

Análisis econométrico de la calidad del servicio eléctrico de distribución: Un enfoque en SAIDI y SAIFI

Econometric analysis of the quality of electric distribution service: A focus on SAIDI and SAIFI.

Víctor Lisandro Napoleón Zurita¹, Débora Belén Malisani², Claudio Guidi³, Juan López Meyer⁴

Recibido: 22/04/2024 y Aceptado: 25/06/2024

ENERLAC. Volumen VIII. Número 1. Junio, 2024

ISSN: 2602-8042 (impreso) / 2631-2522(digital)



75

1. Víctor Napoleón Zurita
Consultora BA ENERGY SOLUTIONS, Argentina
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7335-2726>
2. Débora Malisani
Consultora BA ENERGY SOLUTIONS, Argentina
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3191-1699>
3. Claudio Guidi
Consultora BA ENERGY SOLUTIONS, Argentina
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6387-2143>
4. Juan López Meyer
Consultora BA ENERGY SOLUTIONS, Argentina
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5563-7232>



Resumen

Este estudio se centra en el análisis de la calidad del servicio eléctrico, utilizando modelos econométricos para vincular SAIDI y SAIFI con los ingresos permitidos para la distribuidora (Valor Agregado de Distribución, VAD), las pérdidas de energía eléctrica y la densidad de clientes. Con datos de 30 empresas distribuidoras de energía eléctrica de 8 países de Latinoamérica durante 2018-2022, los resultados revelan relaciones significativas. Un aumento en VAD del periodo anterior se asocia con una disminución en SAIDI y SAIFI, mientras que un incremento en Pérdidas de energía eléctrica (%) se relaciona con un aumento en SAIDI y SAIFI. La Densidad de clientes muestra una asociación inversa en ambos indicadores. Destacando la relevancia de estos hallazgos para la toma de decisiones en el sector eléctrico, se sugiere una atención especial a estrategias que minimicen pérdidas y mejoren la gestión de la infraestructura en áreas con diferentes densidades de clientes. Este trabajo no solo contribuye al entendimiento global de la calidad del servicio eléctrico, sino que también proporciona conocimientos aplicables a empresas y formuladores de políticas a nivel internacional.

PALABRAS CLAVE: Servicios eléctricos; Econometría; Medidas de rendimiento; Pérdida de energía; Industria eléctrica.

Abstract

77

This study focuses on the analysis of electric service quality, using econometric models to link SAIDI and SAIFI with the allowed revenues for the distributor (Value Added of Distribution, VAD), electric energy losses, and customer density. With data from 30 electric utility companies from 8 Latin American countries during 2018-2022, the results reveal significant relationships. An increase in VAD from the previous period is associated with a decrease in SAIDI and SAIFI, while an increase in electric energy losses (%) is related to an increase in both SAIDI and SAIFI. Customer density shows an inverse association in both indicators. Highlighting the relevance of these findings for decision-making in the electric sector, special attention is suggested towards strategies that minimize losses and improve infrastructure management in areas with varying customer densities. This work not only contributes to the global understanding of electric service quality but also provides insights applicable to companies and policymakers internationally.

KEYWORDS: Electricity services; Econometrics; Performance measures; Energy loss; Electric industry

1. INTRODUCCIÓN

La calidad del servicio eléctrico desempeña un papel crucial en el funcionamiento eficiente de las sociedades a nivel global. En un mundo cada vez más dependiente de la energía, comprender los factores que afectan la fiabilidad y eficiencia del suministro eléctrico permite considerar y analizar nueva información clave para la toma de decisiones.

Este estudio realiza un análisis econométrico de los indicadores de calidad de servicio SAIDI (Tiempo Total Promedio de Interrupción por usuario) y SAIFI (Frecuencia Media de Interrupción por usuario) con el fin de analizar y cuantificar su relación con el Valor Agregado de Distribución (VAD), el nivel de Pérdidas Totales y la Densidad de clientes, los cuales resultan aspectos de interés tanto para las distribuidoras como para los entes reguladores. El análisis se basa en un panel de datos que abarca a 30 empresas distribuidoras de energía

eléctrica desde 2018 hasta 2022, desarrollando dos modelos econométricos que vinculan SAIDI y SAIFI con el Valor Agregado de Distribución (VAD), Pérdidas y Densidad de clientes. El conjunto de empresas latinoamericanas proporciona una perspectiva regional sobre las dinámicas de calidad del servicio eléctrico.

