

Cálculo del Costo de Energía Eléctrica no Suministrada en los Sectores Residencial, Comercial, e Industrial de Honduras

Resumen- El consumo de electricidad en Honduras se da principalmente en los sectores residencial, comercial, e, industrial. Los usuarios finales esperan que la energía eléctrica por la cual pagan sea de calidad, ya que es el objetivo principal de los entes que rigen el mercado energético en la región. A pesar de que Honduras cuenta con un índice de electrificación (ICE) de 87.9%, el porcentaje de pérdidas técnicas es de aproximadamente 22.43% y el de no técnicas es de aproximadamente 12.89% que juntas suman alrededor de 35%. Las pérdidas técnicas son las que ocurren en las redes de transmisión y distribución; mientras que las pérdidas no técnicas suceden cuando el usuario final consume energía eléctrica, pero no paga por el servicio lo que se considera un hurto. Debido a estas pérdidas con las que cuenta la empresa distribuidora, la calidad de la red eléctrica nacional se ve afectada porque no tienen suficientes los fondos económicos para mejorar las líneas de transmisión y distribución. En los sectores comercial e industrial dependen de la continuidad del suministro de energía eléctrica, ya que estos cuentan con horarios y metas estipuladas, si estas metas no se cumplen llegan a tener pérdidas económicas. Estos sectores representan alrededor del 30% del Producto Interno Bruto (PIB). Por esta razón es necesario saber el dato de cuánto es la pérdida monetaria con la que cuentan los sectores cuando hay cortes de energía eléctrica. En el artículo se calcula el Costo de Energía Eléctrica no Suministrada (CENS) de corto y largo plazo para los años 2019 y 2020 en Honduras. Para realizar el cálculo de la investigación, se consideran diferentes variables como ser el consumo de electricidad por usuario, el número de usuarios por sector, la demanda máxima, el ingreso por usuario y el PIB. La metodología utilizada para realizar el cálculo fue publicada por la Comisión Regional de Interconexión Eléctrica (CRIE) en el año 2017, titulada “Metodología para el Cálculo de Energía Eléctrica no Suministrada.” En los resultados de la investigación se calculó el CENS de los sectores residencial, comercial, e industrial de Honduras y estos mismos pueden llegar a tener pérdidas millonarias debido a los cortes de energía eléctrica. Se espera que los cálculos obtenidos sean tomados en cuenta a la hora de que los usuarios finales elaboren un presupuesto anual con el costo que incurre cuando existan cortes de energía eléctrica. De la misma forma, que sea tomado en consideración para la empresa distribuidora para que puedan elaborar un plan de acción que contenga medidas mitigantes y sea de ayuda para que el servicio brindado vuelva a ser confiable.

Palabras clave- CENS, ICE, PIB, Pérdidas Técnicas, Pérdidas no Técnicas, Sector Comercial, Sector industrial, Sector residencial.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Abstract- Electricity consumption in Honduras is mainly in the residential, commercial, and industrial sectors. End users expect the electricity they pay for to be of high quality, as this is the main objective of the entities that govern the energy market in the region. Although Honduras has an electrification index (EI) of 87.9%, the percentage of technical losses is approximately 22.43% and non-technical losses is approximately 12.89%, which together add up to about 35%. Technical losses are those that occur in the transmission and distribution networks, while non-technical losses occur when the end user consumes electricity but does not pay for the service, which is considered theft. Due to these losses, the quality of the national power grid is affected because the distribution company does not have sufficient economic funds to improve the transmission and distribution lines. The commercial and industrial sectors depend on the continuity of the electric power supply, since they have stipulated schedules and goals. These sectors represent about 30% of the Gross Domestic Product (GDP). For this reason, it is necessary to know how much is the monetary loss that the sectors have when there are power outages. The article calculates the Cost of Electricity Not Supplied (CENS) in the short and long term for the years 2019 and 2020 in Honduras. To perform the research calculation, different variables such as electricity consumption per user, number of users per sector, peak demand, income per user and GDP are considered. The methodology used to perform the calculation was published by the Comisión Regional de Interconexión Eléctrica (CRIE) in 2017, entitled "Methodology for the Calculation of Non-Supplied Electricity." In the results of the research, the CENS of the residential, commercial, and industrial sectors of Honduras was calculated and these same sectors can end up with millionaire losses due to power outages. It is expected that the calculations obtained will be taken into account when end users prepare an annual budget with the cost incurred when there are power outages. Likewise, it is expected to be taken into consideration by the distribution company so that they can prepare an action plan containing mitigating measures that will help to make the service provided reliable again.

