos históricos de la operación del sistema eléctrico ecuatoriano, obtenidos del CENACE y se realizan las siguientes consideraciones:

- Las desconexiones de carga por mantenimientos programados en el sistema eléctrico ecuatoriano, durante los años 2007 y 2008, corresponden aproximadamente al 30% del total de las desconexiones.
- Aproximadamente el 60% de los consumidores residenciales se benefician de la tarifa de la dignidad (tarifa subsidiada por el Gobierno Nacional), y por lo tanto este grupo de consumidores no están dispuestos a pagar más por la continuidad del servicio de energía eléctrica.
- De las encuestas realizadas a los consumidores comerciales, aproximadamente el 27% respondió que no se ven afectados por la interrupción del servicio de energía eléctrica, y por lo tanto se asume que este porcentaje de consumidores no están dispuestos a pagar más por la continuidad de servicio.
- Considerando la importancia de la continuidad del suministro de energía eléctrica para los consumidores industriales, se asume que todos estarían dispuestos a pagar por la continuidad del servicio.

Tabla N° 14
Demanda del sistema eléctrico ecuatoriano

Año	DEMANDA (GWh)				Alumbrado público
	Total	Industrial	Comercial	Residencial	
2007	15.526,8	4658,02952	2950,08537	6831,77663	1086,87356
2008	16.317,2	4895,16026	3100,26816	7179,56838	1142,20406

Tabla N° 15
Costo de Energía no Suministrada (CENS)

	Industrial	Comercial	Residencial	Alumbrado público
CENS US \$/kWh	1,07000	4,37500	0,09700	0,00296

La probabilidad de interrupción del servicio de energía eléctrica por mantenimiento programado es de aproximadamente 30%, que se obtiene de la relación entre la duración de las interrupciones de servicio por mantenimiento y el número de interrupciones por mantenimiento.

Tabla N° 16
Demanda de energía eléctrica interrumpida por mantenimiento programado

Año	Demanda total desabastecida (MWh)	Demanda desabastecida por mantenimiento programado (MWh)
2007	8.657,59	2.597,28
2008	5.625,95	1.687,78

Considerando que los usuarios que están dispuestos a pagar un valor adicional por la continuidad de servicio, con una probabilidad de interrupción del servicio por mantenimiento programado, los ingresos que se recaudarían se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 17
Ingresos por continuidad del servicio de energía eléctrica

RECAUDACIÓN POR CENS Y POR EL CONSUMO A TARIFA NORMAL					
(US \$)					
Año	Total	Industrial	Comercial	Residencial	Alumbrado público
2007	14.760.381.965,75	4.984.091.590,36	9.472.016.086,56	301.226.695,38	3.047.593,45
2008	15.511.802.758,68	5.237.821.477,81	9.954.217.011,64	316.561.529,05	3.202.740,19

RECAUDACIÓN A TARIFA NORMAL					
(US \$)					
Año	Total	Industrial	Comercial	Residencial	Alumbrado público
2007	533.186.007,46	284.139.800,95	185.855.378,00	60.256.269,92	2.934.558,60
2008	560.329.414,28	298.604.775,84	195.316.894,36	63.323.793,12	3.083.950,96

RECAUDACIÓN POR CONTINUIDAD DEL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA					
(US \$)					
Año	Total	Industrial	Comercial	Residencial	Alumbrado público
2007	14.227.195.958,29	4.699.951.789,41	9.286.160.708,56	240.970.425,46	113.034,85
2008	14.951.473.344,40	4.939.216.701,97	9.758.900.117,28	253.237.735,93	118.789,22

PÉRDIDAS ECONÓMICAS TOTALES POR INTERRUPCIONES					
(US \$)					
Año	Total	Industrial	Comercial	Residencial	Alumbrado público
2007	6.524.704.215,42	6.098.404.608,75	98.696.497,08	327.603.109,59	
2008	4.239.938.244,90	3.962.916.644,16	64.135.788,96	212.885.811,78	

PÉRDIDAS ECONÓMICAS POR MANTENIMIENTOS PROGRAMADOS (30% de las interrupciones)					
(US \$)					
Año	Total	Industrial	Comercial	Residencial	Alumbrado público
2007	1.957.411.264,62	1.829.521.382,63	29.608.949,12	98.280.932,88	
2008	1.271.981.473,47	1.188.874.993,25	19.240.736,69	63.865.743,53	

BENEFICIO PAGO ADICIONAL (CENS) VS PERDIDAS ECONOMICAS POR MANTENIMIENTO PROGRAMADO					
(US \$)					
Año	Total	Industrial	Comercial	Residencial	Alumbrado público
2007	12.269.784.693,66	2.870.430.406,79	9.256.551.759,44	142.689.492,58	113.034,85
2008	13.679.491.870,93	3.750.341.708,72	9.739.659.380,59	189.371.992,39	118.789,22

Asumiendo que la demanda de energía eléctrica seleccionada para ser interrumpida durante la ejecución de los mantenimientos programados, corresponde

en su totalidad a la demanda de los consumidores residenciales, las pérdidas económicas se reducen, tal como muestra la siguiente tabla:

Tabla N° 18
Reducción de las Pérdidas económicas por interrupción del servicio de energía eléctrica considerando los mantenimientos programados

TOTAL DE DESCONECIONES EN MWh

Año	Total	Industrial	Comercial	Residencial	Alumbrado público
2007	8.052,49	2.597,58	1.645,13	3.809,78	606,10
2008	5.232,13	1.687,78	1.068,93	2.475,42	393,82

TOTAL DE DESCONECIONES POR MANTENIMIENTO PROGRAMADO EN MWh

Año	Total	Industrial	Comercial	Residencial	Alumbrado público
2007	2.415,75	779,27	493,54	1.142,93	606,10
2008	1.569,64	506,34	320,68	742,62	393,82

TOTAL DE DESCONECIONES POR MANTENIMIENTO PROGRAMADO EN MWh

Año	Total	Industrial	Comercial	Residencial	Alumbrado público
2007	2.415,75	0,00	133,26	2.282,49	0,00
2008	1.569,64	0,00	86,58	1.483,06	0,00

Considera que los consumidores residenciales desconectan la carga que les correspondería a los consumidores industriales y el 73% de la carga de los consumidores comerciales

TOTAL DE DESCONECIONES MWh

Año	Total	Industrial	Comercial	Residencial	Alumbrado público
2007	7.919,23	1.818,30	1.151,59	4.949,34	606,10
2008	5.145,55	1.181,45	748,25	3.215,85	393,82

Industriales no desconectan carga y comerciales el 27% de lo que les corresponde por mantenimiento programado

PÉRDIDAS ECONÓMICAS POR LAS INTERRUPCIONES TOTALES DEL SERVICIO (US \$)

Año	Total	Industrial	Comercial	Residencial	Alumbrado público
2007	4.764.114.659,52	4.269.376.306,13	69.095.527,95	425.642.825,44	52.124.696,53
2008	3.095.499.564,25	2.774.041.650,91	44.895.052,27	276.562.861,07	33.868.197,33

La recaudación por la garantía de la continuidad del servicio de energía eléctrica es mayor a la reducción de las pérdidas económicas causadas por la interrupción del servicio. Estos recursos deben ser usados para pago de seguros y compensaciones a la demanda de energía eléctrica interrumpida.

Tabla N° 19

Relación ente la recaudación por continuidad del servicio y reducción de las pérdidas

Año	Total	Industrial	Comercial	Residencial	Alumbrado público
2007	7.957.690.661,72	2.255.327.909,29	6.029.309.080,80	-326.946.328,37	0,00
2008	5.171.491.113,77	1.465.896.593,98	3.918.021.591,89	-212.427.072,11	0,00

Considera que los consumidores industriales no desconectan carga y los comerciales el 27% de su carga por mantenimiento programado por el beneficio del pago del CENS

Tal como se muestra en la tabla N° 19, la relación de recaudación por continuidad de servicio y reducción en las pérdidas es menor en el año 2008, debido a que en este año se han producido menos interrupciones del servicio de energía eléctrica que en el año 2007. Las pérdidas económicas para consumidores residenciales aumentan porque desconectan más carga al asumir la responsabilidad de los consumidores industriales y comerciales.

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para determinar el costo de energía no suministrada en el sistema eléctrico ecuatoriano, se utilizó el método directo a través de encuestas, seleccionando muestras de los consumidores residenciales, comerciales e industriales, y analizando las respuestas de cada grupo en forma individual
- Las muestras tomadas en el desarrollo de las encuestas realizadas a los consumidores residenciales y comerciales, son casi en su totalidad de la ciudad de Quito, y la muestra para la encuesta a los industriales no representa la demanda de toda la industria del país; los resultados mostrados solo tienen fines didácticos, por lo tanto para generalizar los resultados se debe ampliar las muestras de los tres sectores, considerando las características de cada región del país.
- Del análisis realizado en este trabajo, se han obtenido los siguientes valores de costo de energía eléctrica no suministrada por tipo de consumidor, tal como se muestra en la siguiente tabla:

CONSUMIDOR	CENS (US \$/KWh)
Residencial	0,097
Comercial	4,375
Industrial	1,07
Alumbrado Público	0,0029

- Al no conocer la afectación económica de la interrupción del servicio de energía eléctrica a sus usuarios, en una condición de racionamiento eléctrico, se podría tomar la decisión de restringir el servicio en forma equitativa a todos los sectores económicos. Sin embargo, las Empresas de Distribución al tener

conocimiento del valor que tiene la energía eléctrica para cada consumidor, pueden sustituir la suspensión del servicio a consumidores sensibles (industriales, comerciales), por consumidores menos sensibles a la interrupción del servicio (residenciales).

