

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO



“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”

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN REGULACIÓN DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS

AUTOR

JOSÉ LUIS ACEVEDO WOGL

ASESOR:

Alfredo Juan Carlos Dammert Lira

Mayo, 2018

RESUMEN

La Norma Técnica de la Calidad de los Servicios Eléctricos y otras normas complementarias establecen los estándares de calidad del suministro eléctrico urbano en media tensión así como las compensaciones por su afectación. En caso el prestador del servicio infrinja las citadas normas al brindar un mal servicio este debe realizar un pago por compensación al usuario afectado.

La presente investigación determina mediante un modelo econométrico la influencia del Valor Agregado de Distribución (VAD), el pago por compensaciones a los usuarios y el tipo de propiedad de la empresa regulada en la calidad del suministro eléctrico. El modelo utilizado es de efectos fijos y el estimador empleado es el LSDV (Least Square Dummy Variable), considerando los factores de la calidad: SAIFI-SAIDI.

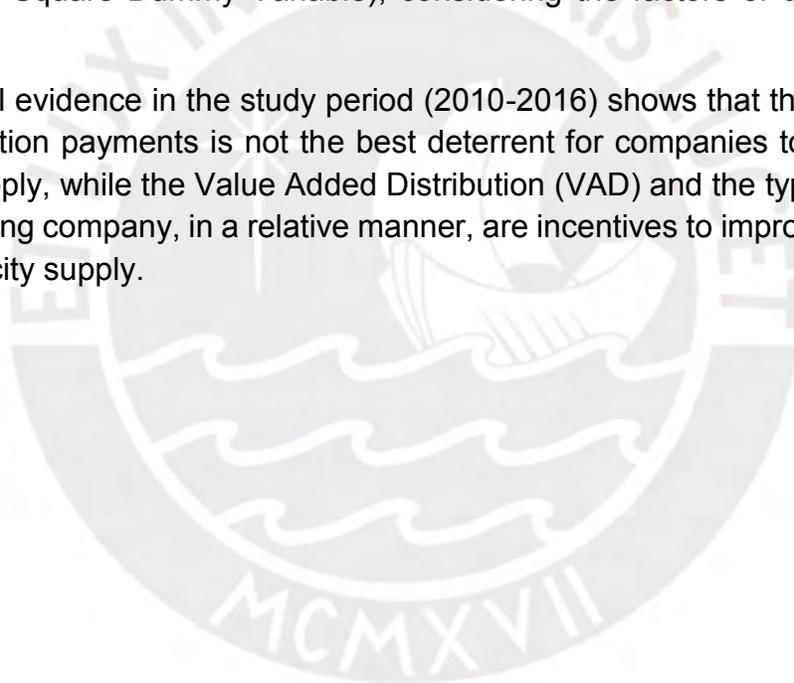
La evidencia empírica en el periodo de estudio (2010-2016) muestra que el mecanismo de pagos por compensación no es el mejor medio disuasivo para que las empresas mejoren la calidad del suministro, en tanto que el Valor Agregado de Distribución (VAD) y el tipo de propiedad de la empresa suministradora, en forma relativa, son incentivos para mejorar la calidad del suministro eléctrico.

ABSTRACT

The Technical Standard for the Quality of Electric Services (NTCSE) and other complementary standards establish the quality standards of the urban electrical supply in medium voltage as well as the compensations for their affectation. In case the service provider infringes the aforementioned rules when providing a bad service, he must make a payment for compensation to the affected user.

The present investigation determines by means of an econometric model the influence of the Added Value of Distribution (VAD), the payment by compensations to the users and the type of property of the company regulated in the quality of the electrical supply. The model used is of fixed effects and the estimator used is the LSDV (Least Square Dummy Variable), considering the factors of quality: SAIFI-SAIDI.

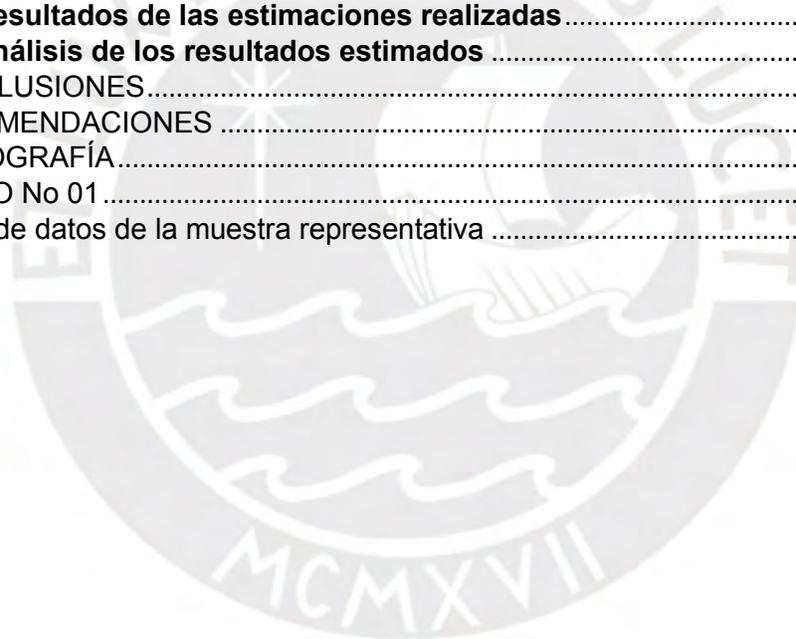
The empirical evidence in the study period (2010-2016) shows that the mechanism of compensation payments is not the best deterrent for companies to improve the quality of supply, while the Value Added Distribution (VAD) and the type of property of the supplying company, in a relative manner, are incentives to improve the quality of the electricity supply.



Índice

ABREVIATURAS	1
CAPÍTULO I.....	2
REGULACIÓN DE LA CALIDAD DE SUMINISTRO POR INTERRUPCIONES	2
1. Eficiencia económica y competencia perfecta	3
2. El monopolio natural	4
2.1. Intervención del Estado y regulación económica	5
3. Regulación económica en distribución eléctrica	5
3.1. Esquema regulatorio por costos o tasa de retorno	6
3.2. Regulación por precio tope o por incentivos	7
3.3. Competencia por comparación	7
3.4. Regulación por Empresa Modelo Eficiente (EME)	8
4. Calidad del servicio eléctrico peruano en distribución y su regulación	9
5. Calidad de la energía eléctrica	10
5.1. Interrupciones eléctricas	12
5.2. Calidad de suministro eléctrico	13
5.2.1. Índices de calidad del servicio	14
5.2.2. Indicadores de interrupción	16
a) Índice SAIFI	17
b) Índice SAIDI	17
6. Cuestiones sobre el nivel óptimo de calidad	18
6.1. Costo de la calidad del servicio y su nivel óptimo	18
7. Las compensaciones y el modelo racional del crimen	20
8. Empresas de propiedad privada y estatal	22
CAPÍTULO II	24
EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICO PERUANO	24
1. Reforma del sistema eléctrico peruano	25
2. El sistema de distribución eléctrico nacional	25
3. El Sistema tarifario en distribución eléctrica	26
3.1. Componentes del VAD	27
3.2. Cálculo del VAD	28
3.3. Sectores típicos de distribución eléctrica (STD)	29
3.4. Cálculo de la TIR por grupo y validación	31
3.5. Evolución del VAD en MT por Sectores Típicos de Distribución	32
4. El problema de la calidad por interrupciones en distribución MT	33
5. Evidencia empírica de las interrupciones en distribución MT	34
6. Compensaciones por mala calidad del suministro	35
6.1. Cálculo de las compensaciones por mala calidad	36
7. Supervisión y fiscalización de la Calidad	41
CAPÍTULO III	43
METODOLOGÍA DE LA APLICACIÓN, RESULTADOS Y ANÁLISIS	43
1. Estado del arte	44
2. Pregunta de investigación	46

3. Hipótesis General	47
4. Diseño metodológico	47
5. Formulación del modelo econométrico	47
5.1. Supuestos para construir el modelo econométrico	48
5.2. Variables del modelo	49
5.3. Variables dependientes o explicadas	50
5.4. Variables independientes o explicativas	50
5.5. Especificación del Modelo econométrico general	52
6. Población y marco muestral	53
6.1. Observación de los datos	54
6.2. Análisis de los datos	55
7. Estimaciones de los parámetros de las ecuaciones	57
7.1. Estadística descriptiva de las variables de estudio	57
7.2. Modelo 1 - Modelo de datos agrupados (Pooled - MCO)	58
7.3. Modelo 2 - Modelo de efectos aleatorios (Random Effects- RE)	59
7.4. Modelo 3 - Modelo de Efectos Fijos (Fixed Effects - FE)	59
7.5. Efectos Fijos versus Efectos Aleatorios	60
7.6. Modelo 4 – Modelo de Efectos Fijos con el estimador LSDV	60
8. Resultados de las estimaciones realizadas	61
9. Análisis de los resultados estimados	62
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	68
ANEXO No 01	71
Panel de datos de la muestra representativa	71



ABREVIATURAS

AT	:	Alta Tensión
BT	:	Baja Tensión
CD	:	Consejo Directivo
CE	:	Costos de Explotación
COES-SINAC	:	Comité de Operación Económica del Sistema del Sistema Interconectado Nacional
COyM	:	Costos de Operación y Mantenimiento
DE	:	Desempeñado Esperado
DGE	:	Dirección General de Electricidad
EDE	:	Empresas Concesionarias Distribuidoras de Electricidad
EME	:	Empresa Modelo Eficiente
FONAFE	:	Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado
FOSE	:	Fondo de Compensación Social Eléctrica
GART	:	Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria
GFE	:	Gerencia de Fiscalización Eléctrica
IEC	:	International Electrotechnical Commission
IEEE	:	Institute of Electrical and Electronic Engineers
kW-hora	:	Kilowatt hora (unidad de medición de la energía eléctrica)
LCE	:	Ley de Concesiones Eléctricas (Decreto Ley N° 25844)
LSDV	:	Least Square Dummy Variable o
MCO	:	Mínimos Cuadrados Ordinarios
MINEM	:	Ministerio de Energía y Minas
MT	:	Media Tensión
MW.h	:	Mega Watts hora
NTCSE	:	Norma Técnica de la Calidad del Servicio Eléctrico
OSINERGMIN	:	Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
OyM	:	Operación y Mantenimiento
SAIDI	:	System Average Interruption Duration Index ó Duración Media de Interrupción del Sistema
SAIFI	:	System Average Interruption Frequency Index ó Frecuencia Media de Interrupción del Sistema
SED	:	Sub Estación de Distribución
SER	:	Sistema Eléctrico Rural
STD	:	Sector Típico de Distribución
TIR	:	Tasa Interna de Retorno
VAD	:	Valor Agregado de Distribución
VNR	:	Valor Nuevo de Reemplazo

CAPÍTULO I

REGULACIÓN DE LA CALIDAD DE SUMINISTRO POR INTERRUPCIONES

El capítulo muestra aspectos económicos teóricos de la regulación de la calidad de suministro por interrupciones, describe el concepto de eficiencia económica y competencia perfecta, detalla el concepto de monopolio natural, la intervención del Estado y la regulación económica, explica la regulación económica en distribución eléctrica, bajo el esquema regulatorio por costos o tasa de retorno, regulación por precios tope o por incentivos, competencia por comparación y la regulación por empresa modelo eficiente (EME). Asimismo, detalla el principio de la calidad del servicio eléctrico peruano en distribución y su regulación, menciona el concepto de calidad de la energía y expone conceptos sobre las interrupciones eléctricas, calidad de suministro eléctrico, con sus componentes como los índices de calidad del servicio o indicadores de interrupción SAIDI-SAIFI. De igual forma, incluye cuestiones sobre el nivel óptimo de calidad con sus características de costo de la calidad del servicio y su nivel óptimo, y da a conocer el concepto de compensaciones y el modelo racional del crimen. Finalmente, se explica las características de las empresas de propiedad privada y estatal.

1. Eficiencia económica y competencia perfecta

Según Pindyck (2013), las curvas de oferta y demanda, en una forma muy simplificada, pueden ayudarnos a entender la conducta de los mercados competitivos y mostrarnos problemas económicos que podrían preocupar a los agentes; por el lado de la demanda consumidores que enfrentan una decisión de compra; por el lado de la oferta empresas que requieren planificar su producción. Asimismo, la organización pública que necesita tomar decisiones de política económica y evaluar sus posibles efectos en los agentes.