Keywords- CENS, Commercial Sector, EI, GDP, Industrial Sector, Non-Technical losses, Residential Sector, Technical Losses.

I. INTRODUCCIÓN

En todos los países alrededor del mundo el acceso al consumo de energía eléctrica tiene gran importancia. Se toma en cuenta que el servicio brindado debe tener alto grado de confiabilidad. En la Región de Centro América existen entidades que rigen el mercado energético. Cada una de estas

tiene como objetivo principal brindar un servicio que sea confiable y continuo para el usuario o consumidor final. En Honduras existen dos causales que hacen que el objetivo principal no se cumpla: pérdidas técnicas y pérdidas no técnicas. La calidad de la red eléctrica nacional se ha visto afectada debido a que la empresa distribuidora no tiene suficiente capacidad económica para mejorar cada uno de los componentes que la conforman. Por esta razón la calidad de energía eléctrica se ve afectada. Se entiende que la energía eléctrica suministrada es de alta calidad, cuando la potencia entregada es constante y que esta se mantenga dentro de los parámetros de voltaje y frecuencia [1]. En la Norma Técnica de Calidad de Distribución se definen los rangos que deben tener los diferentes servicios de voltaje.

TABLA 1
PARÁMETRO PARA LA MONITORIZACIÓN DE LA CALIDAD DE ENERGÍA

Rango Normal [kV]	Límite Inferior [kV]	Límite Superior [kV]
Servicio en 13.8	13.46	14.49
Servicio en 34.5	33.64	36.23
Servicio en 69	66.00	72.00

Fuente: Elaboración Propia con datos de Diario Oficial La Gaceta [1].

En Honduras las pérdidas técnicas abarcan alrededor de un 35% de la energía eléctrica producida. Esto quiere decir que las diferentes causas de cortes de energía eléctrica afectan directamente a los usuarios finales, cuando se espera que la calidad del servicio eléctrico sea segura y confiable. El sector residencial, comercial, e industrial representan el 93% del consumo eléctrico en el país, el 7% restante es la suma del consumo de los entes autónomos, gobierno, y municipalidades [2].

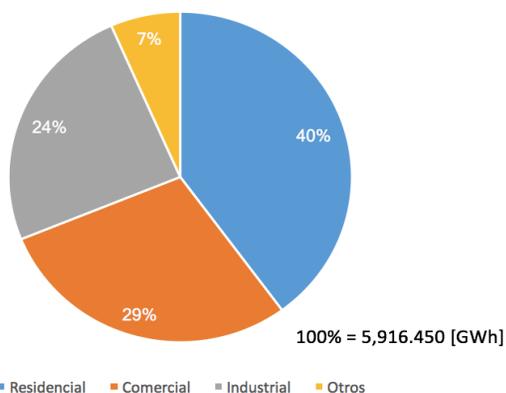


Ilustración 1 Porcentaje de Energía Eléctrica Consumida por Sectores en Honduras 2019.

Fuente: Elaboración Propia con datos de [2].

Una de las principales causas de la mala calidad del servicio eléctrico es cuando se deja de suministrar el servicio por cortes o fallas imprevistas. Solo en el año 2019, se dejaron de suministrar 27,670 MWh, esto para el 2020 aumentó a 47,670

MWh [3]. Esta cantidad de energía no suministrada afecta a cada uno de los sectores mencionados anteriormente ya que tienen que parar las actividades que tienen programadas, por ende, pierden tiempo y dinero. El CENS de corto plazo abarca los cortes de energía eléctrica que suceden de forma imprevista. El CENS de largo plazo abarca los cortes de energía eléctrica cuando por parte de la empresa distribuidora se emite un preaviso que cierta cantidad de horas no habrá suministro de energía eléctrica.