- Debido a que en el país no existen condiciones climáticas muy marcadas, de forma que la afectación de interrupciones de servicio de energía eléctrica sea diferente en cada uno de los meses del año, los resultados de este trabajo del costo de energía no servida son válidos para la planificación y operación del sistema eléctrico para todos los días del año.
- De los resultados de los análisis de este trabajo, se concluye que los usuarios comerciales y residenciales son menos sensibles a la interrupción del servicio de energía eléctrica en el período de 00:00 a 06:00 y de 22:00 a 24:00, mientras que en la mayoría de consumidores industriales la interrupción del servicio de energía eléctrica afecta por igual durante las 24 horas del día debido a que la producción se realiza en turnos.
- El suministro de energía eléctrica es un requerimiento imprescindible en el desarrollo de los países, y ante el riesgo de escasez de la oferta de energía eléctrica, sea en el corto, mediano o largo plazo, requiere de la planificación de acciones, enfocadas a que la afectación al sector productivo del país sea mínima.
- Se recomienda que todo planificador de la operación del sistema eléctrico, determine bloques de demanda de energía eléctrica, caracterizados por las pérdidas económicas por tipo de consumidor ocasionadas por la interrupción del servicio de energía eléctrica, de tal forma que cuando la oferta de

generación de energía eléctrica presente precios altos, sea capaz de tomar la decisión de compra solo si esos valores son inferiores al costo de pérdidas del primer bloque, caso contrario proceder a los racionamientos por orden de valoración de la energía eléctrica para el consumidor.

- Con el conocimiento del costo de energía eléctrica no servida de los consumidores, es posible crear metodologías que permitan promover incentivos a los consumidores, cuya sensibilidad a la interrupción del servicio de energía eléctrica sea bajo, de tal forma que declaren su disposición a que su demanda no sea abastecida a cambio de una compensación económica, en casos de racionamientos.
- Al presentarse déficit de producción de energía eléctrica en el país, se recurre al racionamiento de energía eléctrica que puede ser llevado a cabo mediante un acuerdo de la disminución del consumo de energía eléctrica durante un cierto período, o mediante la imposición de cortes del suministro de energía eléctrica a las Empresas de Distribución, quienes a la vez determinen las cargas a ser interrumpidas.
- Conociendo las pérdidas económicas en las que se incurre en cada tipo de consumidor, las Empresas de Distribución deben determinar previamente bloques de consumo de energía eléctrica, de tal forma de que cuando se requiera realizar cortes del suministro energía eléctrica, proceda con la interrupción del servicio de aquellos con menor afectación económica.
- Con la recaudación de los consumidores que elijan pagar una tarifa por el consumo de energía eléctrica que incluye un valor por la continuidad de

servicio, se debe establecer los mecanismos de compensación económica a aquellos que se han experimentando la interrupción de servicio.

- Para la aplicación de mecanismos de compensación económica, en beneficio de aquellos consumidores que manifiesten su disponibilidad a someterse a interrupciones del servicio de energía eléctrica, y de esta forma evitar el desabastecimiento de energía eléctrica a otro grupo de consumidores, a pesar de que el objetivo sea el de disminuir los efectos negativos en el sector productivo, puede resultar difícil su implantación, pues no se tiene la certeza de que existan consumidores que elijan libremente interrumpir el suministro de energía eléctrica, por lo cual es necesario analizar el impacto social de la aplicación de estas medidas, considerando aspectos culturales y sociales de la población.
- Las Instituciones responsables de la emisión de la Normativa Legal, de dictar políticas para el sector y de la operación del sistema eléctrico ecuatoriano, es probable que al implantar mecanismos de interrupciones del suministro de energía eléctrica, estas decisiones sean afectadas por factores políticos, debido a la alta sensibilidad de los usuarios frente a afectaciones en los servicios públicos.

BIBLIOGRAFIA

1. BILLINTON Roy. y FONG C, *Bulk System Reliability – Measurement and Indices*, IEEE Transactions on Power System, Vol. 4, Agosto 1989.
2. BILLINTON Roy, OTENG-A. y Ghajar R, *Comparison of Two Alternate Methods to Establish and Interrupted Energy Assessment Rate*, IEEE Transactions on Power System, Vol.PWRS-2, No. 34, Agosto 1987.
3. BILLINTON Roy, WOJCZYNSKY E. y WACKER G., *Interruption Cost Methodology and Results – A Canadian Commercial and Small Industry Survey*, IEEE Transactions on Power System, Vol.PAS-103, No. 2 Febrero 1984.
4. BILLINTON Roy, WOJCZYNSKY E. y WACKER G., *Interruption Cost Methodology and Results – A Canadian Residential Survey*, IEEE Transactions on Power System, Vol.PAS-102, No. 10, Octubre 1983.
5. Consejo Nacional de Electricidad CONELEC - Normativa del sector Eléctrico Ecuatoriano, www.conelec.gov.ec
6. CONSEJO NACIONAL DE ELECTRICIDAD, *Plan Maestro de Electrificación 2007 – 2019*
7. Centro Nacional de Control de Energía CENACE, Información operativa y comercial del sistema eléctrico ecuatoriano, www.cenace.org.ec
8. COMISIÓN REGIONAL DE ENERGÍA Y GAS, *Elasticidad de la demanda de productos y servicios eléctricos*, Noviembre 2006.