El excedente del consumidor y del productor, evalúan las posibles consecuencias de las medidas que realizará un gobierno con respecto al bienestar, es decir, quien gana o quien pierde, con su medida o cantidad. Esto permite demostrar la eficiencia económica del mercado, dado que el precio-cantidad de equilibrio de un mercado de estructura competitiva maximiza su bienestar económico agregado de consumidores y productores. En este caso el estado no interviene en la economía y es el mercado que produce eficiencia económica (Pindyck & Rubinfeld, 2013, p.311).

La competencia perfecta actúa libremente sin ninguna intervención, asignando eficientemente los escasos recursos, bajo supuestos o condiciones. La cantidad de empresas y consumidores es grande, el producto que se transa es homogéneo, las empresas buscan maximizar sus beneficios económicos y no hay barreras a la entrada. Cualquier variación de las variables tales como demanda, ingreso, oferta y otras; la fuerza del mercado se equilibrará sin la intervención de algún agente (Dammert, García, & Molinelli, 2013, p.26).

2. El monopolio natural

El monopolio natural se caracteriza por mostrar subaditividad en su función de costos, es decir el costo de producir una determinada cantidad por una firma es inferior a producir esa misma cantidad por medio de dos o más firmas. Esta condición muestra que es más eficiente para la sociedad que produzca una sola firma a que produzcan dos o más firmas en el mercado para una cierta cantidad demandada (Dammert, Mollinelli, & Carbajal, 2013, p.62).

Spiller y Levy (1996) consideran al monopolio natural desde tres puntos de vista (i) presencia de importantes economías de escala o diversificación (costos subaditivos), (ii) inversión considerable en activos específicos (grandes costos hundidos) y (iii) servicios consumidos en forma masiva (servicios públicos). Esto muestra problemas en los contratos por la politización durante el proceso regulatorio (Gallardo, 1999. pp. 6-7)

Un sector industrial se considera monopolio natural cuando en su rango relevante de producción, hay pronunciados rendimientos de escala, porque se presentan escalas altas de producción. A medida que los costos medios disminuyen y continúa esto aun cuando los niveles de producción son altos considerando la magnitud del mercado. En este caso, los costos marginales difieren de los costos medios, lo que significa que una vez que la empresa entra al mercado y sigue en expansión se podrá ver que sus costos en que incurre bajan, por lo que imposibilita que otros productores puedan competir en el mercado (Bonifaz F., 2001, pp. 55-56).

2.1. Intervención del Estado y regulación económica

Bonifaz (2001) señala que en el modelo de competencia perfecta, si alguno de sus supuestos no se cumple se originan fallas de mercado, asignándose en forma ineficiente los escasos recursos. Este hecho ha servido para justificar que el Estado interviniera el mercado proveyendo en forma directa los servicios. La producción que se puede alcanzar bajo los supuestos de competencia perfecta, hacen referencia que el precio es igual al costo marginal. Este criterio se cambia, y son los proveedores privados, o para el caso peruano, empresas públicas distribuidoras de energía eléctrica, las que produzcan los bienes y servicios bajo la regulación y supervisión del Estado, formándose así el Estado regulador. Surge la cuestión de cómo alcanzar que los monopolios naturales sean eficientes sin degradar la calidad o talvez se formen precios que impliquen abuso de poder de mercado. Se debe evitar que un prestador de servicio opere como monopolio sin regulación, pues este puede fijar altos precios y degradar la calidad. (Bonifaz F., 2001, pp. 59-60).

3. Regulación económica en distribución eléctrica

Siguiendo a Pérez-Reyes (2006), para regular una industria monopólica se debe considerar tres fundamentos existentes; (i) economías de escala en su rango, (ii) grandes costos hundidos dentro de los costos totales y (iii) regulación de la actividad sea masiva o de red. Los dos primeros fundamentos nos ayudan a mostrar la estructura de mercado de monopolio natural y el tercero nos señala como debe ser regulado. El regulador realiza el proceso de regulación tarifaria

considerando tres aspectos; (i) la concesión de la industria de servicios regulada, (ii) la normativa legal sectorial energética por medio de leyes, decretos legislativos y (iii) las resoluciones del Consejo Directivo del regulador (Pérez-Reyes, 2006, pp. 9-10).

3.1. Esquema regulatorio por costos o tasa de retorno

Según Okomura (2008) este esquema es un método de bajos incentivos ya que el prestatario del servicio recupera sus costos sin depender de su desempeño, es decir, puede ser eficiente o ineficiente. En contraste, la regulación por precios tope es de alto poder, ya que disocia los precios regulados en relación a los costos de la empresa, aprovechando las mejoras alcanzables en eficiencia.

El regulador fija las tarifas de modo que le permita a la empresa regulada generar flujos de caja que le cubran los costos en que incurrió con la finalidad de poder prestar el servicio, retribuyendo con esta finalidad una tasa de retorno justa por su nivel de inversión, determinando el valor del servicio límite a la tasa de retorno. Se pretende con esto, que los ingresos de la empresa sean suficientes de modo que se le remunere sus costos fijos y variables así como sus inversiones, retribuyendo al capital invertido, fijando el precio por el servicio en función a su costo medio (Okomura Suzuki, 2008, pp. 2-4).

En este esquema, los beneficios del monopolio se igualan a sus costos para que alcance beneficios económicos igual a cero. Es ineficiente en la asignación de precios, sólo cubren costos totales.

3.2. Regulación por precio tope o por incentivos

Este esquema tarifario fija un precio tope o máximo al concesionario prestatario de servicios, incentivando aumentos a la tasa de ganancia resultante de haber reducido sus costos debajo del máximo valor fijado, afectando su tasa de ganancia. Entonces, al minimizar costos logra eficiencia productiva lo que le genera grandes incentivos. El problema que se da es que el riesgo asumido por la empresa es mayor porque si los costos se incrementan o la demanda disminuye, puede generar desbalances (Bonifaz F., 2001, p. 67).

En Estados Unidos después de la década de los años 80, la regulación por incentivos reemplazó a la tasa por retorno en varios estados. El incentivo de generar mayores ganancias alentó a las empresas reguladas a reducir sus costos, lo que pudo generar posibles recortes en la calidad del suministro. Este evento, motivó a realizar un estudio entre 1993 y 1999, basado en un conjunto de datos de panel en 78 servicios públicos de 23 estados. Se asumió que la regulación por incentivos está asociada con un aumento en la duración promedio de cortes de electricidad, encontrando que se redujo los gastos operacionales y de mantenimiento de la empresa a nivel distribución, lo que provocó un incremento en la duración de los cortes de electricidad (Ter-Martirosyan, 2003, p. 1).

3.3. Competencia por comparación

Bonifaz (2001) explica que este esquema consiste en observar empresas tecnológicamente similares, obtener información relevante y a partir de ello

inferir el valor del costo total empleado para la fijación tarifaria del prestador del servicio regulado. Existen restricciones, teniendo en cuenta que entre las empresas no haya colusión o estén integradas verticalmente. Esta estructura es compleja debido a la forma de mostrar cada una de las características de cada mercado. En un sistema eléctrico de distribución no hay posibilidad de competencia (Bonifaz F., 2001, p. 71).

3.4. Regulación por Empresa Modelo Eficiente (EME)

Las empresas de distribución eléctrica peruanas reguladas bajo el esquema tarifario EME tienen incentivos de alto poder de reducir costos, alcanzando la eficiencia productiva y logrando eficiencia asignativa debido a que los precios reflejan los costos (Dammert Lira et al., 2013, p.269).

En relación a la calidad brindada por la empresa regulada bajo el esquema de EME tiene un aspecto común en los esquemas por incentivos es que degradan la calidad del servicio eléctrico por querer reducir los costos.

El esquema EME no incorpora el aspecto de propiedad o la modalidad gerencial por ser una variable no observable generándose incentivos por medio del retraso regulatorio que mantiene las tarifas a precios constantes por un periodo de cuatro años (Bustos & Galetovic, 2002).

La regulación se realiza por comparaciones que se den en función al desempeño del proveedor que se quiere regular comparando otro similar pero ficticio. Se define una empresa por cada sector “típico”, creándose sin tener en cuenta los activos preexistentes bajo el supuesto de la no-existencia de esta en el mercado, o sea se emplean los activos que son

necesarios de forma eficiente, y además se presenta un plan de inversiones de las concesionarias involucradas (Bonifaz F., 2001, pp. 71-72).

Dammert (2013) considera que la distribución de las empresas cada una con característica diferenciada en costos, genera un problema que se puede resolver dividiendo en áreas de distribución por sectores típicos. Por ello, se determinan los costos totales de la EME, seleccionando un sistema eléctrico por sector, se construye una empresa modelo que abastezca la demanda basada en aspectos de eficiencia, considerando la dispersión geográfica y el nivel esperado de consumo. Se toma en cuenta COyM, costos llamados de explotación comercial y estimada del costo de inversión referido al Valor Nuevo de Reemplazo (VNR). Este VNR elige las tecnologías para MT y BT incluyendo todos sus componentes eléctricos para los dos casos (Dammert Lira et al., 2013, pp. 223-224).

4. Calidad del servicio eléctrico peruano en distribución y su regulación

La calidad es lo que desea o lo que está dispuesto a pagar el consumidor, como consecuencia se definen los diferentes niveles de calidad, especialmente en los mercados competitivos donde los oferentes compiten ofreciendo una diversidad de precio-calidad.

En los mercados monopólicos, como en el caso de las concesiones de las redes eléctricas de distribución, se tiene dos cuestiones, no hay competencia y no hay diversidad por precio-calidad por lo que se regulan las tarifas y la calidad.

Conforme establece el Decreto Supremo N° 020-97-EM, la regulación de la calidad del servicio eléctrico peruano en distribución se considera: producto, suministro, servicio comercial y alumbrado público. La calidad técnica se relaciona con la calidad del producto y suministro, mientras que la calidad comercial comprende: atención al cliente, facturación y registro, y trato al cliente. En el alumbrado público se supervisa las deficiencias del servicio (Ministerio de Energía y Minas, 1997, pp. 10-41).

5. Calidad de la energía eléctrica

La calidad es la propiedad, característica o atributo que posee el servicio o producto para satisfacer los requerimientos de los clientes, en forma implícita o explícita. La calidad le da valor al bien o servicio aumentando la disponibilidad de pago de los clientes dispuestos a consumirlo.

En un mercado competitivo si el productor decide aumentar unilateralmente la combinación precio-calidad de oferta al consumidor, bajaría su nivel de ventas perdiendo su participación en el mercado. Esta situación, hace que los consumidores puedan optar por consumir a otro oferente que esté dispuesto a mejorar la relación precio-calidad. Por ello, no es necesario regular la calidad, más por el contrario la intervención terminaría generando restricciones artificiales sobre los productos o servicios ofrecidos.

En la industria de redes de distribución eléctrica, el consumidor no tiene la opción de elegir libremente un oferente, no existe la posibilidad de sustituir por otro proveedor. Esta situación, hace que su posición frente al mercado sea de consumidor cautivo.

Spence (1975) señala que existe un nivel óptimo social en la calidad, dado que si la sub provisión o en caso contrario una sobre provisión en la calidad genera ineficiencias. En la regulación de precios tope, considerando a la regulación por incentivos, esta se complementa incorporando estándares mínimos, en tanto que en la regulación por tasa de retorno, se debe incluir en la tarifa reconociendo la adquisición de equipos relacionados a la prestación del servicio bajo los estándares mínimos establecidos sólo hasta el nivel óptimo sin sobrepasar este, es decir, se contrasta con lo dicho por Spence, que la prestación de la calidad del servicio que ofrece un monopolista sin regulación fijará un nivel de calidad diferente al óptimo deseado socialmente (Spence, 1975, p. 428).

El monopolio decide producir, elige el nivel de calidad de acuerdo a las preferencias del consumidor dispuesto marginalmente a consumir, mientras que el nivel socialmente deseado u óptimo de proveer la calidad refleje la valoración media de diversos consumidores (Dammert, García, et al., 2013, p. 288).

Bollen (2000) explica que no hay consenso para definir el concepto de calidad de la energía. La principal objeción contra el uso del término es porque la calidad no es una cantidad física como la energía. En el IEEE el término calidad de energía ha adquirido ya cierto estado oficial (Comité de Coordinación de Estándares): "Calidad de Energía". Sin embargo, la organización de normas internacionales de ingeniería eléctrica (IEE) todavía no utiliza el término calidad de energía en ninguno de sus documentos estándar. En su lugar, utiliza el término compatibilidad electromagnética, que no es lo mismo que calidad de

energía, habiendo una fuerte superposición entre los dos términos (Bollen, 2000, pp. 4-5).

Bollen (2000) conceptualiza a la calidad como un grupo de parámetros que precisan propiedades de la fuente de alimentación suministrada al usuario bajo condiciones de funcionamiento consideradas normales en términos de continuidad del suministro, así como por sus características de la onda de tensión eléctrica (simetría, frecuencia, magnitud y forma de onda).