Algunos trabajos similares a este a nivel internacional abordan el tema de calidad de energía eléctrica son los siguientes: Ramírez y Cano [4] definen los parámetros que se toman en cuenta para medir la calidad de energía eléctrica con la implementación en los diseños de los mismos. Ellos concluyen que la regulación de tensión no es la única a tomar en cuenta, ya que esta por sí sola es solo una parte de la gran cantidad de disturbios que afectan. Cervantes, Oscar [5] describe las perturbaciones que generan distorsión en la potencia eléctrica y monitorean la calidad de energía eléctrica con un analizador de redes. Este estudio propuso una metodología para medir y registrar los parámetros obtenidos tomando en cuenta la normativa legal y la regulación nacional en Colombia. Esta metodología es utilizada para centros de investigación que requieran este tipo de mediciones. João y Sepúlveda [6] realizaron una investigación del desarrollo de un sistema digital utilizado para monitorear la calidad de energía eléctrica. Para verificar los parámetros que miden la calidad de energía eléctrica ellos utilizaron diferentes aplicaciones como ser: Scope and THD, Events PQ, Classical Values y p-q Theory. Ellos concluyen que la monitorización de la calidad de energía eléctrica es la opción más viable para poder detectar los diferentes problemas que existen en las redes de transmisión y distribución. Casado, María [7] realizó un estudio en Japón, esta toma en cuenta que es de importancia para el país cumplir con la política energética del mercado eléctrico. En Japón la seguridad energética forma parte del plan de seguridad nacional debido al desastre en la planta nuclear Fukushima. Esta concluye que es de suma importancia que el plan energético en Japón tome en cuenta diferentes parámetros que sean de ayuda para los principios de la política energética. Fernández y Maguerza [8] realizaron un estudio de la estimación del impacto económico del racionamiento de electricidad al sector productivo argentino. Definen que en el país cuentan con un marco regulatorio eléctrico que se basa en los mecanismos de mercado y que los precios y decisiones económicas están basados en los valores del Costo de Energía no Suministrada (CENS). Pero estos valores fueron fijados hace más de una década y ya no son viables. Los principales objetivos de su investigación son contribuir a la problemática, principalmente en las consecuencias que incurren en la interrupción del servicio que nace de las condiciones de racionamiento por falta de oferta eléctrica.

La investigación realizada se relaciona con las mencionadas anteriormente porque abarca el tema de la calidad de energía eléctrica que se suministra en Honduras. La

diferencia de esta investigación con las demás es que realiza un análisis financiero del costo de energía eléctrica no suministrada por sectores y calcula el costo monetario que incurre a los sectores estudiados.

El resto del artículo presenta la metodología utilizada para realizar los cálculos. Luego se presentan los resultados obtenidos con su respectivo análisis. Por último, se encuentran las conclusiones de la investigación.

II. METODOLOGÍA

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo. Este enfoque cuantitativo, cuenta con un alcance descriptivo. Por último, es una investigación con un tipo de estudio no experimental.

La CRIE publicó la metodología que se utilizó en la presente investigación para realizar los diferentes cálculos del costo de energía eléctrica no suministrada. Esta misma especifica las ecuaciones que corresponden a los cálculos de los diferentes sectores investigados.

A. Teoría de Intercambio Trabajo-Ocio

Esta ecuación se utiliza para realizar el cálculo del CENS para el sector residencial únicamente. Se toma en consideración el tiempo promedio de actividades de acuerdo con las costumbres de los países de la región Centroamericana. Se considera también en la parte económica, el ingreso medio horario en una jornada laboral de ocho horas y las remesas promedio anuales. Entonces tomando en cuenta los datos se plantea la ecuación No. (1).

$$CENS = \frac{(IM) * ((H_{DE} * FP_{DE}) + (H_{DO} * FP_{DO}) + (H_{RE} * FP_{RE}))}{(H_{DE} * H_{DO} * H_{RE})} \quad (1)$$

Fuente: Elaboración Propia con Datos de CRIE [9].

Donde:

- CENS: Costo de Energía no Suministrada en [USD/MWh].
- IM: Ingreso Medio Horario en jornada de trabajo de ocho horas [USD].
- DM: Demanda máxima por usuario este se obtiene a partir del consumo de energía eléctrica por usuario residencial [MW].
- H_{DE} : Representa las horas del día de acuerdo con las actividades de descanso, son 8.5 horas al día.
- H_{DO} : Representa las horas del día de acuerdo con las actividades domésticas, son 5.8 horas al día.
- H_{RE} : Representa las horas del día de acuerdo con el resto de actividades, son 9.7 horas al día.
- P_{DE} : Es un ponderador utilizado para valorar las horas del día, tiene el valor de 0.
- P_{DO} : Es un ponderador utilizado para valorar las horas del día, tiene el valor de 1.
- P_{RE} : Es un ponderador utilizado para valorar las horas del día, tiene el valor de 0.5.

El ingreso medio horario sumando las remesas se consideran en dólares, tomando en cuenta la tasa de cambio para los años a estudiar. Se muestran los datos en la Tabla No. 2.