9. CHUMACERO R., PAREDES R. y SÁNCHEZ J, *Regulación Para Crisis de Abastecimiento: Lecciones del Racionamiento Eléctrico en Chile*, Chile, 2000.
10. FIERRO Gabriel, SERRA Pablo, *Un modelo de Estimación del Costo de Falla: El Caso de Chile*, Cuadernos de Economía No. 90, Abril 1993.
11. GRAINGER J, STEVENSON Jr., *Análisis de Sistemas de Potencia*, 1996; Estados Unidos
12. GUILLÉN Luis, GUALLPA Jaime, *Determinación de los Costos de Energía No Suministrada en el Sector Comercial de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur*, Comisión de Integración Energética Regional, XXIII Seminario Sector Eléctrico – SNSE 2008
13. KARIUKI, K. (1991), *Assessment of Customer Outage Cost Due to Electric Service Interruptions*, Department of Electrical Engineering & Electronics, Manchester, Inglaterra, 1991
14. NEUDORF Enrie, KIGUEL David, *Cost – Benefit Analysis of Power System Reliability: Two Utility Case Studies*, IEE Transactions on Power Systems, Vol. 10, No.3, Agosto 1995
15. SULLIVAN M. y VARDELL T., *Interruption Cost, Customer Satisfaction and Expectation for Service Reliability*, IEEE Transactions on Power System, Vol. 11, No. 2, Mayo 1996.
16. SANGHVI A y BAILLY H., *Measurement and Application of Consumer Interruption Cost/Value of Service for Cost- Benefit Reliability Evaluation: Some Commonly Raised Issues*, IEEE Transactions on Power System, Vol. 5, No. 4, Noviembre 1990.

17. THE OFFICE OF THE SOUTH AUSTRALIAN INDEPENDENT INDUSTRY REGULATOR, *Electricity Tariffs and Security of Supply*, Junio 2000.
18. Unidad de Planeación Minero Energético – UPME Republica de Colombia, *Estudio de Costos de Racionamiento de Electricidad y Gas Natural*, Colombia, 2004.
19. VENEGAS Jaime, *Metodologías de Evaluación de Costos de Falla en Sistemas Eléctricos*, Pontífice Universidad Católica de Chile, 1994.

ANEXOS

ANEXO 1

ENCUESTAS AL SECTOR RESIDENCIAL

DATOS GENERALES DEL ENCUESTADO:

Edad -----

Sexo: Hombre Mujer

Maneja un negocio desde su hogar que el ingreso represente más del 5% del ingreso familiar Si No

Número de personas viven en su casa -----

1. Su factura mensual por consumo de energía eléctrica es:
 Menor a 120 kWh Menor a 150 kWh
 Menor a 200 kWh Mayor a 200 kWh
2. La frecuencia de interrupción del servicio de energía eléctrica en mi casa es:
 Muy baja Baja Moderada
 Alta Muy alta
3. El precio de la electricidad es:
 Muy baja Baja Moderada
 Alta Muy alta
4. La calidad del servicio de energía eléctrica es:
 Muy baja Baja Moderada
 Alta Muy alta
5. ¿Cuántas veces ha sufrido un corte en el suministro de energía eléctrica en los dos últimos años.
..... veces
6. ¿Cuántas de esas interrupciones duraron menos de treinta minutos?
..... veces
7. ¿Cuántas de esas interrupciones duraron más de treinta minutos?
..... veces

- Afecta poco Afecta medianamente
 Afecta bastante Afecta mucho

14. Si la interrupción del suministro de energía eléctrica dura más de una hora, en el periodo de 18:00 a 22:00 en un día no laborable, ¿cómo le afecta en sus actividades?

- No existen efectos indeseables Afecta muy poco
 Afecta poco Afecta medianamente
 Afecta bastante Afecta mucho

15. Si la interrupción del suministro de energía eléctrica dura más de una hora, en el periodo de 00:00 a 06:00 o de 22:00 a 24:00 de un día no laborable, ¿cómo le afecta en sus actividades?

- No existen efectos indeseables Afecta muy poco
 Afecta poco Afecta medianamente
 Afecta bastante Afecta mucho

16. Indique como le afectan en las diferentes actividades de su hogar en la siguiente tabla:

Sector del hogar afectado	No existen efectos indeseables	Afecta muy poco	Afecta poco	Afecta medianamente	Afecta bastante	Afecta mucho
Aparatos de la cocina						
Aparatos de limpieza						
Aparatos de entretenimiento						
Calefacción / Ventilación						
Riesgo de accidentes						
Riesgo de robos						

17. Suponga que la compañía actual que le brinda el suministro de energía eléctrica aumenta el número de interrupciones mensual a cuatro, y por otro lado una nueva empresa le ofrece el servicio de manera ininterrumpida, usted se cambiaría de compañía si el costo se incrementa en:

Más del 10%	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Más del 20%	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
Más del 50%	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
El 100%	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No

ENCUESTAS AL SECTOR COMERCIAL

DATOS GENERALES DEL ENCUESTADO:

Tipo de comercio:

Ciudad:

Ventas mensuales: Menores a 1000 US \$ Mayores a 1000 US \$
 Mayores a 5000 US \$ Mayores a 10000 US \$