A medida que las empresas enfrentan desafíos para mantener la calidad del servicio en un entorno en constante cambio, entender las complejas interconexiones entre factores técnico-económicos y calidad del servicio eléctrico se convierte en un imperativo.

78

2. MARCO TEÓRICO

En esta sección se presenta una breve revisión de la literatura sobre calidad de servicio, algunas definiciones técnicas y se indaga sobre las relaciones entre las variables consideradas.

2.1 Breve revisión de la literatura sobre calidad del servicio eléctrico.

La calidad de servicio puede definirse como las características⁵ que presenta el servicio eléctrico brindado por las distribuidoras, la cual generalmente se evalúa a través de una serie de indicadores de desempeño que monitorean los aspectos técnicos y comerciales de la prestación. En general, las normas técnicas de calidad de servicio suelen considerar los siguientes aspectos:

- Calidad del Servicio Técnico (Frecuencia y duración de las interrupciones)
- Calidad del Producto Técnico (Nivel de tensión y perturbaciones)
- Calidad del Servicio Comercial (Tiempos de respuesta para conectar nuevos usuarios, emisión de facturación estimada, reclamos por errores de facturación, restablecimiento del suministro suspendido por falta de pago)

5.- Continuidad y calidad de la onda.

Este trabajo se enfoca en la calidad del servicio técnico (continuidad del servicio) la cual se mide a través de los indicadores SAIDI (System Average Interruption Duration Index) y SAIFI (System Average Interruption Frequency Index). Según la Norma IEEE 1366 el indicador SAIDI refiere a la duración promedio de las interrupciones, y el SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) a la frecuencia media de las interrupciones. La calidad de servicio adquiere una relevancia mayor en la actualidad debido a los desafíos que presenta la transición energética a las distribuidoras eléctricas y a los entes reguladores a medida que se electrifican consumos, se amplía la generación distribuida y se incorporan nuevas tecnologías. Es importante señalar que la calidad de servicio se encuentra asociada a distintos niveles de inversión y mantenimiento en infraestructura (Levy & Carrasco, 2020) y por ende a los incentivos que otorguen los marcos regulatorios. Si las regulaciones se enfocan en minimizar los costos de la distribución para cierto nivel de calidad de servicio, menores inversiones pueden afectar los niveles de confiabilidad (ADELAT, 2023).

En este contexto, si bien América Latina avanzó en la cobertura de la provisión eléctrica, también es importante que el servicio eléctrico se encuentre disponible y sea de buena calidad debido a que niveles de calidad bajos tienen efectos negativos no solo en la satisfacción del cliente sino también en la productividad (Levy & Carrasco, 2020).

Un diagnóstico sobre la calidad de servicio en América Latina es el realizado por (Levy & Carrasco, 2020) donde comparan las regulaciones de distintos países y analizan los principales indicadores de calidad de servicio. Como resultado general encuentran que, si bien hubo avances regulatorios, no se evidenció una tendencia clara de mejora en la duración de las interrupciones o en la cantidad y que además estos valores fueron muy superiores a los que se encuentran en países fuera de la región.

Respecto al impacto de la regulación en la calidad eléctrica, (Weiss, y otros, 2021) realizan un ejercicio econométrico para analizar si cambios regulatorios implementados para mejorar la calidad del servicio tuvieron algún impacto en

SAIDI y SAIFI utilizando datos de distribuidoras eléctricas de América Latina y el Caribe para el período 2003-2019. Como resultado encuentran que los niveles de SAIDI y SAIFI se reducen luego de implementados los cambios regulatorios, aunque habiendo diferencias entre empresas públicas y privadas debido a que las primeras presentan promedios más altos de SAIDI y SAIFI mientras que las últimas valores más dispersos.

Al analizar literatura que relacione los indicadores SAIDI y SAIFI con otros indicadores técnicos se encuentran los trabajos de Guitiérrez Moya (2003) y Acevedo Wogl (2018). En el primero la autora construye un modelo econométrico para estudiar los factores que contribuyen a explicar la calidad del servicio de suministro eléctrico en España, utilizando el índice de continuidad del suministro de energía eléctrica (TIEPI) y encuentra que los factores principales que influyen en la disminución del TIEPI serían la potencia instalada en las centrales eléctricas, el número de empleados de las compañías y el número de clientes a quienes en potencia podrían dejar sin suministro eléctrico. Por su lado, Acevedo Wogl (2018) también realiza un modelo econométrico para estudiar la influencia del VAD, el pago por compensaciones a los usuarios y el tipo de propiedad de la empresa regulada en la calidad del suministro eléctrico. Como resultado general encuentra que mayores valores de VAD ayudan a disminuir el SAIFI y SAIDI.