TABLA 2
INGRESO MEDIO HORARIO JORNADA LABORAL DE OCHO HORAS

Año	Ingreso Medio [\$]	Remesas [\$]	Total [\$]
2019	16.88	40.51	57.39
2020	17.66	42.09	59.75

Fuente: Elaboración Propia con datos de CCIT [10] y CEMLA [11], [12].

Para poder calcular el valor de la demanda máxima, se toma en cuenta el consumo residencial en un mes (720 horas) en Megavatio, multiplicado por el factor de carga que es de 0.5. Las Tablas No. 3 y 4 muestran la demanda máxima que será utilizada para el cálculo.

TABLA 3
DEMANDA MÁXIMA POR USUARIO 2019

Número de Cliente Residencial [-]	1,573,471
Consumo Residencial Anual	2,586,736 MWh
Consumo Anual por Cliente	1.4752 MWh
Consumo Mensual por Cliente	0.1229 MWh
Factor de Carga [-]	0.5
Demanda Máxima Mensual	0.0614 MW
Demanda Máxima Diaria	0.0020 MW
Demanda Máxima Jornada de 8 horas	0.00068 MW

Fuente: Elaboración Propia con Datos de [13].

TABLA 4
DEMANDA MÁXIMA POR USUARIO 2020

Número de Cliente Residencial [-]	1,752,555
Consumo Residencial Anual	2,644,350 MWh
Consumo Anual por Cliente	1.5088 MWh
Consumo Mensual por Cliente	0.1257 MWh
Factor de Carga [-]	0.5
Demanda Máxima Mensual	0.0628 MW
Demanda Máxima Diaria	0.0020 MW
Demanda Máxima Jornada de 8 horas	0.00069 MW

Fuente: Elaboración Propia con Datos de [13].

B. Valor Agregado

Esta ecuación se utiliza para calcular el CENS de corto plazo para los sectores comercial e industrial únicamente. En esta ecuación, se debe tomar en cuenta el PIB, el consumo de electricidad, elasticidad-ingreso (del sector únicamente), y el índice de electrificación.

Se puede estimar la elasticidad-ingreso, definiéndose como una proporción entre el aumento en el consumo de energía eléctrica de un producto, ante un cambio en el ingreso de manera proporcional. Se utiliza el modelo econométrico conocido como ajuste parcial, planteada en la ecuación No. (2).

$$\varepsilon = \frac{\frac{\Delta C}{C}}{\frac{\Delta PIB}{PIB}} \quad (2)$$

Fuente: Elaboración Propia con datos de [9].

Donde:

- ε : Elasticidad-ingreso [-].
- ΔC : Proporción del aumento del consumo de energía eléctrica [MWh].
- C : Consumo de energía eléctrica [MWh].
- ΔPIB : Cambio proporcional en el ingreso [USD].
- PIB : Producto Interno Bruto [USD].

Luego de obtener el cálculo de elasticidad-ingreso se prosigue con el valor agregado, tomando en cuenta el índice de electrificación del país que en el 2019 es de 85.9% y para el 2020 aumentó a 87.9% [14]. La ecuación de valor agregado es la No. (3).

$$CENS: \frac{\Delta PIB}{\Delta C} = \frac{1}{\varepsilon} * \frac{PIB}{C} * IE\% \quad (3)$$

Fuente: Elaboración Propia con datos de [9].

Donde:

- $CENS$: Costo de energía eléctrica no suministrada [USD/MWh].
- ΔPIB : Cambio proporcional en el ingreso [USD].
- PIB : Producto Interno Bruto [USD].
- ΔC : Proporción del aumento del consumo de energía eléctrica [MWh].
- ε : Elasticidad-ingreso [-].
- C : Consumo de energía eléctrica [MWh].
- IE : Índice de electrificación del país [%].

Para el cálculo de elasticidad y de consumo, se toma en consideración el primer y último trimestre del año y también el total de cada uno de los sectores respectivamente. Estos datos sirven para calcular la diferencia en el PIB y en el consumo a lo largo de un año. Los datos del PIB y consumo de energía eléctrica consumida se muestran en las Tablas No. 5 y 6.

TABLA 5
PIB POR SECTOR EN EL 2019 [USD]

Sector	I	IV	Anual
Industrial	426,335,387.62	431,805,381.66	1,711,824,506.38
Comercial	257,049,201.58	263,613,194.44	1,041,527,384.41

Fuente: Elaboración Propia con Datos del BCH [15].

TABLA 6
PIB POR SECTOR EN EL 2020 [USD]

Sector	I	IV	Anual
Industrial	395,838,383.84	398,666,667.66	1,470,901,657.61
Comercial	230,929,095.35	251,507,742.46	860,554,197.23

Fuente: Elaboración Propia con Datos del BCH [16].