5.1. Interrupciones eléctricas

Bollen (2000) define las interrupciones eléctricas prolongadas en forma específica como un evento de la calidad en el cual el voltaje de suministro o conexión del cliente o equipo terminal, sufre una caída a cero y no se repone esta automáticamente. La definición de la IEC hace mención que la mínima duración de una interrupción prolongada es de 3 minutos, ya que una interrupción con una duración de menos de 3 minutos se llama interrupción corta. En el estándar Std.1159 (IEEE), el término interrupción sostenida es utilizado para interrupciones perdurables menores a 3 segundos o menores a 2 minutos, establecido este segundo caso en el estándar Std.1250 (IEEE).

Las interrupciones prolongadas son interrupciones de acción manual y las interrupciones cortas son automáticas ya que se producen por la acción de un recloser o un interruptor automático. (Bollen, 2000, p. 35).

La naturaleza de las interrupciones eléctricas se presenta cuando hay una:

- a) **Falla:** cuando un dispositivo del sistema eléctrico o en general el sistema no opera. Se vincula con fallas en el sistema de protecciones o en el transformador e incluso en la misma red eléctrica de distribución.
- b) **Corte:** se puede producir por el cambio o movimiento de un componente primario del sistema. Existe una diferencia entre un corte forzado y un corte programado; el forzado se debe a una falla y el programado es típico cuando se realiza el mantenimiento en la red o el sistema.
- c) **Interrupción:** es la situación en la cual el cliente no está provisto con la electricidad debido a uno o más cortes en la distribución. En la evaluación de la confiabilidad, la interrupción se usa como consecuencia de un corte o una situación de voltaje cero (Bollen, 2000, pág. 36).

Las interrupciones eléctricas pueden producirse por otras empresas eléctricas, por terceros o por fenómenos naturales.

5.2. Calidad de suministro eléctrico

Un suministro es un punto de consumo de energía eléctrica, sea comercial, industrial o doméstico. El concesionario debe garantizar confiabilidad y continuidad en el suministro.

La calidad del suministro se relaciona con las interrupciones que se producen en el sistema eléctrico. En general las interrupciones se cuentan sobre los tres minutos, aunque existen otros países donde cuentan desde el primer minuto.

Las interrupciones surgen en cualquier parte del sistema eléctrico, sea en la generación, transmisión o distribución. Estudios empíricos muestran que

el principal problema se presenta en la distribución entre un 80% a 95% de las interrupciones (Rivier Abbad, 1999, p. 32).

El impacto en las inversiones que se realizan para la calidad de suministro, dependen del tamaño de la infraestructura y se requieren montos agregados significativos en la distribución. La vulnerabilidad es mayor en las redes eléctricas de distribución, debido a los sistemas de protección que se requieren, comparada a las redes de transporte y a las plantas generadoras.

5.2.1. Índices de calidad del servicio

Los índices de calidad del suministro eléctrico proporcionan señales económicas con respecto a la cantidad comercializada de energía así como cuantifican la continuidad del servicio. Esta información es útil para las empresas comercializadoras y distribuidoras de energía, ya que les sirve de referencia para realizar sus inversiones y maximizar sus utilidades tomando en cuenta los costos en que incurren para operar y mantener su infraestructura eléctrica, especialmente en sus redes. También utilizan estos indicadores, para calcular y realizar pagos por compensaciones, efectuar inversiones minimizando pérdidas evitando de esta manera posibles pagos de multas por las deficiencias generadas en la calidad del servicio por suministro; asimismo son considerados indicadores de desempeño que reflejan el funcionamiento de la infraestructura de los sistemas eléctricos.

El siguiente gráfico presenta aspectos de la calidad del suministro (interrupciones) tales como; regulación y supervisión, clientes, empresas distribuidoras, y clientes libres no regulados.



Elaboración Propia: Aspectos relacionados a la Calidad del Suministro.

Rivier Abbad (1999) señala que los indicadores deben ser sencillos, fiables y auditables; pudiendo ser estos de sistema e individuales.

a) Indicadores de sistema.

El indicador de sistema tiene la ventaja de mostrar la calidad suministrada en forma compacta y asimilable al regulador desde la perspectiva del sistema.

La desventaja es que son medidos con la media de indicadores individuales, pudiendo esconder grupos de suministros con niveles muy inferiores a su media, inacceptables de ser explícitos.

La continuidad del servicio del suministro tiene por característica medir su duración del tiempo y el número de veces que se repiten las interrupciones.

b) Indicadores individuales.

El indicador individual ofrece un nivel de calidad concreto a cada suministro, ofrece una ventaja ya que esta calidad no se distribuye al sistema sino en forma individual, el cliente percibe y paga por su servicio y no con una calidad media como los demás clientes.

La principal desventaja de este indicador es que se requiere mayor infraestructura y medios para realizar las mediciones y cálculos.

En general, los indicadores individuales describen las características ofrecidas al suministro, no se aumentan características ni cálculos medios y se hallan por medio de datos individuales. En la continuidad del servicio estos indicadores señalan las interrupciones del suministro así como la sumatoria de la duración de estos.

5.2.2. Indicadores de interrupción

El propósito de la “Guía IEEE para Índices de Confiabilidad en Distribución” (IEEE, 2012) es mostrar un grupo de términos y definiciones para uniformizar los indicadores de confiabilidad, identificar los factores que los afectan y ayudar en las prácticas para generar presentaciones de informes entre empresas distribuidoras; y también orientar y brindar al personal del área de confiabilidad elementos que les permitan hacer similitudes internas y externas.

a) Índice SAIFI

El Indicador de Frecuencia Media de Interrupción del Sistema, señala con qué frecuencia el cliente experimenta una interrupción sostenida media en un período de tiempo predefinido (IEEE, 2012, p. 3.2.1). En forma matemática este se representa así:

$$\text{SAIFI} = \frac{\Sigma (\text{Número Total de Suministros Interrumpidos})}{\text{Número Total de Suministros Servidos}}$$

Debe tenerse en cuenta que un cliente es un suministro.

Luego, para calcular el indicador se puede usar la siguiente ecuación:

$$\text{SAIFI} = \frac{\Sigma N_i}{N_T} = \frac{CI}{N_T}$$

Donde:

N_i = Número de suministros interrumpidos por cada evento de interrupción sostenida durante el período de reporte.

N_T = Número total de suministros servidos para el área.

CI = Clientes interrumpidos.

b) Índice SAIDI

El Indicador de Duración Media de Interrupción del Sistema, muestra el tiempo total medio de duración de interrupción que sufre el cliente durante un intervalo de tiempo predefinido. Comúnmente se mide en minutos u horas de interrupción (IEEE, 2012, p. 3.2.2). En forma matemática es:

$$\text{SAIDI} = \frac{\Sigma \text{Minutos de Interrupción del Suministro}}{\text{Número Total de Suministros Servidos}}$$

Para calcular el indicador, veamos la siguiente ecuación:

$$SAIDI = \frac{\sum r_i N_i}{N_T} = \frac{CMI}{N_T}$$

Donde:

- r_i = Tiempo de restauración por cada evento de interrupción.
- N_i = Número de suministros interrumpidos por cada evento de interrupción sostenida en el período de reporte.
- N_T = Número total de suministros o clientes servidos en el área.
- CMI = Suministros o Clientes interrumpidos.

6. Cuestiones sobre el nivel óptimo de calidad

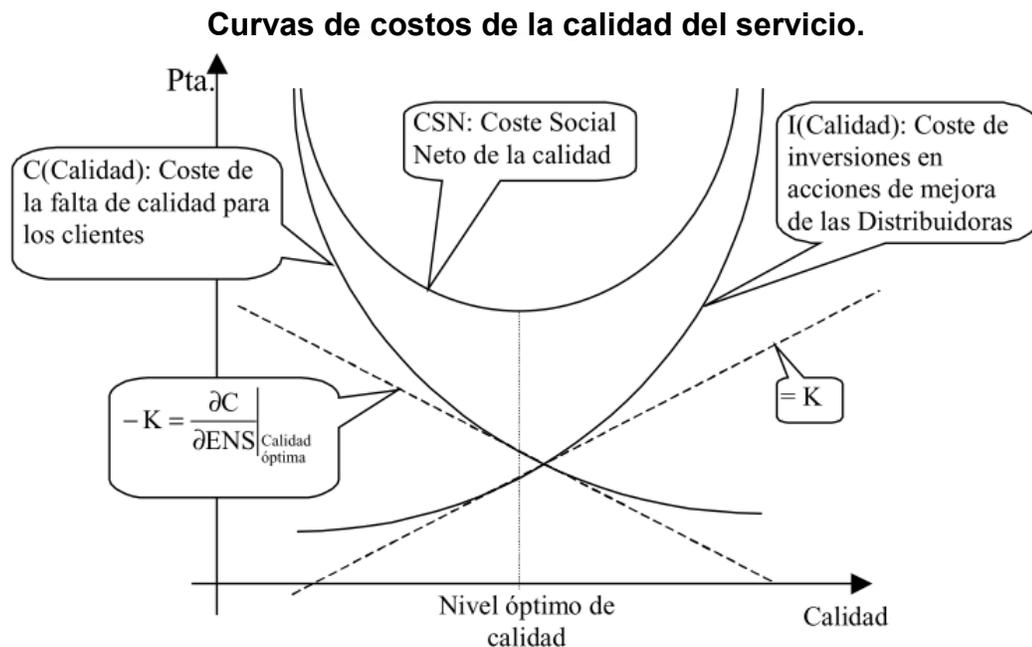
Al regular la calidad se toma en cuenta un conjunto de aspectos como el costo asociado a la calidad del suministro. Entre estos, se debe considerar dos de ellos; primero, el costo para las inversiones y los costos destinados a la operación para alcanzar un cierto nivel de calidad; segundo, el costo que involucra a los consumidores por el deterioro de la calidad. En el servicio eléctrico la calidad es inherente y una parte significativa es el costo del suministro por energía. Este costo se traspa y distribuye en el precio o tarifa para mejorar la calidad considerando que en los mecanismos para asignar los costos habituales, la tarifa del consumidor no refleja en forma directa los costos supuestos para proveerla (Rivier, Úbeda, Gómez, & De la Fuente, 1999, p. 1).

6.1. Costo de la calidad del servicio y su nivel óptimo

Para maximizar el beneficio social neto alcanzado en el mercado bajo regulación, se requiere hallar el costo de proveer y su función de utilidad.

En relación a la calidad del suministro, se tiene que fijar el costo a los

proveedores por prestar el servicio con un cierto nivel establecido (costo de inversiones de las acciones para mejora de las distribuidoras) conocida como $I(\text{Calidad})$, y por el otro lado, el costo de los consumidores de ser provistos con un determinado deterioro de calidad o costo de falta de calidad para los clientes, denominada $C(\text{Calidad})$ (Rivier, Úbeda, Gómez, & De la Fuente, 1999, p. 2).



Fuente: Rivier Abbad, et al; 1999, p. 3.

En el gráfico anterior, se muestra dos curvas de costos, $I(\text{Calidad})$ y $C(\text{Calidad})$. El óptimo deseado de las dos curvas de costos asociadas (sumadas) se denomina Costo Social Neto de la calidad (CSN), esta debería ubicarse en el punto mínimo. El punto óptimo está ubicado en el punto donde la pendiente de cada una de las dos curvas de costos es igual, por ello, el costo marginal de los proveedores para mejorar la calidad será igual al beneficio marginal alcanzado por los consumidores debido al

incremento de la calidad. Si el grado de calidad está debajo del óptimo, el coeficiente de K (pendiente) de los costos, es superior al costo marginal y menor al beneficio marginal, lo cual incrementa la calidad del servicio (Rivier, Úbeda, Gómez, & De la Fuente, 1999, pp. 2-3).