El local está dentro de un centro comercial: Si No

1. ¿Cuál es el valor de su factura mensual por consumo de energía eléctrica?
..... US \$
2. ¿Cuánto le cuesta el arriendo del local; en el caso de ser propio, cual sería el valor en el que lo arrendaría?
..... US \$
3. ¿Tiene empleados en su comercio, cuántos empleados son?
..... empleados
4. ¿Cuál es salario por hora de sus empleados?
..... US \$
5. La frecuencia de interrupción del servicio de energía eléctrica en su comercio es:
 Muy baja Baja Moderada
 Alta Muy alta
6. ¿La interrupción del servicio de energía eléctrica por menos de media hora le provoca pérdidas económicas?
 Si No
Si la respuesta es si, ¿en cuánto estima las pérdidas económicas?
..... US \$
7. ¿La interrupción del servicio de energía eléctrica por más de media hora le provoca pérdidas económicas?
 Si No
Si la respuesta es si, ¿en cuánto estima las pérdidas económicas?
..... US \$

8. Durante la interrupción del servicio de energía eléctrica en un día laborable antes de las 18:00, su actividad comercial se suspende:
- Menos de la mitad La mitad Más de la mitad
9. Durante la interrupción del servicio de energía eléctrica en un día laborable después de las 18:00, su actividad comercial se suspende:
- Menos de la mitad La mitad Más de la mitad
10. Durante la interrupción del servicio de energía eléctrica en un día de fin de semana o feriado antes de las 18:00, su actividad comercial se suspende:
- Menos de la mitad La mitad Más de la mitad
11. Durante la interrupción del servicio de energía eléctrica en un día de fin de semana o feriado después de las 18:00, su actividad comercial se suspende:
- Menos de la mitad La mitad Más de la mitad
12. Suponga que se requiere interrumpir el servicio de energía eléctrica es de cuatro horas por semana. ¿Cuál de las siguientes alternativas prefiere?
- Un día en la semana por cuatro horas
- Dos horas diarias por dos días
- Una hora diaria durante cuatro días
13. Si la interrupción del servicio de energía eléctrica le ha sido comunicada, el impacto sobre su actividad comercial, en relación a las interrupciones sin previo aviso afectan:
- En menor grado En igual grado
14. Tiene generadores de energía eléctrica propios que funcionan cuando se interrumpe el servicio de energía eléctrica?
- Si No

ENCUESTAS AL SECTOR INDUSTRIAL

DATOS GENERALES DEL ENCUESTADO:

Tipo de industria:

Ciudad:

Ventas mensuales: Menores a 1000 US \$ Mayores a 1000 US \$
 Mayores a 5000 US \$ Mayores a 10000 US \$

Número de empleados:

Número de turnos en la planta:

P1. ¿Cuál es el valor promedio de su factura mensual por consumo de energía eléctrica?

	US \$
--	-------

P2. ¿Cuánto le cuesta el arriendo del espacio en el que realiza las operaciones industriales; en el caso de que le pertenezca, cual sería el valor en el que lo arrendaría?

Propio	Arriendo
<input style="width: 80%;" type="text"/> US \$	<input style="width: 80%;" type="text"/> US \$

P3. ¿Cuál es salario promedio por hora por empleado?

<input style="width: 95%;" type="text"/>	Por hora	ó	<input style="width: 95%;" type="text"/>	Mensual
--	----------	---	--	---------

P4. Posee equipos que mantengan el servicio de energía eléctrica en forma parcial o total que funcionan cuando se interrumpe el servicio de energía eléctrica (baterías o UPS)?

SI	<input style="width: 95%;" type="text"/>
NO	<input style="width: 95%;" type="text"/>

P5. ¿Posee generadores de energía eléctrica propios que funcionan cuando se interrumpe el servicio de energía eléctrica?

SI	<input style="width: 95%;" type="text"/>	Pase a la P5a, P5b, P5c, P5d, Pe
NO	<input style="width: 95%;" type="text"/>	Pase a la P6

P5a. Estos generadores cubren:

Toda la demanda	1
Solo iluminación	2
Iluminación y Procesos Críticos	3
Otros	<input style="width: 95%;" type="text"/>

P5b. Cuál fue el costo aproximado de inversión en esos generadores y equipo asociado?

	US \$
--	-------

P5c. Cuál es el costo mensual aproximado de mantenimiento de esos generadores?

	US \$
--	-------

P5d. Cuál es el costo variable de producción promedio de esos generadores, incluido el combustible?

	Cvos US \$/kWh
--	----------------

P5e. ¿Cuál es la razón fundamental por la que adquirió/no adquirió generadores de emergencia?

--

P6. Suponga que a las 10:00 de un día laborable tiene lugar una interrupción intempestiva de servicio de energía eléctrica, en el mes de mayor producción en el año, cuánto estima que pierde en dólares de acuerdo al tiempo de la interrupción.