C. Costos de Respaldo

Este método puede ser aplicado a los sectores comerciales e industriales únicamente para el cálculo del CENS de largo plazo, ya que a diferencia del sector residencial los comerciales e industriales tienen que tomar acciones preventivas. Estos instalan sistemas de respaldo (auto generadores), ya que tienen que seguir laborando en los horarios ya establecidos, para poder cumplir con la demanda tienen. Esta metodología tiene como objetivo medir la voluntad de pago a través de la estimación de costos de autogeneración [9].

Para realizar el cálculo se asume que los sectores cuentan con un generador de energía eléctrica. En este sector el generador tiene una potencia de 150 kW y el comercial una potencia de 40 kW. En la metodología de la CRIE se tomaron en consideración dos escenarios que son 50 y 100 horas sin energía eléctrica en todo el año. Para los resultados finales de este análisis se tomó como ejemplo el máximo, que son 100 horas. Luego de conocer cuánto consumo de combustible tiene el generador y el valor promedio de combustible en los años a estudiar, se multiplican y se obtiene el total de combustible necesario para las 100 horas de racionamiento de energía eléctrica. Para este cálculo también se tomó en consideración el mantenimiento que se le hace al generador anualmente, que es un 3% anual del valor del generador. La ecuación para realizar el cálculo de costos de respaldo es la No. (4).

$$CENS = ((E * (C_D * P_D) * t) + OM) \quad (4)$$

Fuente: Elaboración Propia con Datos de [9].

Donde:

- $CENS$: Costo de energía eléctrica no suministrada [USD/MWh].
- E : Energía eléctrica generada [MWh].
- C_d : Consumo de combustible diésel [USD].
- P_c : Precio promedio del diésel [USD].
- T : Horas de uso del generador [h].
- OM : Operación y Mantenimiento [USD].

En el sector industrial se considera como generador industrial el modelo Cummins DSHAA de 150 kW [17]. Este utiliza diésel como combustible, el consumo de combustible es de 10.56 gal/h. El precio promedio del diésel para el año 2019 es de 3.29 USD/gal [18], para el año 2020 este bajó a 2.99 USD/gal [19]. Para el costo de operación y mantenimiento se toma en cuenta el 3% anual del costo del generador se estima que es de 7,000 USD.

En el sector comercial se considera como generador industrial el modelo Cummins C44 D5e de 44 kW [20]. Este utiliza diésel como combustible, el consumo de combustible es de 2.74 gal/h. El precio promedio del diésel es el mismo mencionado anteriormente en el sector industrial. Para el costo de operación y mantenimiento se toma en cuenta el 3% anual del costo del generador se estima que es de 6,000 USD.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Utilizando la ecuación de teoría de intercambio trabajo-ocio, se realizó el cálculo del CENS para el año 2019 y 2020. Los resultados son los siguientes:

Residencial 2019

$$CENS = \frac{\left(\frac{57.3924}{0.00068}\right) * ((8.5 * 0) + (5.8 * 1) + (9.7 * 0.5))}{(5.8 * 8.5 * 9.7)}$$

$$CENS = 1,871.48 \text{ USD/MWh}$$

El costo de energía eléctrica no suministrada para el sector residencial del país para el año 2019, es de 1,871.48 USD/MWh.

Residencial 2020

$$CENS = \frac{\left(\frac{59.75}{0.00069}\right) * ((8.5 * 0) + (5.8 * 1) + (9.7 * 0.5))}{(5.8 * 8.5 * 9.7)}$$

$$CENS = 1,904.99 \text{ USD/MWh}$$

El costo de energía eléctrica no suministrada para el sector residencial del país en el año 2020, es de 1,904.99 USD/MWh.

B. Con la ecuación de ajuste parcial se calculó la elasticidad-ingreso para los sectores comercial e industrial para los años 2019 y 2020.