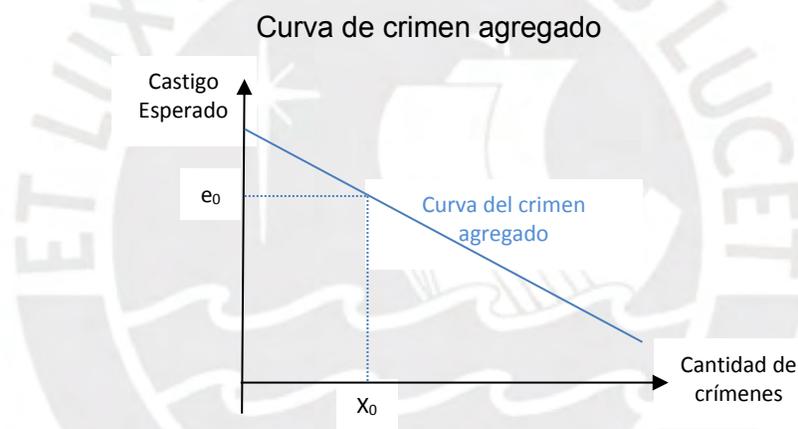
7. Las compensaciones y el modelo racional del crimen

Previamente a la comisión de un delito las personas evalúan los costos y beneficio de su conducta delictiva; existe un fundamento económico que le permite decidir si cumple o no con las normas establecidas. Por ello, las infracciones, delitos u otras formas de incumplimiento a las normas son respuesta a los incentivos económicos donde un acto ilegal genera mayores beneficios económicos que están relacionados con sus costos y por tanto a la forma como deben ser estos compensados. Las compensaciones son resarcimiento que se dan debido al comportamiento ilícito de los agentes, considerando el crimen, robo, delitos o faltas contra el patrimonio y la vida.

Stigler (1970), hace mención que existe una falta de incentivos para que los agentes económicos cumplan con la normativa establecida ya que estas se benefician por incumplirlas, sin considerar los daños y perjuicios que provocan sus actos ilícitos (Stigler, 1970, pp. 55-56).

Las razones por las cuales se presenta el comportamiento infractor de un agente económico como por ejemplo una empresa, así como su explicación de la mejor manera de combatirlos se hace referencia al modelo racional del crimen, fundamentado por Cooter y Ulen (2016). Este modelo, explica la cantidad o monto de infracción que lleva a cabo un individuo o empresa.

La ley de la demanda en un mercado competitivo nos sugiere que la cantidad demandada será menor mientras mayor es el precio, para el caso de los crímenes, se utiliza en el eje “q” cantidades de crímenes que comete la persona racional y el eje “p” el castigo esperado. En esta curva si consideramos a toda la sociedad, podemos obtener el total de crimen agregado. La curva de la demanda de los crímenes es similar a la curva de la demanda, su pendiente es negativa, por tanto se conoce como la “primera ley de disuasión”. Mediante esta curva es posible hacer predicciones sobre el comportamiento en forma agregada (Cooter, Law, & Ulen, 2016, pp. 467-469).



Elaboración propia en base a la Primera Ley de la Disuasión - Cooter y Ulen (2016)

En ese mismo sentido, si la elasticidad de la oferta de crimen es elástica, los hacedores de políticas públicas pueden hacer que se reduzca el crimen de manera significativa por medio de incrementos en el castigo esperado. En sentido contrario, si la oferta es inelástica, las variables que se consideran en un modelo económico de crimen racional son menos importantes que otras variables.

8. Empresas de propiedad privada y estatal

Iniciado el año 1990, el Perú tuvo que enfrentar la peor situación macroeconómica de su historia, periodo de hiperinflación y recesión, grandes índices de desempleo, recaudación fiscal muy baja, desequilibrio en la caja fiscal, desviaciones de precios relativos y una baja intermediación financiera. Las empresas públicas tenían la característica de ser ineficientes en brindar los servicios públicos, con una marcada intervención política, descapitalizadas y sin inversión. El gobierno toma la iniciativa de privatizar varias empresas públicas. Entre los años 1991 y 1999, como resultado de este proceso se percibieron como ingresos aproximadamente US\$ 8,900 millones (Torero, 2002, pp. 11-14).

Pollit (1995) analiza y describe problemas de eficiencia productiva en la industria eléctrica, compara la propiedad estatal a la privada. Abarca sucintamente argumentos teóricos, la evidencia empírica previa y las metodologías que podrían usarse para medir la eficiencia productiva. Presenta una cantidad considerable de nueva evidencia empírica obtenida utilizando métodos sofisticados. Sin embargo, una autocrítica, es que a pesar de los esfuerzos del autor, no hay clara evidencia empírica en la relación de propiedad y eficiencia (Pollit, 1996, pp. 105-107).

Shleifer (1998) argumenta en favor a que la propiedad privada se debe preferir a la propiedad pública cuando los incentivos de innovación y sus costos son fuertes, por ello está incentivada para innovar. La inquietud de que los privados no aborden los temas sociales se puede afrontar mediante la regulación gubernamental. La provisión privada de servicios solo se fortalece cuando hay

competencia entre oferentes, los mecanismos de reputación y la posibilidad de ser provistas por organizaciones sin fines de lucro (Shleifer, 1998, pp. 147-148).

Perotti (2004) recomienda que la función de gobierno de la propiedad estatal sobre los activos del estado, se debe estimular para evitar la captura regulatoria y la captura del propio proceso de privatización. La debilidad institucional limita la capacidad y confiabilidad regulatoria. Mantener el control estatal socava la capacidad institucional, por lo que la balanza debería inclinarse hacia un control estatal menos directo (Perotti, 2004, p. 1).

La evidencia empírica y los puntos de vista de Pollit, Shleifer y Perotti nos muestran que es preferible que la propiedad y la gestión de las empresas deberían estar a cargo del sector privado. Sin embargo, en nuestro sistema eléctrico de distribución coexisten empresas de propiedad privada y pública. El siguiente cuadro muestra la clasificación por tipo de propiedad.

Clasificación de las Empresas de Distribución por tipo de propiedad

Nombre	Empresa	Gestión	Grupo	Propiedad	Sector que atiende			Sector que atiende		
					---	STD2	---	STD4	---	---
Edecañete	1	PRIVADA	Grupo1	0	---	STD2	---	STD4	---	---
Edelnor	2	PRIVADA	Grupo1	0	STD1	---	STD3	STD4	STD5	STD6
Electro Dunas	3	PRIVADA	Grupo1	0	---	STD2	STD3	STD4	STD5	STD6
Electro Oriente	4	PUBLICA	Grupo3	1	---	STD2	STD3	STD4	STD5	STD6
Electro Puno	5	PUBLICA	Grupo3	1	---	STD2	STD3	STD4	STD5	STD6
Electro Sur Este	6	PUBLICA	Grupo3	1	---	STD2	STD3	STD4	STD5	STD6
Electro Ucayali	7	PUBLICA	Grupo3	1	---	STD2	STD3	---	---	---
Electrocentro	8	PUBLICA	Grupo2	1	---	STD2	STD3	STD4	STD5	STD6
Electronoroeste	9	PUBLICA	Grupo2	1	---	STD2	STD3	STD4	STD5	STD6
Electronorte	10	PUBLICA	Grupo2	1	---	STD2	STD3	STD4	STD5	STD6
Electrosur	11	PUBLICA	Grupo3	1	---	STD2	STD3	STD4	STD5	---
Emsemsa	12	PUBLICA	Grupo3	1	---	---	STD3	---	---	---
Emseusa	13	PUBLICA	Grupo3	1	---	---	STD3	---	---	---
Hidrandina	14	PUBLICA	Grupo2	1	---	STD2	STD3	STD4	STD5	STD6
Luz del Sur	15	PRIVADA	Grupo1	0	STD1	STD2	---	STD4	---	---
Seal	16	PUBLICA	Grupo3	1	---	STD2	STD3	STD4	STD5	STD6

Elaboración propia en base a datos de la GART-OSINERGMIN.

CAPÍTULO II

EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICO PERUANO

Este capítulo presenta la reforma del sistema eléctrico peruano y el sistema de distribución eléctrico nacional. El sistema tarifario en distribución eléctrica se detalla con sus componentes del VAD, cálculo del VAD, sectores típicos de distribución eléctrica (STD), cálculo de la TIR por grupo y validación, evolución del VAD en MT por STD. Asimismo, se describe el problema de la calidad por interrupciones en distribución en media tensión, se muestra la evidencia empírica de las interrupciones en distribución en MT en el Perú, las compensaciones por mala calidad del suministro y finalmente se describe la supervisión y fiscalización de la calidad.

1. Reforma del sistema eléctrico peruano

El mercado de energía peruano antes de los años 80 era una estructura monopólica única de propiedad estatal, verticalmente integrada, con características técnicas de déficit en capacidad, baja cobertura con índices de electrificación urbana y rural muy bajos, falta de inversiones en infraestructura eléctrica, permanentes restricciones en el servicio con baja confiabilidad y mala calidad en su servicio. Por decisión política del gobierno, en los 90's se decide cambiar el modelo económico de libre mercado, se reestructura el mercado de energía desintegrando sus actividades en generación, transmisión, distribución y comercialización. Esta decisión, originó la liberalización donde sea posible, surtiendo efecto en la generación. Este cambio hizo posible que se abandonara la política de control de precios, para dar paso a las iniciativas privadas de inversión y promoción de la inversión, mediante mecanismos de concesiones y privatizaciones como política pública, lo cual obligó a crear instituciones reguladoras para las actividades integradas, primero como una comisión y luego como un regulador, supervisor y fiscalizador.

2. El sistema de distribución eléctrico nacional

La operación del sistema eléctrico peruano se explica a partir del diseño del mercado eléctrico y sus diferentes relaciones entre los participantes, empresas generadoras, concesionarios transmisores, distribuidoras y el comité operador del sistema. El sistema del país opera regulada bajo la Ley de Concesiones Eléctricas así como la ley que perfecciona su actividad, Ley Para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica. En este mercado donde se

presentan disyuntivas entre eficiencia y equidad, para compensar esas ineficiencias se utilizan mecanismos de subsidios que sirve para ayudar a consumidores con bajos ingresos, denominado Fondo de Compensación Social Eléctrica (FOSE), así como también la promoción de inversiones en generación por medio de energías renovables.

La infraestructura eléctrica, tiene características particulares para su operación ya que la energía que se produce no se puede almacenar y se produce exactamente en el momento en que se demanda, siguiendo una secuencia de la generación hacia la transmisión y finalmente a la distribución en los centros de consumo, sean estas en alta (AT), media (MT) o baja tensión (BT), con sus correspondientes niveles de tensión eléctrica, detalladas en el Código Nacional de Electricidad. Los clientes consumidores pueden ser libres (mercado mayorista), donde se realizan las transacciones entre generadores y distribuidores; y los usuarios finales regulados, atendidos por el operador suministrador que brinda la distribución eléctrica. Asimismo, el COES-SINAC cumple la función de realizar el despacho económico, coordinando con los productores, considerando sus costos variables, para que puedan satisfacer la demanda de los clientes a cada momento.

3. El Sistema tarifario en distribución eléctrica

Las empresas distribuidoras de energía eléctrica peruanas, se consideran monopolios naturales sean privadas o públicas. Es más eficiente o socialmente beneficioso que sólo una provea el servicio a los clientes regulados en una determinada zona geográfica o zona de concesión, ya que más operadores

duplicarían los costos fijos como por ejemplo las redes de distribución eléctrica. En el Perú la fijación tarifaria en distribución eléctrica es regulada y la tarifa se denomina VAD (Valor Agregado de Distribución) la cual se determina para un intervalo de 4 años. Los componentes del VAD para las tarifas se calculan tomando en cuenta los costos asociados al consumidor, separado de su consumo y pérdidas estándar (energía y potencia), y los COyM estándar por cada unidad de potencia suministrada (Dammert Lira et al., 2013, p.173).

3.1. Componentes del VAD

El VAD está compuesto por:

- a) Costos asociados al consumidor separados del consumo (energía o potencia).
- b) Pérdidas estándar en distribución (energía y potencia) consideradas propias del sistema eléctrico, debido a que los comercializadores compran energía y potencia a los generadores, parte de estas se van perdiendo a lo largo de las líneas y redes eléctricas antes de llegar a ser consumidas. Estas pérdidas eléctricas son estándares y sólo se hace reconocimiento de las pérdidas producidas en forma eficiente (pérdidas llamadas técnicas) y no las pérdidas por robos.
- c) Costos estándares de inversión y explotación (OyM), el regulador sólo reconoce las inversiones eficientes y los COyM, gestión comercial y de administración eficientes; referidas porcentualmente a los costos de inversión que reconoce el regulador.

Los costos estándares de OyM se valorizan en forma separada de acuerdo al nivel de tensión, resultando el VAD-Media Tensión (VAD_{MT}) y el VAD-Baja Tensión (VAD_{BT}) (Dammert Lira et al., 2013, p.174).