Tiempo de la interrupción del servicio de la energía eléctrica	Pérdidas en dólares
Menos de 10 minutos	
Menos de 30 minutos	
Menos de 1 hora	
Menos de 2 horas	
Menos de 4 horas	
De 4 a 8 horas	

P7. Suponga que a las 10:00 de un día de fin de semana tiene lugar una interrupción de servicio de energía eléctrica, en el mes de mayor producción en el año, cuánto estima que pierde en dólares de acuerdo al tiempo de la interrupción.

Tiempo de la interrupción del servicio de la energía eléctrica	Pérdidas en dólares
Menos de 10 minutos	
Menos de 30 minutos	
Menos de 1 hora	
Menos de 2 horas	
Menos de 4 horas	
De 4 a 8 horas	

P8. Califique el grado de afectación en sus actividades por la interrupción del servicio de energía eléctrica para cada mes del año en la siguiente tabla, siendo 5 más grave y 1 menos grave.

Mes	1	2	3	4	5
Enero					
Febrero					
Marzo					
Abril					
Mayo					
Junio					
Julio					
Agosto					
Septiembre					
Octubre					
Noviembre					
Diciembre					

P9. Califique el grado de afectación en sus actividades por la interrupción del servicio de energía eléctrico para cada día de la semana en la siguiente tabla, siendo 5 más grave y 1 menos grave

Día	1	2	3	4	5
Lunes					
Martes					
Miércoles					
Jueves					
Viernes					
Sábado					
Domingo					

P10. Califique el grado de afectación en sus actividades por la interrupción del servicio de energía eléctrico en los períodos del día indicados en la siguiente tabla, siendo 5 más grave y 1 menos grave.

Período	1	2	3	4	5
00:00 a 07:00					
07:00 a 12:00					
12:00 a 14:00					
14:00 a 18:00					
18:00 a 22:00					
22:00 a 24:00					

P11 a. Suponga que se requiere interrumpir el servicio de energía eléctrica cuatro horas por semana en días laborables. ¿Cuál de las siguientes alternativas prefiere?

Un día laborable en la semana por cuatro horas	
Dos horas diarias por dos días laborables	
Una hora diaria durante cuatro días laborables	

P11 b. Suponga que se requiere interrumpir el servicio de energía eléctrica cuatro horas por semana durante el fin de semana. ¿Cuál de las siguientes alternativas prefiere?

Un día no laborable en la semana por cuatro horas	
Dos horas diarias por dos días no laborables	
Una hora diaria durante cuatro días no laborables	

P12. ¿Si usted conociera con anticipación de la interrupción del servicio de energía eléctrica, por una hora en un día laborable, las pérdidas económicas serían menores?, si la respuesta es afirmativa, señale en porcentaje en cuánto disminuirían las pérdidas?

SI		Pase a P12a.
NO		Pase a P13

P12a. En que porcentaje disminuirían las perdidas ?

	%
--	---

P13. ¿Con qué tiempo de anticipación requiere usted conocer de la interrupción de servicio de energía eléctrica, por una hora en un día laborable, para planificar sus actividades y minimizar las pérdidas económicas?

	%
--	---

P14. Puede su industria recuperar la producción perdida durante una interrupción imprevista del suministro de energía eléctrica por una hora en un día laborable, sin incurrir en costos adicionales, como por ejemplo pago de horas extras a los empleados?

SI	
NO	

P15. Si la respuesta anterior es negativa, señale el sobrecosto en el que incurriría para recuperar la producción

	US \$
--	-------

ANEXO 2

ESTADÍSTICOS DE LA ENCUESTA A LOS CONSUMIDORES RESIDENCIALES

Para el cálculo de los valores estadísticos, se ha asignado un valor a cada una de las opciones, que se muestran en cada pregunta.

1. Su factura mensual por consumo de energía eléctrica es:

Menor a 120 kWh: (1) Menor a 150 kWh: (3)
Menor a 150 kWh: (2) Mayor a 200 kWh: (4)

Media	2,518
Error típico	0,153
Mediana	2,000
Moda	2,000
Desviación estándar	1,144
Curtosis	-1,419
Coefficiente de asimetría	0,068
Rango	3,000
Mínimo	1,000
Máximo	4,000
Suma	141,000
Cuenta	56,000
Nivel de confianza(95.0%)	0,306

3. El precio de la electricidad es:

Muy baja: (1) Moderada: (3)
Baja: (2) Alta: (4)
Muy alta: (5)

Media	3,250
Error típico	0,089
Mediana	3,000
Moda	3,000
Desviación estándar	0,667
Curtosis	1,105
Coefficiente de asimetría	0,809
Rango	3,000
Mínimo	2,000
Máximo	5,000
Suma	182,000
Cuenta	56,000
Nivel de confianza(95.0%)	0,179

2. La frecuencia de interrupción del servicio de energía eléctrica en mi casa es

Muy baja: (1) Moderada: (3)
Baja: (2) Alta: (4)

Media	2,429
Error típico	0,132
Mediana	2,000
Moda	3,000
Desviación estándar	0,988
Curtosis	-0,431
Coefficiente de asimetría	0,206
Rango	4,000
Mínimo	1,000
Máximo	5,000
Suma	136,000
Cuenta	56,000
Nivel de confianza(95.0%)	0,265

4. La calidad del servicio de electricidad es:

Muy baja: (1) Moderada: (3)
Baja: (2) Alta: (4)
Muy alta: (5)

Media	3,214
Error típico	0,087
Mediana	3,000
Moda	3,000
Desviación estándar	0,653
Curtosis	2,795
Coefficiente de asimetría	0,162
Rango	4,000
Mínimo	1,000
Máximo	5,000
Suma	180,000
Cuenta	56,000
Nivel de confianza(95.0%)	0,175

5. ¿Cuántas veces ha sufrido un corte en el suministro de energía eléctrica en los dos últimos años.