Elasticidad-ingreso sector industrial 2019

$$\varepsilon = \frac{\frac{11,029.30}{1,736,248.65}}{\frac{5,469,994.04}{1,711,824,506.38}}$$

$$\varepsilon_{2019} = 1.98$$

Elasticidad-ingreso sector industrial 2020

$$\varepsilon = \frac{\frac{3,893.87}{1,575,802.58}}{\frac{2,828,282.82}{1,470,901,657.61}}$$

$$\varepsilon_{2020} = 1.28$$

Elasticidad-ingreso sector comercial 2019

$$\varepsilon = \frac{\frac{13,512.21}{2,364,079.68}}{\frac{6,563,992.85}{1,041,527,384.41}}$$

$$\varepsilon_{2019} = 0.9069$$

Elasticidad-ingreso sector comercial 2020

$$\varepsilon = \frac{\frac{12,297.49}{2,151,548.93}}{\frac{20,578.647.11}{860,554,197.23}}$$

$$\varepsilon_{2020} = 0.2390$$

Con la elasticidad-ingreso ya calculada, se procede a calcular el CENS de corto plazo para los sectores industrial y comercial utilizando la ecuación de valor agregado:

CENS sector industrial 2019:

$$CENS = \frac{1}{1.98} * \frac{1,711,824,506.38}{1,736,248.65} * 85.90\%$$

$$CENS_{2019} = 426.0220 \text{ USD/MWh}$$

El costo de energía eléctrica no suministrada de corto plazo para el sector industrial del país en el año 2019, es de 426.0220 USD/MWh. El total de energía eléctrica no suministrada en el sector industrial para el año correspondiente es de 5,921.38 MWh, entonces el costo total de energía eléctrica no suministrada para el sector industrial es de 2,522,638.21USD.

CENS sector industrial 2020:

$$CENS = \frac{1}{1.28} * \frac{1,470,901,657.61}{1,575,802.58} * 87.90\%$$

$$CENS_{2020} = 638.45 \text{ USD/MWh}$$

El costo de energía eléctrica no suministrada de corto plazo para el sector industrial del país en el año 2020, es de 638.45 USD/MWh. El total de energía eléctrica no suministrada en el sector industrial para el año correspondiente es de 9,254.77 MWh, entonces el costo total de energía eléctrica no suministrada para el sector industrial es de 5,908,703.28 USD.

Utilizando siempre la ecuación de valor agregado se presentan los resultados para el sector comercial para los dos años investigados.

CENS sector comercial 2019:

$$CENS = 1.1026 * 440.5635 * 85.90\%$$

$$CENS_{2019} = 417.29 \text{ USD/MWh}$$

El costo de energía eléctrica no suministrada de corto plazo para el sector comercial del país en el año 2019, es de 417.29 USD/MWh. El total de energía eléctrica no suministrada en el sector comercial para el año correspondiente es de 8,411.68

MWh, entonces el costo total de energía eléctrica no suministrada para el sector comercial es de 3,510,076.51 USD.

CENS sector comercial 2020:

$$CENS = 4.1841 * 399.9696 * 87.90\%$$

$$CENS_{2020} = 1,470.92 \text{ USD/MWh}$$

El costo de energía eléctrica no suministrada de corto plazo para el sector comercial del país en el año 2020, es de 1,470.92 USD/MWh. El total de energía eléctrica no suministrada en el sector comercial para el año correspondiente es de 12,529.44 MWh, entonces el costo total de energía eléctrica no suministrada para el sector comercial es de 18,429,810.83 USD.

C. Utilizando la ecuación de costos de respaldo se calcula el CENS de largo plazo para los sectores industrial y comercial únicamente. Los resultados son los siguientes:

CENS sector industrial 2019

$$CENS_{2019} = \left(5.21 \frac{\text{USD}}{\text{MWh}} \right) * (100 \text{ h})$$

$$CENS_{2019} = 521 \text{ USD/MWh}$$

El costo por el uso del generador de energía eléctrica en el año 2019 en el sector industrial es de 521 USD/MWh. Al costo calculado se le suman 210 USD de operación y mantenimiento, ya que es el 3% anual del precio del generador. El CENS de largo plazo para el sector industrial en el año 2019 es de 731 USD/MWh.

CENS sector industrial 2020

$$CENS_{2020} = \left(4.74 \frac{\text{USD}}{\text{MWh}} \right) * (100 \text{ h})$$

$$CENS_{2020} = 474 \text{ USD/MWh}$$

El costo por el uso del generador de energía eléctrica en el año 2020 en el sector industrial es de 474 USD/MWh. Al costo calculado se le suman 210 USD de operación y mantenimiento, ya que es el 3% anual del precio del generador. El CENS de largo plazo para el sector industrial en el año 2020 es de 684 USD/MWh.