3.2. Cálculo del VAD

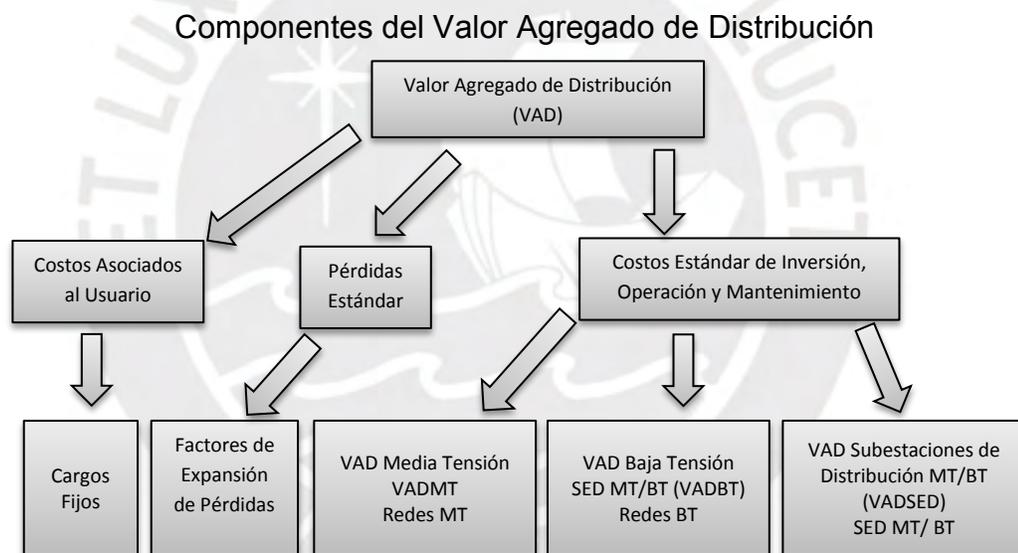
Para el cálculo del VAD, el regulador utiliza el esquema regulatorio Empresa Modelo Eficiente (EME), donde determina las tarifas en función a los costos eficientes referidos a una empresa referente ficticia. Se considera el costo total anual asociado al usuario, lo que asemeja al valor de la anualidad del VNR ($aVNR$) de la EME o económicamente adaptada, así como todos los costos de explotación (CE). Asimismo se consideran todos los costos estándares, tales como OyM, administración y comercialización.

El artículo 76 de la Ley de Concesiones Eléctricas (LCE) define el VNR como los costos que permitan transformar las obras y los bienes físicos fijados al mismo fin con tecnología y valores de precios actuales, considerando asimismo gastos financieros en todo el periodo de ejecución, hallados con una tasa de interés no mayor a la fijada (artículo 79, LCE). Igualmente, considerando gastos y compensaciones por la fijación de servidumbre usadas y egresos por temas de estudios y supervisión.

El VAD está compuesto por los siguientes costos (Osinermin, 2017):

- a) Costo vinculado al usuario o cargo fijo. Son todos los pagos tomados en cuenta para el medidor los cuales se registran en la factura que incluyen el procesamiento, reparto y cobranza).

- b) Anualidad referida al VNR (aVNR). Son los costos que se realizan para reemplazar los bienes físicos y obras requeridas en la infraestructura eléctrica de distribución tomando en cuenta precios y tecnologías recientes.
- c) Costos estándares por operación y mantenimiento. Son todas las inversiones y los costos de explotación efectuados de forma conjunta con eficiencia tomadas en consideración por el regulador.
- d) Pérdida estándar (energía y potencia). Cuando se operan redes u otras situaciones, se originan pérdidas como consecuencia de la resistencia eléctrica de los conductores.



Fuente: Elaboración propia basada en la LCE, (Osinermin, 2017).

3.3. Sectores típicos de distribución eléctrica (STD)

Las instalaciones propias de cada concesionario de distribución se consideran sectores típicos, los cuales son definidos por el concedente de la concesión (MINEM) bajo supervisión de OSINERGMIN. Estas infraestructuras poseen iguales características técnicas por su ubicación o

disposición de su carga eléctrica y se relacionan con los costos de OyM (Dammert, Mollinelli, et al., 2013, pp.305-306).

La economía de densidad como un incremento dado por los costos en proporción conforme se aumente la producción, bajo la condición como factor fijo mantener el tamaño de red constante. Para la distribución, el tamaño de la infraestructura se mantiene constante, existiendo economía de densidad (Caves, Christensen, & Tretheway, 1984).

La densidad eléctrica es un aspecto importante ya que a partir de este criterio se reducen los costos medios y entonces se da conforme aumente la producción, en contraste la economía de densidad denota que cuando disminuye el costo medio se da conforme se incremente la densidad, como en distribución se aprovecha de mejor manera la red o su capacidad instalada. Cuando se presenta alta densidad de suministros totales, su costo medio o unitario por cliente de prestar el servicio es comparativamente baja, repartiéndose el costo total de la red entre más consumidores, y de modo similar, con un valor bajo de densidad por consumidores, el costo medio se eleva dado que el costo global ejecutado se divide entre todos los consumidores finales. Este concepto no está solamente asociado a su proximidad, sino también a niveles de consumo eléctrico unitario (Dammert, Molinelli, & Carbajal, 2011, p.178).

La red eléctrica de distribución puede estar ubicada en el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) o fuera de él como un sistema aislado (SSAA), conectados a una barra eléctrica. El sistema de distribución tiene

una particularidad por sus características propias de consumo, están clasificados por sectores típicos y establecidos por periodos tarifarios. El último fue dado para el periodo 2013-2017 (Osinermin, 2012, pp.1-2).

Sector de Distribución Típico (SDT)	Ubicación Geográfica
STD1	Urbano de alta densidad.
STD2	Urbano de media densidad.
STD3	Urbano de baja densidad.
STD4	Urbano rural.
STD5	Rural de media densidad.
STD6	Rural de baja densidad.
STD Sistemas Eléctricos Rurales (SER)	SER calificados según la LGER
STD Especial	Coelvisac (Villacurí).

Fuente: Fijación Tarifaria del VAD y Cargos Fijos 2013 - 2017, Resolución Directoral N° 154-2012 EM/DGE.

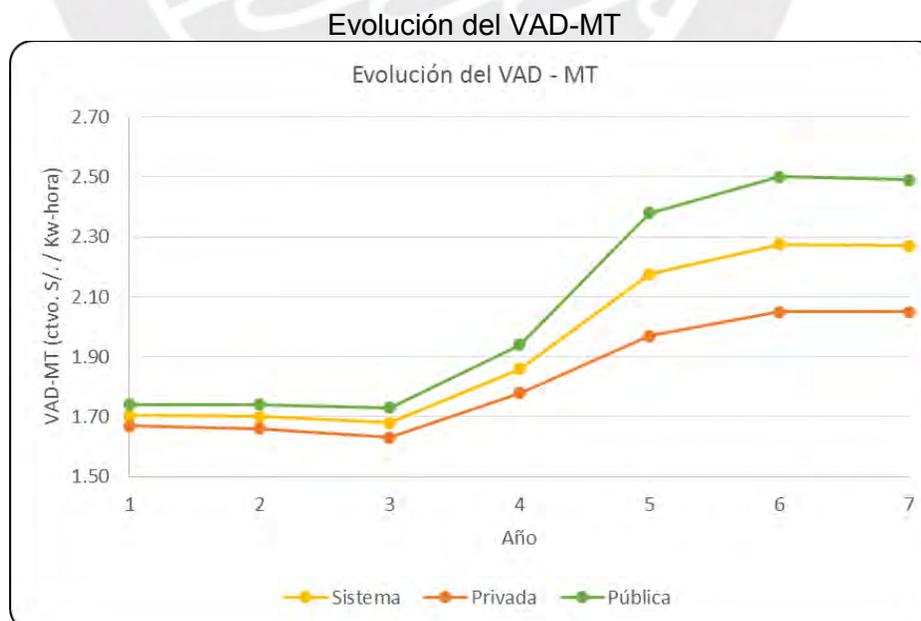
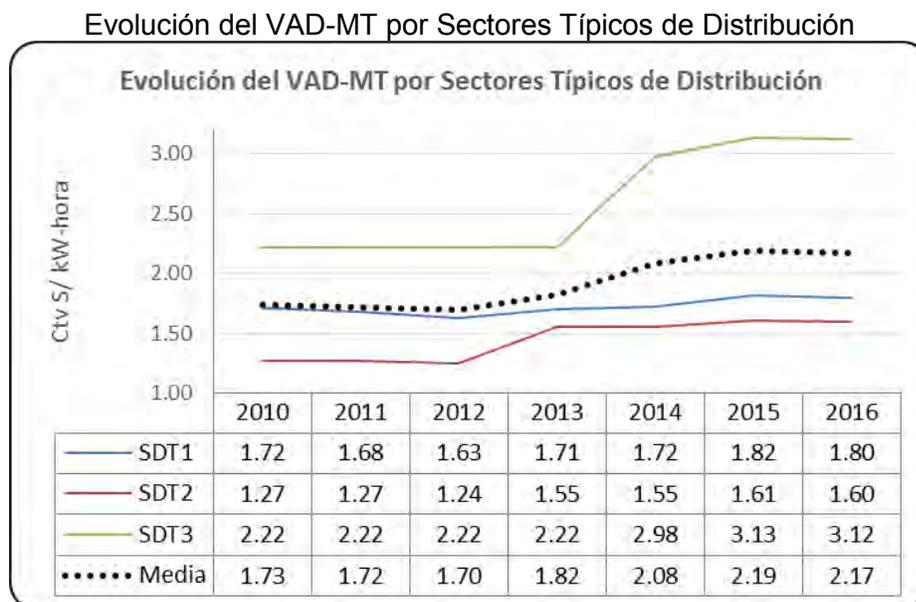
3.4. Cálculo de la TIR por grupo y validación

Para hallar la Tasa Interna de Retorno, este se realiza por grupo utilizando para ello: (i) ingresos del VAD propuesto, (ii) COyM del ejercicio inmediato anterior y (iii) el VNR para cada empresa con un factor residual cero. La validación se compara entre 8% y 16%, de otro modo se ajusta en proporción hasta alcanzar el límite más próximo.

Las tarifas de distribución se establecen mediante el criterio del costo medio de forma eficiente o económico adaptado, haciendo que sea el instrumento que genere los incentivos a los concesionarios en reducir sus costos, minimizando de esta manera las dificultades sobre la capitalización que requiere el término de empresa modelo que sólo reconoce costos que son eficientes (Dammert et al., 2011, p.184).

3.5. Evolución del VAD en MT por Sectores Típicos de Distribución

Los valores del VAD-MT por sectores típicos muestran que el SDT1 se incrementó de 1.72 a 1.80. En el SDT2, se incrementó de 1.27 a 1.60 y en el SDT3, el incremento fue mayor de 2.22 a 3.12.



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la GART-OSINERGMIN

4. El problema de la calidad por interrupciones en distribución MT

El cambio estructural económico efectuado a partir del año 1992 en el Perú con otro modelo, un marco regulatorio por medio de incentivos orientado a la inversión del sector privado, con criterios regulatorios técnicos y económicos basado en concesiones eléctricas; no consideró prioritario el concepto de la calidad del servicio eléctrico. El desarrollo del país se concentró principalmente en la promoción de inversiones y un programa de privatizaciones y concesiones que sirvan de soporte a esta política. La calidad del servicio se vio deteriorada debido al crecimiento de la demanda, esto representó un reto para recuperar el tiempo que observó los requerimientos exigentes de un servicio eléctrico de calidad (Quintanilla Acosta, 2010, p.1).

Las privatizaciones dadas en diversos países de Latinoamérica, incentivo a muchos investigadores a realizar estudios sobre el comportamiento del mercado de energía eléctrica en la distribución, enfocados en precios y costos, régimen regulatorio, tipo de empresa y otros. Sin embargo, pocos estudios se realizaron centrándose en la calidad del servicio (Estache & Rossi, 2004, p.1).

Siguiendo a Inga & Méndez (2011), la asimetría de información se limitó solamente a localidades donde se aplica la NTCSE (3 millones de usuarios) quedando sin control el resto de las localidades (2 millones de usuarios); además que las empresas no reportaban el total de interrupciones registradas dentro de su concesión. La falta de señales económicas para incentivar inversiones, se observó que el MINEM no actualizó por muchos años los factores de cálculo de las compensaciones, ubicándose aproximadamente el 96%, entre 0.01 y 10.00

dólares (US\$), no siendo una señal disuasiva para que las concesionarias puedan realizar inversiones para el mejoramiento de la infraestructura eléctrica y así brindar mejor calidad, limitándose sólo a pagar compensaciones a los clientes afectados.

El problema en esta investigación es cuantificar en qué medida el valor del VAD, los pagos por compensaciones y el tipo de propiedad de la empresa supervisada influyen en la calidad del servicio eléctrico mostrado por los indicadores de calidad de suministro por interrupciones SAIDI-SAIFI del sistema de distribución eléctrico peruano en MT urbano en el período 2010 al 2016.