2.2 Explicación de relación entre variables seleccionadas

Si bien en el punto 5.1 se analiza estadísticamente la relación entre variables utilizando los datos recopilados, en este punto se indaga sobre las vinculaciones que se encontrarían a priori entre las variables seleccionadas.

Como se menciona en la sección 3.1 la calidad de servicio se define como las características que presenta el servicio eléctrico brindado por las distribuidoras. Por su lado, en el sector eléctrico el concepto de Valor Agregado de Distribución (VAD) se refiere a la remuneración que reciben las distribuidoras eléctricas por poner a disposición el uso de sus instalaciones de distribución en su área de concesión. Estas instalaciones incluyen redes de distribución, transformadores, sistemas de medición y otros componentes. Además, el VAD cubre los costos de administración, comercialización, operación y mantenimiento de dichas instalaciones.

La relación negativa entre indicadores de calidad de servicio y el VAD puede estar vinculada a:

- CAPEX/OPEX: bajos niveles de VAD podrían generar falta de recursos para realizar las inversiones en actualización de la red eléctrica y realizar acciones de mantenimiento preventivo y predictivo.
- Gestión del talento: Menores ingresos podrían afectar la incorporación y retención del personal idóneo y la formación del personal. La falta de personal capacitado y la incapacidad actualizarse con las mejores prácticas puede impactar en el nivel de desempeño.

Un indicador clave para evaluar la eficiencia y la economía de la distribución eléctrica en una determinada área es el indicador de densidad de clientes con relación a la infraestructura de red, el cual refiere al número de clientes o usuarios conectados a la red eléctrica por unidad de longitud (generalmente kilómetro) de la red. Una mayor densidad de clientes por kilómetro de red eléctrica generalmente implica un uso más eficiente de los recursos de la distribuidora.

La relación negativa entre los indicadores de calidad de servicio y la densidad de clientes puede atribuirse a:

- Menor posibilidad de redundancia en la infraestructura eléctrica: La baja densidad podría no justificar la existencia respaldos para el suministro de energía, lo que podría aumentar la vulnerabilidad de la red ante fallas.
- Incentivos económicos: En áreas con menor densidad, podrían presentarse menos incentivos económicos para invertir adecuadamente.
- Tiempos de respuesta más lentos: En regiones con baja densidad de clientes, es probable que existan áreas remotas con difícil acceso y por consiguiente tiempos de respuesta mayores

Por su lado, las pérdidas de energía eléctrica técnicas (PT) y no técnicas (PNT) representan la diferencia entre la cantidad de electricidad que ingresa a la red y aquella que es entregada y facturada para consumo final. De esta manera, un menor nivel de pérdidas contribuye a la eficiencia y la sostenibilidad financiera de las distribuidoras.

La relación positiva entre los indicadores de calidad de servicio y las pérdidas de energía (PT y PNT) podría estar vinculada a los siguientes factores:

- Hurto de energía: a menudo están asociados con conexiones ilegales o manipulación de medidores, lo que puede provocar interrupciones no planificadas y afectar los indicadores de calidad de servicio.
- Infraestructura: un nivel elevado de pérdidas eléctricas generalmente sobrecarga las instalaciones, en particular en redes antiguas, obsoletas o con problemas de mantenimiento. Esto podría resultar en indicadores de calidad de servicio más elevados.
- Asignación ineficiente de costos: Las pérdidas eléctricas generan costos adicionales de O&M lo que podría llevar a menor mantenimiento preventivo e inversión en infraestructura.

3. METODOLOGÍA

Esta sección tiene como objetivo principal caracterizar la metodología empleada en el presente estudio. En este sentido, se aborda la caracterización de la base de datos utilizada, se lleva a cabo un análisis estadístico descriptivo de las variables consideradas, y se detallan las fuentes consultadas. Posteriormente, se

describen los modelos econométricos propuestos y ajustes estadísticos realizados, ofreciendo así un contexto adecuado para su comprensión. También se detalla la metodología de cálculo del Valor Agregado de Distribución, Pérdidas de energía y Densidad de clientes.