Utilizando siempre la ecuación de costos de respaldo, se procede a realizar el cálculo del CENS para el sector comercial. Los resultados son los siguientes:

CENS sector comercial 2019

$$CENS_{2019} = \left(3.96 \frac{\text{USD}}{\text{MWh}} \right) * (100 \text{ h})$$

$$CENS_{2019} = 396 \text{ USD/MWh}$$

El costo por el uso del generador de energía eléctrica en el año 2019 en el sector comercial es de 396 USD/MWh. Al costo calculado se le suman 195 USD de operación y mantenimiento, ya que es el 3% anual del precio del generador. El CENS de largo plazo para el sector industrial en el año 2019 es de 591 USD/MWh.

CENS sector comercial 2020

$$CENS_{2020} = \left(3.60 \frac{\text{USD}}{\text{MWh}} \right) * (100 \text{ h})$$

$$CENS_{2020} = 360 \text{ USD/MWh}$$

El costo por el uso del generador de energía eléctrica en el año 2020 en el sector comercial es de 360 USD/MWh. Al costo calculado se le suman 195 USD de operación y mantenimiento, ya que es el 3% anual del precio del generador. El CENS de largo plazo para el sector industrial en el año 2020 es de 555 USD/MWh.

IV. CONCLUSIONES

En la presente investigación se realizó el cálculo del costo de energía eléctrica no suministrada en los sectores que demandan mayor consumo en Honduras. Para realizar este cálculo se utilizaron tres ecuaciones expuestas por la Comisión Regional de Interconexión Eléctrica. La ecuación de teoría de intercambio trabajo-ocio, fue utilizada para calcular el CENS en el sector residencial. La ecuación de valor agregado y costos de respaldo, fueron utilizadas para calcular el CENS en el sector industrial y comercial. Para poder hacer uso de las ecuaciones antes mencionadas, se tomaron en cuenta diferentes valores como ser: el ingreso medio, PIB, consumo de energía eléctrica, ICE, energía eléctrica no suministrada, elasticidad-ingreso, entre otras. Luego de obtener la información necesaria de los diferentes boletines estadísticos que realizan los entes del mercado eléctrico nacional, se hicieron los cálculos matemáticos y financieros necesarios para poder obtener los valores a considerar para las ecuaciones mencionadas anteriormente. Los hallazgos más importantes de la investigación son los siguientes:

- El CENS de corto plazo para el sector residencial en Honduras para el año 2019 es de 1,871.48 USD/MWh, para el año 2020 aumentó a 1,904.99 USD/MWh debido al alza de energía eléctrica no suministrada en el año 2020 en comparación al 2019. Para el sector residencial no se consideran las pérdidas económicamente, ya que estos usuarios no aportan al PIB del país. Solamente se toma en consideración que dejan de hacer las actividades diarias promedio por falta de suministro de energía eléctrica.
- En el sector industrial el CENS de corto plazo en el año 2019 es de 2,522,638.21 USD, este para el año 2020 incrementó a un total de 5,908,703.28 USD. Para el sector comercial el CENS de corto plazo en el año 2019 es de 3,510,076.51 USD, este tuvo un alto

incremento en el 2020 con un total de 18,429,810.83 USD. En el sector comercial hubo un incremento desproporcionado debido a que en el año 2020 este sector fue el que más se vio afectado en la parte económica, por causa de la pandemia del COVID-19, entonces el PIB afectó la elasticidad-ingreso que se toma en cuenta en el cálculo.

- El CENS de largo plazo en el sector industrial para el año 2019 es de 521 USD/MWh, este para el año 2020 disminuyó a 474 USD/MWh. En el sector comercial para el año 2019 es de 396 USD/MWh, este en el 2020 también disminuyó a un total de 360 USD/MWh. En los dos sectores hubo un decremento porque en este cálculo se toma en consideración el precio promedio del diésel, el cual en el año 2020 fue menor que en el 2019 por causa de la baja demanda porque los medios de transporte a nivel mundial estaban casi paralizados debido al confinamiento que existía por la pandemia del COVID-19.
- Al realizar una comparación de los tres sectores investigados en el CENS de corto plazo, el sector comercial es el que se ve mayormente afectado económicamente. En el año 2019 el sector comercial supera el costo por más de 980,000 USD. En el año 2020 como se mencionó anteriormente el sector comercial supera al industrial por más de 13,000,000 USD por causa de la pandemia del COVID-19 el PIB de este sector fue más afectado, por ende, el costo aumentó.
- En el CENS de largo plazo se toma en consideración el precio de los generadores y la potencia de los mismos. Por esta razón, al comparar el sector industrial y comercial, el CENS en el sector industrial es mayor. En los dos años estudiados el sector industrial tiene que pagar más debido a que el generador de este sector consume más combustible diésel que en el sector comercial.