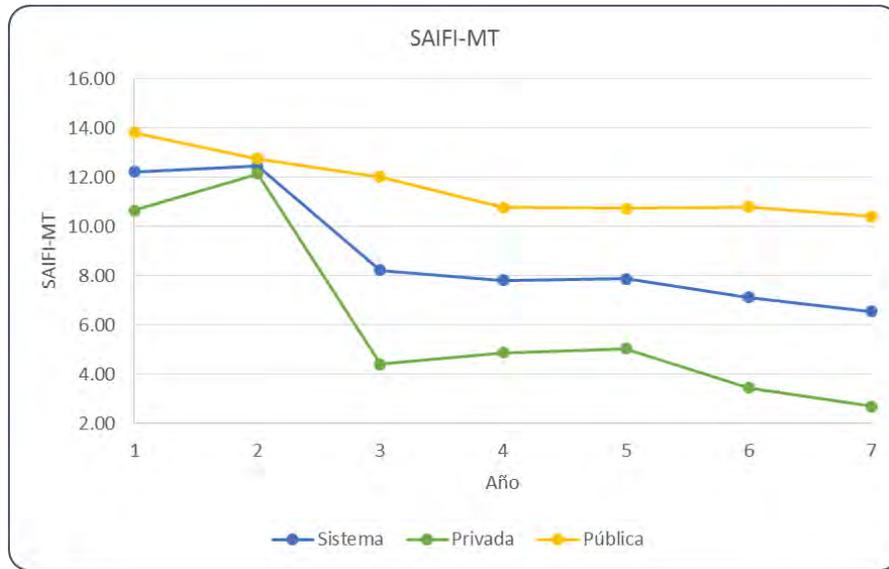
5. Evidencia empírica de las interrupciones en distribución MT

La NTCSE fue aplicable a los sectores típicos 1, 2 y 3, considera como sectores 2 y 3 a localidades con demandas que superen los 500 kW. Los sectores 4 y 5 (sectores rurales) no fueron evaluados, en conjunto representaron el 35% (Inga Llanca & Méndez Vila, 2011, p.3).

El resultado de la supervisión de la operación de los sistemas eléctricos donde se evaluó el desempeño de los servicios de distribución en MT el año 2016 incide en el 65% de la frecuencia (SAIFI) y 64% de duración (SAIDI) de todas las interrupciones fiscalizadas (OSINERGMIN, 2016, p.1).

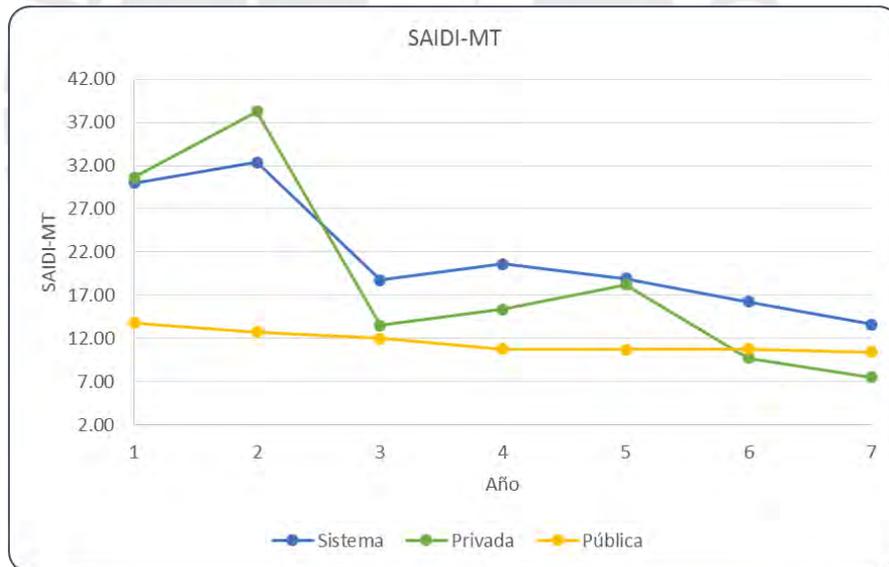
En los dos siguientes gráficos se puede observar el comportamiento de la evolución de los indicadores SAIDI-SAIFI durante los años de estudio (2010-2016), tomando en cuenta el comportamiento individual como empresas privadas y públicas, así como también como sistema eléctrico de distribución.

Evolución del SAIFI (veces / año)



Elaboración propia. Promedio de STD1, STD2 y STD3 en base a los datos de la GFE del Osinergmin

Evolución del SAIDI (horas / año)



Elaboración propia. Promedio de STD1, STD2 y STD3 en base a los datos de la GFE del Osinergmin

6. Compensaciones por mala calidad del suministro

La NTCSE en el Perú considera como interrupciones eléctricas a la falta de energía en un determinado punto del sistema. Estas pueden ser originadas por

diversas razones tales como salidas de equipos, mantenimiento, ampliaciones de red, reforzamientos, maniobras o simplemente por fallas internas o externas, las cuales han sido previamente planificadas o programadas. Cuando se programa, no se toman en cuenta como interrupciones, dado que no provocan daños a los consumidores. Cuando la duración de la interrupción es menor a tres minutos o por razones de fuerza mayor comprobadas y supervisadas, estas no se consideran interrupciones (Ministerio de Energía y Minas, 1997, p.28).

Los proveedores del suministro están obligados a resarcir económicamente a sus consumidores cuando el regulador compruebe que la calidad establecida no se cumpla. La empresa tiene que abonar montos económicos de compensación por la mala calidad, llevando su control y calculo en forma semestral.

6.1. Cálculo de las compensaciones por mala calidad

El cálculo de las compensaciones se halla en función a la energía no suministrada, multiplicada por la cantidad de interrupciones y por el tiempo total de duración. Por otro lado, cuando estas interrupciones son provocadas por el sistema de protección, o por una disposición del comité de operación, por mínima tensión o frecuencia, estas compensaciones se determinan por red o por alimentador (Ministerio de Energía y Minas, 1997, pp.29-36).

Compensaciones por interrupciones = e x E x ENS

Donde:

e : compensación unitaria por incumplimiento = 0.35US\$ / kW-h

E : ponderador de magnitud de indicadores de calidad de suministro. Así:

$E = [1 + (N - N') / N' + (D - D') / D']$ N y D son los indicadores de calidad.

Para interrupciones no programadas superiores a 34 horas continuas el ponderador que se usará:

$$E = [1 + (N - N') / N' + (24 - D') / D' + 1/3 \times (D - D') / D']$$

Nota: Los símbolos con apostrofe representan los límites de las tolerancias.

ENS : Energía Teóricamente No Suministrada.

ENS : $ERS / (NHS - \sum d_i) \times D$ en kW-h

ERS : Energía registrada en el semestre.

NSH : Número de horas del semestre.

$\sum d_i$: Duración total real de las interrupciones ocurridas en el semestre.

El regulador desde el 2008, fijó las tolerancias para los indicadores de desempeño esperado (DE) para MT, fijados en el Anexo 13, por sector típico en forma anual (Resolución Consejo Directivo No 590-2007-OS/CD, 2007).

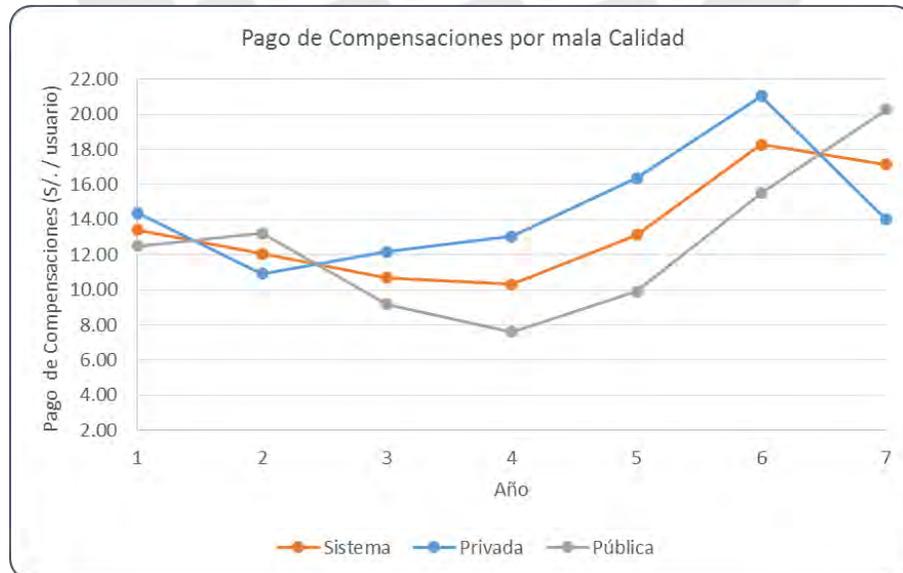
SAIFI	AÑO						
SDT	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
SDT1	3	3	3	3	3	3	3
SDT2	7	5	5	5	5	5	5
SDT3	9	7	7	7	7	7	7
STD4	13	12	12	12	12	12	12
STD5	17	16	16	16	16	16	16
SDTESP	12	12	12	12	12	12	12

SAIDI	AÑO						
SDT	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
SDT1	7	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
SDT2	13	9	9	9	9	9	9
SDT3	16	12	12	12	12	12	12
STD4	27	24	24	24	24	24	24
STD5	43	40	40	40	40	40	40
SDTESP	27	27	27	27	27	27	27

Elaboración propia

El cuadro siguiente muestra la evolución de los pagos promedio por compensaciones por mala calidad en el sector urbano efectuadas por empresas privadas y públicas, también como sistema.

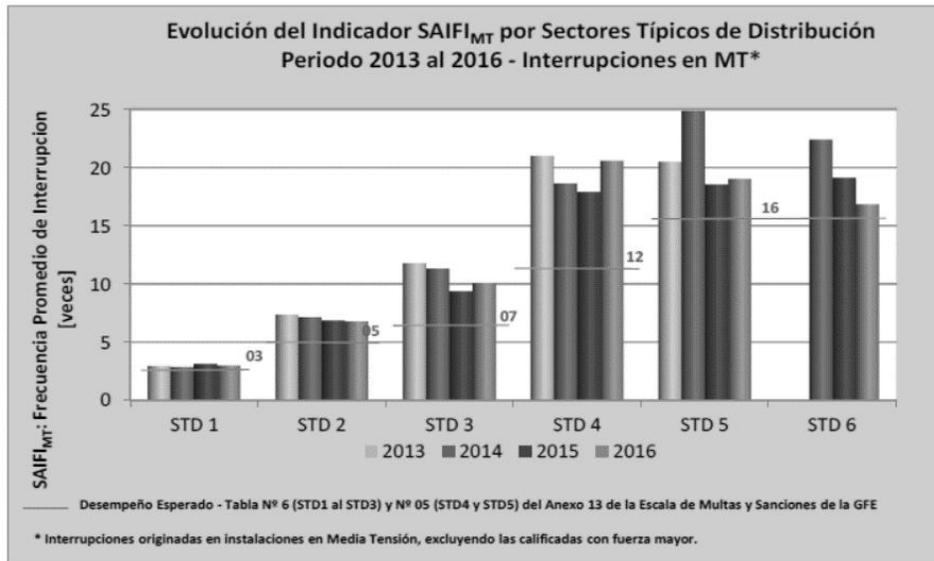
Pago de Compensaciones por mala calidad – Sector Urbano



Elaboración propia en base a los datos de la GFE del Osinergmin.

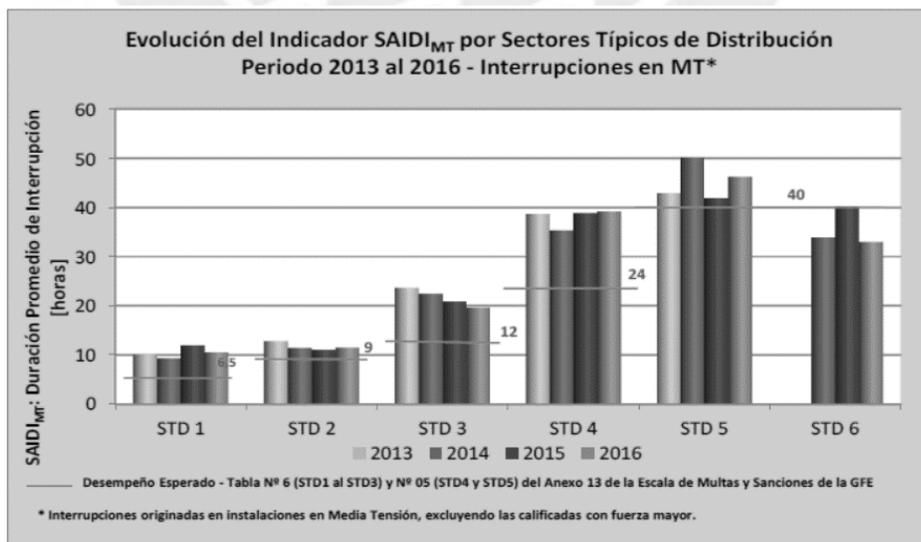
Los dos gráficos siguientes muestran el comportamiento de los índices SAIDI-SAIFI en MT con respecto a las tolerancias permitidas por sector típico, durante los años 2013-2016, excluyendo toda interrupción en generación y transmisión, y las consideradas como fuerza mayor (OSINERGMIN, 2016, p.7).