Media	10,875
Error típico	1,517
Mediana	8,000
Moda	10,000
Desviación estándar	11,354
Curtosis	11,466
Coefficiente de asimetría	3,169
Rango	58,000
Mínimo	2,000
Máximo	60,000
Suma	609,000
Cuenta	56,000
Nivel de confianza(95.0%)	3,041

6. ¿Cuántas de esas interrupciones duraron menos de treinta minutos?

Media	4,286
Error típico	0,512
Mediana	4,000
Moda	4,000
Desviación estándar	3,832
Curtosis	7,080
Coefficiente de asimetría	2,060
Rango	22,000
Mínimo	0,000
Máximo	22,000
Suma	240,000
Cuenta	56,000
Nivel de confianza(95.0%)	1,026

7. ¿Cuántas de esas interrupciones duraron más de treinta minutos

Media	6,589
Error típico	1,508
Mediana	3,500
Moda	2,000
Desviación estándar	11,281
Curtosis	17,458
Coefficiente de asimetría	4,089
Rango	60,000
Mínimo	0,000
Máximo	60,000
Suma	369,000
Cuenta	56,000
Nivel de confianza(95.0%)	3,021

8. ¿En alguna de las interrupciones del servicio de energía eléctrica, sufrió pérdidas económicas?

No: (1)

Si: (2)

Media	1,304
Error típico	0,062
Mediana	1,000
Moda	1,000
Desviación estándar	0,464
Curtosis	-1,276
Coefficiente de asimetría	0,878
Rango	1,000
Mínimo	1,000
Máximo	2,000
Suma	73,000
Cuenta	56,000
Nivel de confianza(95.0%)	0,124

Si la respuesta es si, en cuánto valora sus pérdidas

Media	86,607
Error típico	23,480
Mediana	0,000
Moda	0,000
Desviación estándar	175,709
Curtosis	4,928
Coefficiente de asimetría	2,286
Rango	800,000
Mínimo	0,000
Máximo	800,000
Suma	4850,000
Cuenta	56,000
Nivel de confianza(95.0%)	47,055

9. Suponga que se requiere interrumpir el servicio de energía eléctrica en cuatro horas por semana. ¿Cuál de las siguientes alternativas prefiere?

Un día en la semana por Una hora diaria durante cuatro horas: (1) cuatro días: (3)
 Dos horas diarias por dos días : (2)

Media	2,782
Error típico	0,072
Mediana	3,000
Moda	3,000
Desviación estándar	0,534
Curtosis	5,137
Coefficiente de asimetría	-2,447
Rango	2,000
Mínimo	1,000
Máximo	3,000
Suma	153,000
Cuenta	55,000
Nivel de confianza(95.0%)	0,144

11. Si la interrupción del suministro de energía eléctrica dura más de una hora, en el periodo de 18:00 a 22:00 en un día laborable, ¿cómo le afecta en sus actividades?

No existen efectos indeseables: (1) Afecta medianamente: (4)
 Afecta muy poco: (2) Afecta bastante: (5)
 Afecta poco: (3) Afecta mucho: (6)

Media	4,393
Error típico	0,210
Mediana	5,000
Moda	6,000
Desviación estándar	1,569
Curtosis	-0,684
Coefficiente de asimetría	-0,688
Rango	5,000
Mínimo	1,000
Máximo	6,000
Suma	246,000
Cuenta	56,000
Nivel de confianza(95.0%)	0,420

10. Si la interrupción del suministro de energía eléctrica dura más de una hora, en el periodo de 06:00 a 18:00, de un día laborable, ¿cómo le afecta en sus actividades?

No existen efectos Afecta medianamente: indeseables: (1) (4)
 Afecta muy poco: (2) Afecta bastante: (5)
 Afecta poco: (3) Afecta mucho: (6)

Media	4,161
Error típico	0,189
Mediana	4,000
Moda	4,000
Desviación estándar	1,411
Curtosis	-0,666
Coefficiente de asimetría	-0,376
Rango	5,000
Mínimo	1,000
Máximo	6,000
Suma	233,000
Cuenta	56,000
Nivel de confianza(95.0%)	0,378

12. Si la interrupción del suministro de energía eléctrica dura más de una hora, en el periodo de 00:00 a 06:00 o de 22:00 a 24:00 de un día laborable, ¿cómo le afecta en sus actividades?