3.1 Datos

La investigación se basa en un extenso panel de datos recopilados de 30 empresas distribuidoras de energía eléctrica de 8 países de Latinoamérica, abarcando el período comprendido entre 2018 y 2022. La información se obtuvo de diversas fuentes públicas y confiables, como estados contables, memorias anuales e informes oficiales, asegurando la robustez y validez de los datos

analizados. El listado de países y empresas que integran el panel de datos se encuentra en la sección 7 Anexos (pág. 12).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos del panel de datos

Variable	Unidad	Media	Desvío Estándar	Mínimo	Máximo
SAIFI	Interrupciones/Cliente	7,82	4,01	1,30	19,17
SAIDI	Horas/Interrupción	15,09	8,15	2,42	42,21
VAD	U\$/MWh	44,21	19,80	9,76	95,42
Pérdidas	%	11,8%	4,1%	4,6%	24,0%
Densidad	Cliente/kmMT	110,24	92,90	30,84	371,44

3.2 Modelos econométricos

Para evaluar la calidad del servicio eléctrico se plantearon dos modelos econométricos de datos de panel:

$$SAIDI(VAD, Pérdidas, Densidad) = \alpha_1 \times VAD_{i(t-1)} + \alpha_2 \times Pérdidas_{i(t)} + \alpha_3 \times Densidad_{i(t)} + \lambda_{i(t)}$$

$$SAIFI(VAD, Pérdidas, Densidad) = \beta_1 \times VAD_{i(t-2)} + \beta_2 \times Pérdidas_{i(t)} + \beta_3 \times Densidad_{i(t)} + \mu_{i(t)}$$

Donde:

- SAIDI: Tiempo Total Promedio de Interrupción por usuario (hr/año)
- SAIFI: Frecuencia Media de Interrupción por usuario (#/año)
- VAD: Valor Agregado de Distribución (US\$/MWh-año)

- Pérdidas: Diferencia entre la compra y venta de energía eléctrica (%)
- Densidad de los clientes: Clientes por unidad de medida de la longitud de red de media tensión (Clientes/km red MT).

Estos modelos permiten analizar cómo las variables explicativas (VAD, Pérdidas y Densidad de los clientes) influyen en los indicadores de calidad del servicio eléctrico (SAIDI y SAIFI) para cada empresa i en el tiempo t .

Ajustes Estadísticos

La aplicación de ajustes estadísticos desempeña un papel crucial en garantizar la solidez y la fiabilidad de los resultados obtenidos a partir de los modelos econométricos propuestos. Estos ajustes responden a la necesidad de abordar posibles desafíos y complejidades inherentes a los datos recopilados de las 30 empresas distribuidoras en un periodo de 5 años.

En una primera etapa, con base en la prueba de Hausman se evaluó si los modelos debían ser de efectos fijos o aleatorios (Wooldridge, 2010). Tal prueba determinó la correspondencia de efectos fijos⁶; los cuales sirven para modelar adecuadamente las particularidades individuales de cada empresa, permitiendo una interpretación más precisa de las relaciones entre las variables.

Seguidamente, se evaluó en ambos modelos la presencia de heterocedasticidad (Test modificado de Wald) y autocorrelación (Test Wooldridge) para su posterior corrección (Wooldridge, 2010). La heterocedasticidad consiste en la presencia de variaciones no constantes en la varianza de los errores en los modelos econométricos. La

corrección por heterocedasticidad asegura que la estimación de los parámetros sea consistente, considerando posibles cambios en la dispersión de los errores a lo largo del tiempo o entre las empresas analizadas. Por otra parte, la autocorrelación implica la existencia de patrones temporales en los errores del modelo, indicando que las observaciones en momentos sucesivos están correlacionadas. En este contexto, corregir la autocorrelación es esencial para evitar sesgos en las estimaciones y garantizar la validez de las inferencias realizadas a partir de los modelos econométricos.

Como conclusión de las pruebas realizadas resultó que ambos modelos sean de efectos fijos ajustado por heterocedasticidad y autocorrelación. Estos ajustes no solo mejoran la calidad de los modelos econométricos, sino que también permiten una interpretación más precisa de las relaciones entre las variables, contribuyendo así a la validez y la robustez de la investigación sobre la calidad del servicio eléctrico en la región latinoamericana.