Evolución de SAIDI por STD – Interrupciones en MT



Fuente: (OSINERGMIN, 2016a, p.7)

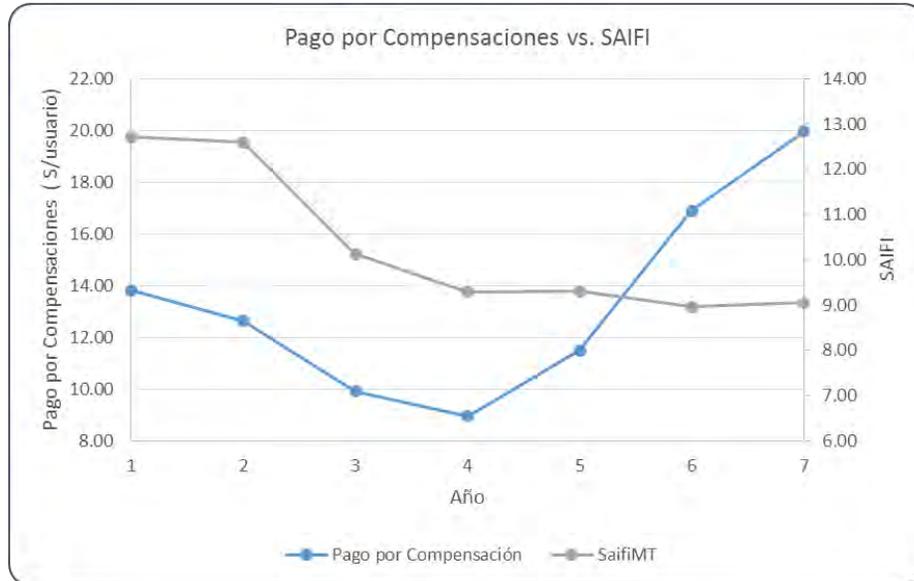
Evolución de SAIFI por STD – Interrupciones en MT



Fuente: (OSINERGMIN, 2016a, p.7)

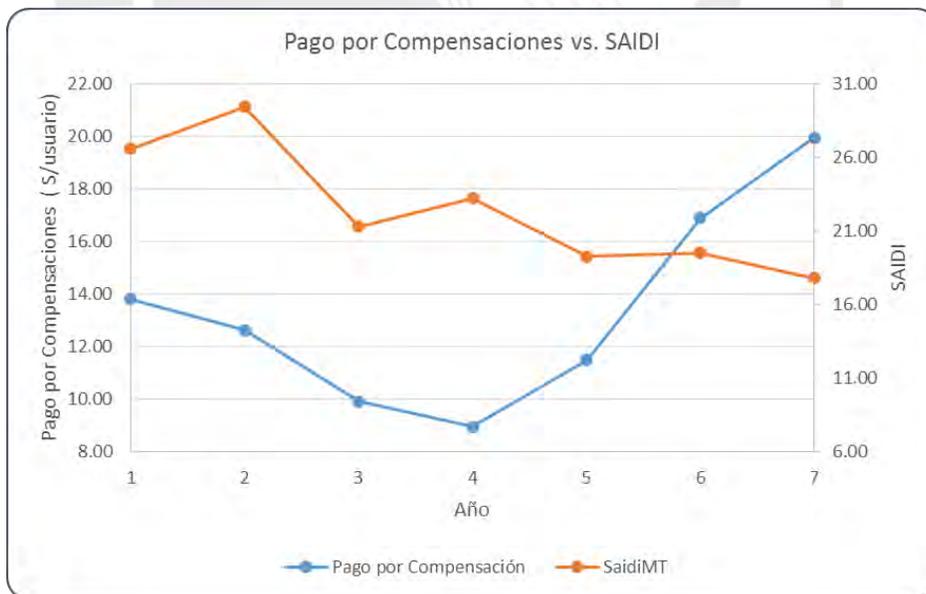
Los dos cuadros siguientes muestran la relación entre el pago por compensaciones por la mala calidad del servicio versus la calidad (SAIDI-SAIFI).

Pago por Compensaciones vs. SAIFI



Elaboración propia. Promedio de STD1, STD2 y STD3 en base a los datos de la GFE del Osinergmin

Pago por Compensaciones vs. SAIDI



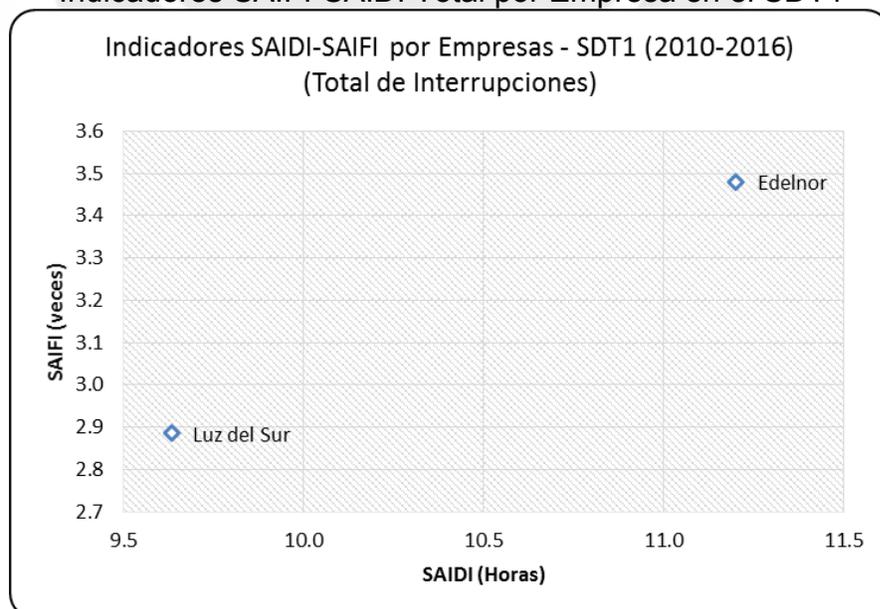
Elaboración propia. Promedio de STD1, STD2 y STD3 en base a los datos de la GFE del Osinergmin

En el cuadro anterior se observa que hasta el año 4 (2013) el pago de las compensaciones fue bajando, incrementándose en los subsiguientes hasta el

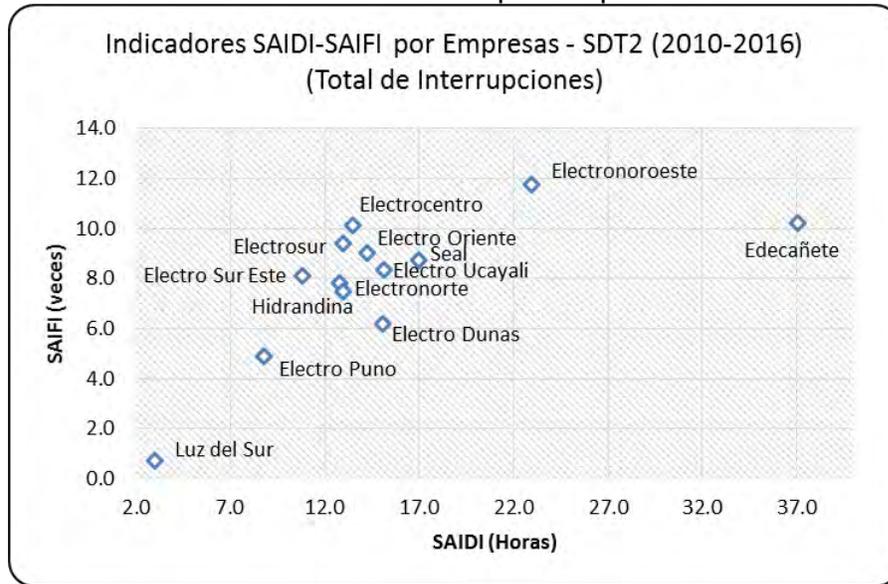
año 7 (2016), mientras que el SAIFI y el SAIDI fueron disminuyendo sostenidamente. Asimismo, puede apreciarse el comportamiento de la calidad para ambos indicadores (SAIDI-SAIFI), en el tramo 1 al 4 (2010-2014), las empresas tienen un comportamiento conforme al “modelo racional del crimen” con pendiente negativa, sin embargo en el tramo 4 al 7 (2014-2016) se incrementa sustancialmente los pagos promedio contrario al sentido económico racional mostrando en este una pendiente positiva. Esta situación motiva una condición oportunista para la empresa puesto que prefiere pagar la compensación y no asumir los altos costos de la reposición de la interrupción tanto en duración (D) y frecuencia (N), considerando además la dispersión de los usuarios en el sistema de distribución eléctrico.

Los tres cuadros siguientes muestran el desempeño de las empresas relacionadas con el total de interrupciones por sector típico. Estos nos permiten verificar el nivel de eficiencia de cada empresa por sector típico.

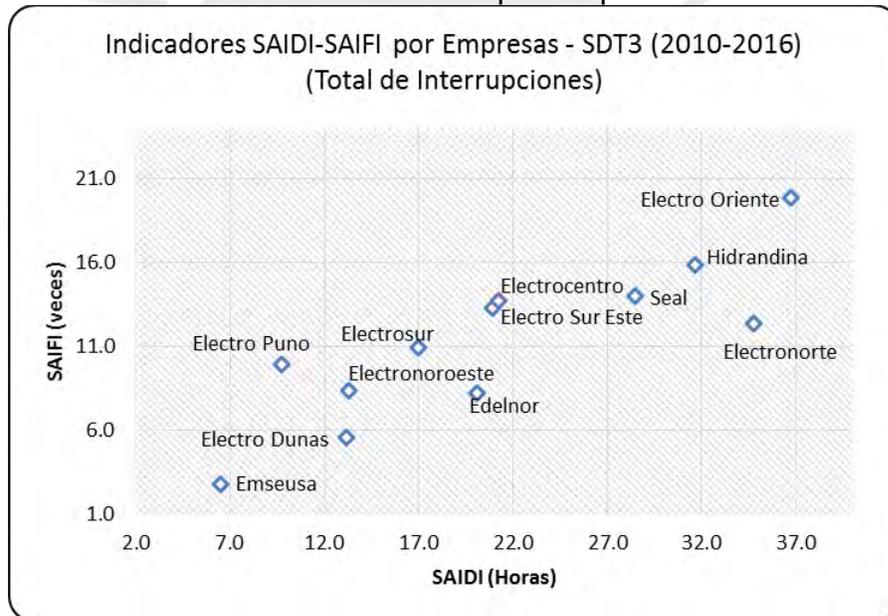
Indicadores SAIFI-SAIDI Total por Empresa en el SDT1



Indicadores SAIFI-SAIDI Total por Empresa en el SDT2



Indicadores SAIFI-SAIDI Total por Empresa en el SDT3



Elaboración propia

7. Supervisión y fiscalización de la Calidad

La calidad del suministro se relaciona con las interrupciones que se producen en el servicio eléctrico bajo dos condiciones: tiempo de afectación (D) y veces que se repite (N); así como con la energía no suministrada durante la interrupción.

La supervisión se desarrolla sujeta a la NTCSE dada por el MINEM (Ministerio de Energía y Minas, 1997, pp.28-39). Esta señala los valores mínimos requeridos de calidad técnica en los servicios prestados por la concesionaria incluyendo el alumbrado público. Esta norma describe las exigencias a los proveedores y consumidores sujetos a la LCE (OSINERGMIN, 2008).

El Procedimiento N° 686-2008-OS/CD, describe la calidad como el grupo de características, sean técnicas y comerciales, correspondientes al suministro eléctrico y en forma obligatoria para los proveedores.