Las principales limitaciones de la presente investigación son: la variabilidad que existen en los diferentes boletines estadísticos que presentan los consumos mensuales de los sectores del país. También, la falta de información que hay por parte del BCH de acuerdo con los porcentajes exactos del PIB de las diferentes actividades económicas. Por último, la metodología utilizada no especifica la fórmula para realizar los costos de respaldo.

A pesar de las limitaciones, creemos que esta investigación puede ser utilizada tanto en los boletines estadísticos de la empresa distribuidora, como también en los presupuestos anuales de los usuarios finales de cada sector investigado en Honduras. El costo de energía eléctrica no suministrada ayuda a la empresa distribuidora para poder elaborar un plan de acción para que la red eléctrica nacional sea mejorada y se puedan reducir las fallas que afectan la continuidad del suministro.

AGRADECIMIENTOS

L.E. agradece a la Ing. Vielka Barahona, por el tiempo y conocimiento que brindó a lo largo de la investigación. De igual forma al Ing. Nathan Márquez, por su ayuda en los resultados finales. Por último, pero no menos importante, agradecerle a Celeste Parada por el tiempo y ayuda brindada para la redacción del artículo.

REFERENCIAS

- [1] Diario Oficial La Gaceta, «Norma Técnica de Calidad de Distribución», Honduras, 2017.
- [2] Operador del Sistema, «Informe Preliminar de Operación del Mercado y Sistema Eléctrico Nacional», 2021. [En línea]. Disponible en: https://www.ods.org.hn/ftp/2021/IMOP/Informe_Preliminar_Operaci%C3%B3n%20del%20Mercado_Junio_2021.pdf
- [3] Dirección General de Electricidad y Mercados, «Informe Estadístico Anual del Subsector Eléctrico», 2020. [En línea]. Disponible en: https://portalunico.iaip.gob.hn/portal/ver_documento.php?uid=ODQ1NzYwODkzNDc2MzQ4NzEyNDYxOTg3MjM0Mg==
- [4] S. Ramirez y E. Cano, *Calidad del Servicio de Energía Eléctrica*. 2006.
- [5] O. Cervantes, *Metodología de medición de calidad de energía eléctrica en base a normas nacionales e internacionales para la Universidad de la Costa - CUC*. 2015.
- [6] A. Jöao y M. Sepúlveda, «Sistema Digital de Bajo Coste para la Monitorización de la Calidad de Energía Eléctrica», 2007.
- [7] M. Casado, «EL FUTURO ENERGÉTICO DE JAPÓN: ENTRE EL REGRESO A LA SENDA NUCLEAR Y EL GIRO HACIA LAS RENOVABLES», 2016.
- [8] R. Fernández y M. Mugerza, «Estimación del impacto económico del racionamiento de electricidad al sector productivo argentino.» 2007.
- [9] Comisión Regional de Interconexión Eléctrica, «Cálculo de Energía no Suministrada», Guatemala, 2018.
- [10] CCIT, «Salario Mínimo 2019-2020», 2020.
- [11] CEMLA, «Las Remesas de Latinoamérica y el Caribe: Y los efectos de la pandemia COVID-19», 2020.
- [12] CEMLA, «Las Remesas de Latinoamérica y el Caribe», 2019.
- [13] Instituto Nacional de Estadística, «Boletín Energía Eléctrica 2016-2020», 2020.
- [14] Dirección General de Electricidad y Mercados, «Índice de Cobertura y Acceso a la Electricidad en Honduras.», 2020.
- [15] Banco Central de Honduras, «Producto Interno Bruto», 2019.
- [16] Banco Central de Honduras, «Producto Interno Bruto», 2020.
- [17] CUMMINS, «Diesel Generator Set Model DSHAA 60

HZ». 2006. [En línea]. Disponible en:
<https://www.reactpower.com/wp-content/uploads/2021/07/Cummins-150kW-DSHAA.pdf>
[18] Dirección General de Hidrocarburos y Biocombustibles, «Precios Promedio de Combustibles al Consumidor en Centroamérica», 2019.
[19] Dirección General de Hidrocarburos y Combustibles, «Precios Promedio de Combustibles al Consumidor en Centroamérica», 2020.
[20] CUMMINS, «Generator Data Set Model C44 D5e 44 kW». 2017. [En línea]. Disponible en:
<https://cdn.shopify.com/s/files/1/0531/1715/7528/files/C44-D5E-Cummins-Generator-Datasheet.pdf?v=1654077305>