Software Utilizado

Para implementar los modelos econométricos y realizar ajustes estadísticos, se empleó el software estadístico Stata. Esto garantiza la precisión y la replicabilidad de los análisis realizados.

3.3 Valor agregado de distribución

Se determinó un VAD global de cada distribuidora en cada año, sobre la base de información pública mediante la siguiente ecuación matemática:

$$VAD = \frac{(\$Ingresos - \$GAbastecimiento)}{E^{Vendida}}$$

6.- Este modelo supone que el error puede descomponerse en dos partes, una parte fija constante en el tiempo para cada distribuidora y una parte aleatoria que cumple los supuestos de mínimos cuadrados ordinarios (Montero, 2011).

Donde:

- **\$Ingresos** : Facturación total anual por venta de energía u potencia a clientes finales en US\$.
- **\$GAbastecimiento** : Gasto total anual de abastecimiento por compras de energía y potencia (Incluyendo Transporte) en US\$.
- **E^{vendida}** : Energía total anual vendida a los clientes (en MWh).

de una distribuidora superan las reconocidas en las tarifas, el VAD estimado resultará subestimado, lo que no refleja completamente los costos operativos reales soportados por la distribuidora para mantener y operar la red eléctrica.

Se debe tener en cuenta que esta metodología es una aproximación al VAD ya que las pérdidas de energía eléctrica podrían distorsionar el resultado obtenido. Específicamente, si las pérdidas reales

3.4 Pérdidas de energía

En caso de que las pérdidas globales de energía eléctrica que no estuvieron explicitadas directamente, las mismas se determinaron sobre

la base de información pública mediante la siguiente ecuación matemática:

$$\%PE = \frac{(E^{Compra} - E^{vendida})}{E^{Compra}}$$

83

Donde:

- **E^{compra}** : Energía total anual comprada por la distribuidora, es decir la energía ingresada a sus redes (en MWh)
- **E^{vendida}** : Energía total anual vendida a los clientes (en MWh)

El %PE se ha referido a la energía ingresada a las redes de la distribuidora.

3.5 Densidad de clientes

La variable Densidad de clientes se construye para cuantificar la concentración de usuarios servidos por kilómetro de red de media tensión. Esta métrica es esencial para evaluar cómo la

distribución geográfica de los clientes afecta la eficiencia operativa y la calidad del servicio eléctrico.

$$Densidad\ de\ los\ clientes = \frac{Número\ de\ Clientes}{Longitud\ de\ la\ Red\ de\ Media\ Tensión}$$

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de modelos econométricos diseñados para explorar la relación entre las variables explicativas y las variables objetivo. A través de gráficos de dispersión y análisis estadísticos, se evalúan cómo estas variables influyen en la calidad del servicio eléctrico en Latinoamérica. Este análisis no solo busca verificar hipótesis específicas

sobre los determinantes de la calidad del servicio (ver 3.2 Explicación de relación entre variables seleccionadas) sino también identificar patrones y tendencias que aporten a la comprensión del sector eléctrico en la región.

4.1 Exploración de relaciones entre variables

La comprensión de las interacciones entre las variables explicativas (VAD, Pérdidas, y Densidad de clientes) y las variables explicadas (SAIDI y SAIFI) es fundamental para desentrañar los factores que inciden en la calidad del servicio eléctrico. A continuación, presentamos una serie de gráficos de dispersión con ajustes lineales que

ilustran la naturaleza de estas relaciones. Estos gráficos permiten visualizar tendencias, identificar patrones y anticipar el comportamiento de las variables bajo estudio.