No existen efectos Afecta medianamente: indeseables: (1) (4)
 Afecta muy poco: (2) Afecta bastante: (5)
 Afecta poco: (3) Afecta mucho: (6)

Media	3,071428571
Error típico	0,18526419
Mediana	3
Moda	3
Desviación estándar	1,386390249
Curtosis	0,075993242
Coefficiente de asimetría	0,674510756
Rango	5
Mínimo	1
Máximo	6
Suma	172
Cuenta	56
Nivel de confianza(95.0%)	0,371277731

13. Si la interrupción del suministro de energía eléctrica dura más de una hora, en el periodo de 06:00 a 18:00, de un día no laborable, ¿cómo le afecta en sus actividades?

No existen efectos
 indeseables: (1) Afecta medianamente: (4)
 Afecta muy poco: (2) Afecta bastante: (5)
 Afecta poco: (3) Afecta mucho: (6)

Media	4,214
Error típico	0,199
Mediana	4,000
Moda	6,000
Desviación estándar	1,486
Curtosis	-0,945
Coefficiente de asimetría	-0,245
Rango	5,000
Mínimo	1,000
Máximo	6,000
Suma	236,000
Cuenta	56,000
Nivel de confianza(95.0%)	0,398

14. Si la interrupción del suministro de energía eléctrica dura más de una hora, en el periodo de 18:00 a 22:00 en un día no laborable, ¿cómo le afecta en sus actividades?

No existen efectos Afecta medianamente:
 indeseables: (1) (4)
 Afecta muy poco: (2) Afecta bastante: (5)
 Afecta poco: (3) Afecta mucho: (6)

Media	3,750
Error típico	0,211
Mediana	4,000
Moda	3,000
Desviación estándar	1,575
Curtosis	-1,222
Coefficiente de asimetría	0,054
Rango	5,000
Mínimo	1,000
Máximo	6,000
Suma	210,000
Cuenta	56,000
Nivel de confianza(95.0%)	0,422

15. Si la interrupción del suministro de energía eléctrica dura más de una hora, en el periodo de 00:00 a 06:00 o de 22:00 a 24:00 de un día no laborable, ¿cómo le afecta en sus actividades?

No existen efectos
 indeseables: (1) Afecta medianamente: (4)
 Afecta muy poco: (2) Afecta bastante: (5)
 Afecta poco: (3) Afecta mucho: (6)

Media	3,071
Error típico	0,185
Mediana	3,000
Moda	3,000
Desviación estándar	1,386
Curtosis	0,076
Coefficiente de asimetría	0,675
Rango	5,000
Mínimo	1,000
Máximo	6,000
Suma	172,000
Cuenta	56,000
Nivel de confianza(95.0%)	0,371

16. Indique como le afectan en las diferentes actividades de su hogar en la siguiente tabla:

No existen efectos

indeseables: (1)

Afecta poco: (3)

Afecta bastante: (5)

Afecta muy poco: (2)

Afecta medianamente: (4)

Afecta mucho: (6)

16.1. Aparatos de la cocina

Media	4,036
Error típico	0,219
Mediana	4,000
Moda	6,000
Desviación estándar	1,640
Curtosis	-1,146
Coefficiente de asimetría	-0,341
Rango	5,000
Mínimo	1,000
Máximo	6,000
Suma	226,000
Cuenta	56,000
Nivel de confianza(95.0%)	0,439

16.2. Aparatos de limpieza

Media	2,564
Error típico	0,170
Mediana	2,000
Moda	2,000
Desviación estándar	1,259
Curtosis	0,120
Coefficiente de asimetría	0,834
Rango	5,000
Mínimo	1,000
Máximo	6,000
Suma	141,000
Cuenta	55,000
Nivel de confianza(95.0%)	0,340

16.3. Aparatos de entretenimiento

Media	3,714
Error típico	0,202
Mediana	4,000
Moda	5,000
Desviación estándar	1,510
Curtosis	-0,647
Coefficiente de asimetría	-0,674
Rango	5,000
Mínimo	1,000
Máximo	6,000
Suma	208,000
Cuenta	56,000
Nivel de confianza(95.0%)	0,404

16.4. Calefacción/ventilación

Media	2,135
Error típico	0,202
Mediana	2,000
Moda	1,000
Desviación estándar	1,456
Curtosis	1,365
Coefficiente de asimetría	1,463
Rango	5,000
Mínimo	1,000
Máximo	6,000
Suma	111,000
Cuenta	52,000
Nivel de confianza(95.0%)	0,405

16.5. Riesgos de accidente

Media	3,909
Error típico	0,211
Mediana	4,000
Moda	5,000
Desviación estándar	1,567
Curtosis	-1,075
Coefficiente de asimetría	-0,264
Rango	5,000
Mínimo	1,000
Máximo	6,000
Suma	215,000
Cuenta	55,000
Nivel de confianza(95.0%)	0,424

16.6. Riesgo de robo

Media	5,000
Error típico	0,166
Mediana	5,000
Moda	6,000
Desviación estándar	1,232
Curtosis	1,762
Coefficiente de asimetría	-1,417
Rango	5,000
Mínimo	1,000
Máximo	6,000
Suma	275,000
Cuenta	55,000
Nivel de confianza(95.0%)	0,333