Gráfico 1. VAD y SAIDI /SAIFI

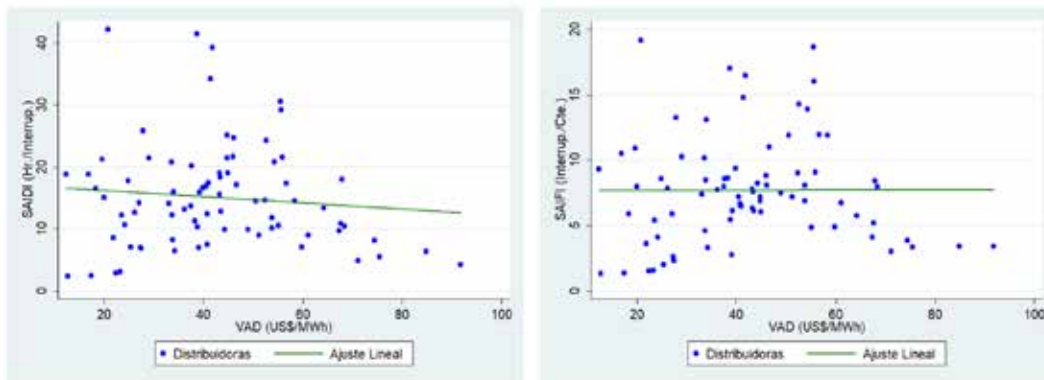


Gráfico 2. Pérdidas y SAIDI /SAIFI

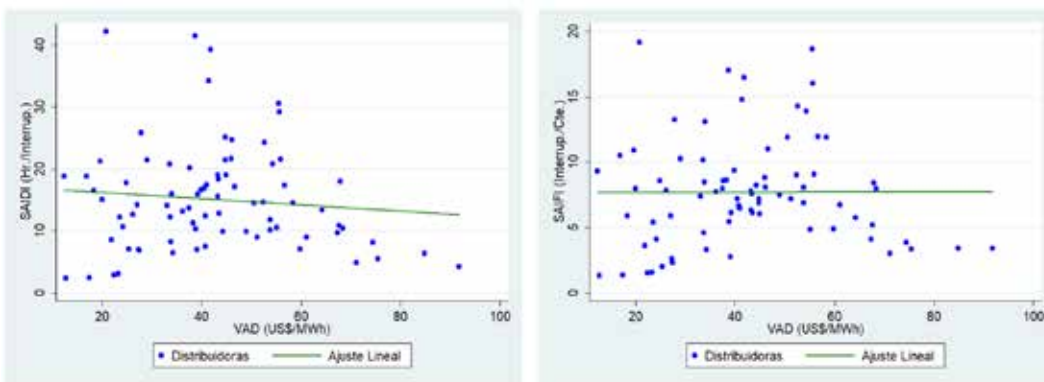
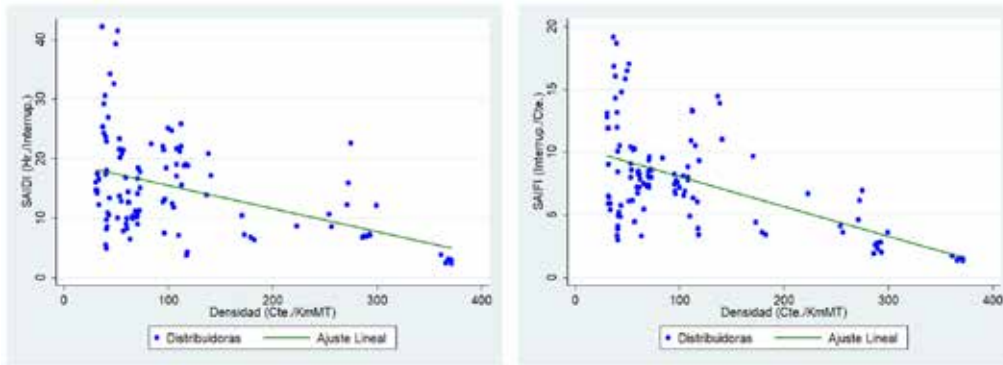


Gráfico 3. Densidad y SAIDI /SAIFI



Cada gráfico de dispersión viene acompañado de una línea de ajuste lineal, la cual ha sido calculada mediante el método de mínimos cuadrados. Este ajuste proporciona una representación visual de la relación promedio entre variables, permitiendo apreciar de manera clara y directa la dirección y fuerza de la asociación entre ellas.

- Relación entre VAD-1⁷ y SAIDI/SAIFI: A mayores niveles de VAD, mejora la calidad del servicio eléctrico, reflejada en valores más bajos de SAIDI y SAIFI (gráfico 1).

- Relación entre Pérdidas y SAIDI/SAIFI: A mayor porcentaje de pérdidas, mayores serán los valores de SAIDI y SAIFI, sugiriendo una relación directa entre la eficiencia en la gestión de la energía y la fiabilidad del suministro eléctrico (gráfico 2).

- Relación entre Densidad de clientes y SAIDI/SAIFI: Una mayor densidad de clientes está asociada con menores valores de SAIDI y SAIFI, lo cual implicaría una mayor eficiencia en la operación y mantenimiento de la red de distribución (gráfico 3).

85

5.2 Modelo SAIDI

El modelo SAIDI revela relaciones significativas entre las variables explicativas y el tiempo total

promedio de interrupción por usuario. Los coeficientes estimados son los siguientes:

Tabla 2. Especificación del modelo SAIDI

Variable	SAIDI	
	Coefficiente	P-valor
VAD-1	-0,0819086	0,031**
Pérdidas	73,6417	0,003***
Densidad	-0,0354723	0,000***
Constante	13,41008	0,001***

significatividad al 5% de confianza. *significatividad al 2% de confianza.

De los resultados hallados se deducen las siguientes interpretaciones de los coeficientes:

- El incremento en una unidad de VAD (US\$/MWh) del periodo anterior se relaciona con una disminución de 0,0819 horas anuales (4:54 minutos) del SAIDI.
- El incremento de un punto porcentual de

Pérdidas (%) se relaciona con un incremento de 0,7364 horas anuales (44:11 minutos) de SAIDI.

- El incremento de una unidad de Densidad de clientes (cliente/kmMT) se relaciona con una disminución de 0,0355 horas anuales (2:07 minutos) de SAIDI.

7.- En esta primera instancia de exploración gráfica de los datos se presume que la vinculación de los indicadores de calidad podría darse con los ingresos permitidos del año anterior, reflejando de este modo el efecto rezagado que podrían tener las inversiones y tareas de mantenimiento en el desempeño de tales indicadores.

5.3 Modelo SAIFI

El modelo SAIFI muestra relaciones independientes y la frecuencia media de estadísticamente significativas entre las variables interrupción por usuario:

Tabla 3. Especificación del modelo SAIFI

Variable	SAIFI	
	Coefficiente	P-valor
VAD-2	-0,0497023	0,000***
Pérdidas	34,65065	0,000***
Densidad	-0,0216012	0,000***
Constante	7,415603	0,000***

***significatividad al 2% de confianza.

De los resultados hallados se deducen las siguientes interpretaciones de los coeficientes:

- El incremento en una unidad de VAD (US\$/MWh) de dos periodos anteriores se relaciona con una disminución de 0,0497 en la frecuencia anual del SAIFI.
- El incremento de un punto porcentual de Pérdidas (%) se relaciona con un incremento de 0,3465 en la frecuencia anual del SAIFI.

- El incremento de una unidad de Densidad de clientes (cliente/kmMT) se relaciona con una disminución de 0,0216 en la frecuencia anual del SAIFI.

86

5. CONCLUSIONES

Este estudio ha explorado cómo el Valor Agregado de Distribución (VAD), las Pérdidas, y la Densidad de Clientes afectan los indicadores de calidad del servicio eléctrico, SAIDI y SAIFI, en empresas distribuidoras de energía eléctrica en Latinoamérica.

El análisis realizado coincide con los análisis y resultados que encuentra la literatura mencionada en la sección 3, respaldando la relación inversa entre el Valor Agregado de Distribución (VAD) y la frecuencia y duración de las interrupciones (SAIDI y SAIFI). De esta manera, los resultados encontrados aportan evidencia empírica de que inversiones insuficientes o bajos ingresos pueden afectar negativamente la continuidad del servicio. Por otra parte, se confirma que la densidad

de clientes y las pérdidas de energía son determinantes. Menor densidad implica una mayor vulnerabilidad ante fallas, mientras que altas pérdidas se asocian con interrupciones y mantienen una relación positiva con SAIDI y SAIFI.

Estos resultados destacan la importancia de inversiones adecuadas y eficientes en infraestructura eléctrica. La relación significativa entre variables financieras y la calidad del servicio subraya la necesidad de estrategias que minimicen pérdidas y planifiquen la red maximizando la densidad de clientes con relación a la infraestructura de red.

Con base en los resultados y análisis presentados, se sugieren las siguientes orientaciones para

las distribuidoras eléctricas, las cuales deberían ser consideradas como puntos de partida para estudios más profundos y específicos:

1. Gestión eficiente del Valor Agregado de Distribución (VAD): Niveles bajos de VAD están vinculados a problemas de infraestructura y presupuestarios, impactando negativamente la calidad del servicio. Las empresas eléctricas deben asegurarse de contar con los ingresos permitidos necesarios para realizar inversiones adecuadas y eficientes en infraestructura eléctrica, garantizando un equilibrio entre ingresos y gastos. En este sentido se vuelve fundamental el rol de los entes reguladores en fijar tarifas acordes a las necesidades de inversión. Estrategias que minimicen pérdidas y optimicen el Valor Agregado de Distribución (VAD) contribuirán significativamente a mejorar la calidad del servicio, permitiendo que las inversiones no solo se realicen, sino que también se alineen con los objetivos de eficiencia y sostenibilidad.

2. Enfoque en reducción de pérdidas: Altas pérdidas de energía están positivamente relacionadas con interrupciones y afectan negativamente los indicadores de calidad del servicio. En este contexto, las conclusiones del análisis refuerzan la necesidad conocida de que las distribuidoras implementen medidas para reducir las pérdidas de energía, abordando problemas como conexiones ilegales o manipulación de medidores. Esto no solo mejora la calidad del servicio, sino que también optimiza los costos operativos.

3. Optimización de infraestructura: La baja densidad de los clientes en relación con la infraestructura se asocia con mayores interrupciones, sugiriendo problemas de redundancia en la infraestructura eléctrica. Según estos resultados se sugiere que las empresas enfocar en mejorar la densidad de la red, asegurando la existencia de rutas alternativas para el suministro de energía. Esto puede reducir la vulnerabilidad ante fallas y mejorar la continuidad del servicio.

Estas conclusiones no solo se orientan a guiar a las distribuidoras eléctricas hacia prácticas y estrategias que mejoren la calidad del servicio, sino que también optimicen la eficiencia operativa y la sostenibilidad financiera.

Sin perjuicio de lo antedicho, se reconocen ciertas limitaciones que podrían influir en la interpretación de los resultados:

- Generalización a otras regiones: Los resultados y conclusiones se basan en datos específicos de empresas latinoamericanas. La aplicabilidad directa a otras regiones debe abordarse con precaución, dada la variabilidad en las infraestructuras y prácticas de distribución de energía.

- Variables no consideradas: A pesar de la inclusión de variables significativas, existen otros factores que podrían influir en la calidad del servicio eléctrico y que no se han considerado en este análisis. Explorar estas variables adicionales podría ofrecer una visión más completa.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

Acevedo Wogl, J. (2018). Influencia de la tarifa, el pago de compensaciones y el tipo de empresa sobre la calidad del suministro eléctrico por interrupciones en el sistema de distribución de media tensión urbano. Pontificia Universidad Católica del Perú.

ADELAT. (2023). Desafíos y perfeccionamientos regulatorios. ADELAT.

Gutiérrez Moya, E. (2003). Un modelo explicativo de la continuidad del servicio eléctrico en España. V Congreso de Ingeniería de Organización Valladolid-Burgos.

Levy, A., & Carrasco, J. (2020). Calidad y confiabilidad de los servicios eléctricos en América Latina. Banco Interamericano de Desarrollo.

Montero, R. (2011). Efectos fijos o aleatorios: test de especificación. Documentos de Trabajo en Economía Aplicada. Universidad de Granada. España.

Weiss, M., Ravillard, P., Sanin, M., Carvaja, F., Daltro, Y., Chueca, E., & Hallack, M. (2021). Impacto de la regulación en la calidad del servicio de distribución de la energía eléctrica en América Latina y el Caribe. Banco Interamericano de Desarrollo.



Wooldridge, J. (2010). Econometric analysis of cross section and panel data.

7. ANEXOS

Países	Distribuidoras
Argentina	EDEA
	EDELAP
	EDEN
	EDENOR
	EDES
	EDESA
	EDESUR
	EDET
Brasil	AES ELETROPAULO LIGHT
Chile	Chilectra
Colombia	CENS
	EEP
	ESSA
Ecuador	E.E. Centro Sur
Guatemala	EEGSA
Panamá	EDECHI
	EDEMET
	ELEKTRA (ENSA)
Perú	ELECTRO ORIENTE
	ELECTRO PUNO
	ELECTRO SUR ESTE
	ELECTRODUNAS
	ELECTROSUR
	ENEL PERÚ
	ENOSA
	ENSA
	HIDRANDINA
	LUZ DEL SUR
	SEAL