La calidad tiene una combinación de particularidades técnicas y comerciales, del suministro eléctrico así como sus obligaciones de cumplimiento. En tal sentido, para alcanzar un nivel de satisfacción en el cliente, el MINEM decretó normativas para desarrollar las actividades propias del negocio eléctrico (Generadores, Transmisores, Distribuidores y Comercializadores), para asegurar a los consumidores, un suministro eléctrico; confiable, continuo, con características adecuadas y en forma oportuna. (OSINERGMIN, 2008, pp.7-10)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA APLICACIÓN, RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se desarrolla la metodología para la aplicación, resultado y análisis de la investigación analizando el estado del arte, se presenta la pregunta de investigación y la formulación de la hipótesis de la investigación. Asimismo, se describe el diseño metodológico cuantitativo con los supuestos para construir el modelo econométrico, las variables de los modelos dependientes o explicadas y variables independientes o explicativas, así como la variable dummy independiente empleada y la especificación del modelo econométrico general del estudio. Igualmente, se describe la población y el marco muestral, la observación de los datos y el análisis de los datos.

De igual forma, se efectúan las estimaciones de los parámetros de las ecuaciones para el modelo y la estadística descriptiva de las variables de estudio, describiéndose las características de los modelos de datos agrupados (Pooled), de efectos aleatorios (Random Effects) y de efectos fijos (Fixed Effects). Se realiza la prueba de Hausman para definir entre el modelo de efectos fijos versus el modelo de efectos aleatorios. Finalmente se decide por el modelo de efectos fijos con estimador LSDV. Se muestra los resultados de las estimaciones realizadas y finalmente el análisis de los resultados estimados.

1. Estado del arte

Existen enfoques recientes vinculados a la calidad acorde a las preferencias de consumidores, siendo los mecanismos más usados por las agencias reguladoras que les permite reducir la asimetría de información integrados a los esquemas de incentivos. Es necesario efectuar sistemáticamente medidas de calidad y evaluar los resultados; llegando a la conclusión que lo que es posible medir mejora, y lo que no es posible empeora (Costas, 2006, p. 1).

El impacto normativo y de fiscalización para la calidad de alumbrado público fue analizado durante los años 2002 al 2006, en forma semestral a través de un cálculo econométrico en 14 concesionarias peruanas. El resultado evaluado del año 2004, se observó que favoreció notoriamente la baja de las deficiencias establecidas consideradas típicas en el sistema de alumbrado público por la norma de un valor 11,8% a 2% a nivel de las empresas proveedoras de este servicio (Murillo, 2012, p. 140).

La influencia que muestran los distribuidores y empresas eléctricas en algunos países Latinoamericanos sobre la regulación, supervisión y propiedad, muestra que están en función y son dependientes de su nivel de calidad. La calidad lleva consigo un costo oculto debido a las privatizaciones ya que las políticas sectoriales tomadas por el Estado como parte del cambio no tomaron en cuenta este tema. Los esquemas tarifarios, la forma de fiscalización y la clase de propiedad influyen en la calidad del suministro eléctrico. El análisis del 2002 al 2007 muestra que la regulación a la calidad garantiza al inversionista un retorno

justo por sus inversiones y al consumidor la calidad mínima deseada con acceso a un suministro (Révolo, 2012. p. 59).

La NTCSE fue diseñada orientada al usuario considerando tolerancias en las interrupciones para la distribución eléctrica (media y alta tensión). Si éstas eran superadas, las concesionarias debían compensar al suministro afectado por las interrupciones eléctricas. En el resultado obtenido por las acciones de fiscalización de 1997 al 2004, se encontraron restricciones. Los indicadores no mostraban el desempeño del sistema, había asimetría informacional ya que la norma no cubría todas las zonas y se presentaron señales económicas débiles que promuevan las inversiones. El año 2005 se aprueba la normativa que mejora el esquema de control (Resolución N° 074-2004- OS/CD, 2004) donde se establece que las concesionarias reportaran toda la información complementaria sobre las interrupciones eléctricas, para que los indicadores realmente reflejen la performance de la infraestructura eléctrica y se den señales que incentiven inversiones (Inga Llanca & Méndez Vila, 2011, p. 1)

Los resultados alcanzados a partir del 2005, con una norma complementaria a la NTCSE, así como con información sobre el desempeño del sistema eléctrico con indicadores SAIDI-SAIFI facilitaron al regulador y a las empresas la toma de decisiones adoptando acciones de mejora en la calidad. La asimetría informacional se superó, lo cual se reflejó en la disminución de interrupciones de 12% (2005) a 2% (2010). Las señales que incentivan la inversión se incorporaron en distribuidoras de propiedad del Estado (FONAFE) con los índices de

desempeño, a través de multas el regulador disuade a las empresas a mejorar su infraestructura (Inga Llanca & Méndez Vila, 2011, p. 1).

La “endogeneidad” es un término que se emplea en estadística y se refiere a la relación que existe entre una variable explicativa o independiente “x” y otra la cual queremos explicar “y” y está determinada por otras no tomadas en cuenta “e” y que covarían con “x”. Por esta razón, $cov(x,e) \neq 0$ (Martínez, 2016, p. 335).

La regulación por incentivos en energía y telecomunicaciones en Estados Unidos ha originado un cuestionamiento adverso sobre la calidad de la energía. Una reciente investigación relacionada a las interrupciones, realizada de 1993 a 1999, estudió varias empresas distribuidoras regidas por la regulación por incentivos. Bajo el supuesto de existencia de “endogeneidad” por la regulación por incentivos, la data adquirida y su modelo muestran que la regulación por incentivos está asociada con cortes de suministro mayor, sin que sean más frecuentes. Se examinó también la causalidad en la regulación tarifaria por incentivos, costos y calidad del suministro. Los investigadores concluyeron en que el diseño de estándares de calidad ha permitido que la regulación por incentivos logre disminuir costos sin tener que degradar la calidad (Ter-Martirosyan & Kwoka, 2010, p. 1).

2. Pregunta de investigación

¿En qué medida influyen el Valor Agregado de Distribución, el pago por compensaciones y el tipo de propiedad de la empresa regulada sobre la calidad del servicio de suministro por interrupciones en el sistema de distribución eléctrica en media tensión del sector urbano durante los años 2010 al 2016?

3. Hipótesis General

“El Valor Agregado de Distribución, el pago por compensaciones y el tipo de propiedad de la empresa regulada influyen en la mejora de la calidad del servicio de suministro por interrupciones en el sistema de distribución eléctrica urbano en Media Tensión”.

4. Diseño metodológico

La metodología empleada en este estudio es cuantitativa, por tal motivo se recolectó datos empíricos relevantes de los sistemas urbanos de distribución en media tensión en base a mediciones numéricas y análisis estadístico. El resultado obtenido después de las estimaciones econométricas servirá para establecer patrones de comportamiento y probar la teoría económica de la calidad del servicio del suministro eléctrico.

La calidad del suministro eléctrico se cuantifica numéricamente y se representa por dos índices bajo un estándar, el indicador de tiempo de duración media de las interrupciones eléctricas en el sistema (SAIDI) y el indicador de la frecuencia de duración promedio de interrupciones ocasionadas en el servicio del sistema (SAIFI). Ambos indicadores permiten el uso cuantitativo sin basarse en percepciones cualitativas (Burke, 1994).

5. Formulación del modelo econométrico

En la actualidad existen modelos econométricos sobre la calidad del servicio telefónico y el impacto de estos sobre la regulación y la competencia. Estos fueron desarrollados por Clements (2001) y por Ai & Sappington (1998).

La formulación del modelo econométrico en esta investigación, parte del supuesto que existe una influencia de la tarifa del usuario (VAD), de los pagos por compensación por afectación a los usuarios y por el tipo de propiedad de la empresa que presta el servicio, sobre la calidad del suministro eléctrico que recibe el usuario de energía eléctrica en media tensión.

5.1. Supuestos para construir el modelo econométrico

La evidencia empírica muestra los aspectos económicos que presenta la calidad del servicio eléctrico durante el periodo de estudio:

- i. Las características o atributos de la calidad de suministro por interrupciones las define la Norma Técnica de la Calidad de los Servicios Eléctricos y otras normas vinculadas al sector industrial eléctrico.
- ii. El Valor Agregado de Distribución en media tensión o tarifa de energía eléctrica en distribución, se establece considerando todos los costos en que incurre la empresa y se deduce que son sus ingresos económicos por este servicio.
- iii. Los pagos por compensaciones debido a la afectación de las interrupciones del servicio a los usuarios, representan medios de resarcimiento para fomentar el cumplimiento de la calidad del servicio y evitar de este modo las interrupciones en el sistema eléctrico.
- iv. El modelo de gestión empresarial está influenciada por el tipo de propiedad de la empresa prestadora del servicio, diferenciada por ser privada o pública.

5.2. Variables del modelo

El modelo econométrico se compone de la variable dependiente relacionada a la calidad por interrupciones medidas por los indicadores SAIDI-SAIFI. Estos índices relacionados con los apagones son las únicas medidas de calidad aceptadas en los EEUU (Ter-Martirosyan, 2003, p. 7).

Ai (Ai & Sappington, 2002), Clements (Clements, 2001) y Ter-Martirosyan (Ter-Martirosyan, 2003) dieron énfasis a que se debe utilizar como variables explicativas el capital (infraestructura), trabajo (OyM), demanda y gestión, los cuales indican que el Valor Agregado de Distribución (tarifa en distribución) refleja estos factores. Por tanto, es coherente la relación de los factores económicos: Valor Agregado de Distribución, pagos por compensaciones y el tipo de propiedad de la empresa respecto a la calidad. El grado de causalidad de la calidad del suministro (SAIDI-SAIFI) se relaciona en forma directa con la tarifa (VAD), pago por compensaciones por mala calidad y el tipo de propiedad de la empresa.

Relación de causalidad de la calidad del suministro



Elaboración propia

5.3. Variables dependientes o explicadas

Las dos variables dependientes que se utiliza en el modelo que representa el nivel de la calidad con que se provee el servicio eléctrico a un suministro son la confiabilidad (SaifiMT) y la continuidad (SaidiMT). La primera cuantifica la frecuencia de ocurrencia de las interrupciones en la infraestructura eléctrica, por fallas, maniobras o indisponibilidades, pudiendo ser internas (sistemas de protección, diseño de redes, estado de funcionamiento) o externas (condiciones meteorológicas y producidas por terceros). La segunda mide la duración del tiempo de la interrupción relacionada con la ubicación e intensidad de la falla y la cantidad de recursos en disposición para que pueda ser repuesto el sistema (cuadrillas de hombres, vehículos, materiales en general, equipos de comunicación, medios de acceso, longitud de las redes a ser atendidas y otros).

Detalle de las variables dependientes o explicadas

Variables Explicadas	Descripción	Supervisión	Unidad
Saifimt	Medida de la frecuencia de continuidad del servicio eléctrico.	Indicador de la frecuencia de interrupciones promedio del sistema por año.	veces/Año
Saidimt	Medida del tiempo de duración de la interrupción en un determinado periodo.	Indicador de la duración de las interrupciones promedio del sistema (horas/año)	horas/año

Elaboración propia

5.4. Variables independientes o explicativas

Las variables independientes del modelo en general se relacionan con la infraestructura eléctrica que implícitamente contiene la inversión realizada por las empresas, infraestructura específica a la protección del sistema de distribución (seccionadores) y los componentes de la tarifa.

Las variables explicativas están vinculadas al mercado, por la cantidad de consumidores y la cantidad demandada de los consumidores. En la gestión ayuda a observar el nivel de desempeño que está dado por el número de trabajadores y las pérdidas de energía. Estas variables contienen la información de los valores del VAD (*VadMT*), de las compensaciones por la afectación considera la cantidad de usuarios afectados y sus pagos (*CompPagoProm*) y del tipo de propiedad del suministrador (*Propiedad*).

Detalle de las variables independientes o explicativas

Variable Explicativa	Descripción	Indicador de supervisión	Unidad
VadMT	Valor agregado de Distribución en Media Tensión promedio o Tarifa media en MT	Tarifa promedio en MT	Ctv Sol/kW-hora
CompPagoProm	Pago Efectivo Promedio Anual de las Compensaciones por interrupciones. Compensa a los usuarios urbanos afectados.	Monto de pago por compensación	S/. / usuario

Elaboración propia

La variable tipo de propiedad de la empresa (*Propiedad*) es cualitativa, llamada variable dummy o variable dicotómica. Esta sólo puede registrar el tipo de propiedad de la empresa sea esta privada o estatal.

Detalle de la variable Dicotómica o Dummy

Variable Dummy	Descripción	Indicador de supervisión	Unidad
Propiedad	Tipo de propiedad de la empresa suministradora.	Empresa Privada Empresa Pública	"0" "1"

Elaboración propia

La modelación heurística y los principios de la teoría económica ayudan a entender cómo se comporta cada coeficiente de las variables explicativas frente a la calidad, reflejado su comportamiento por los signos + o -.

El signo (+) indica un aumento en el valor de los índices SAIDI-SAIFI, lo que nos dice que empeora la calidad, mientras que el signo (-) señala una

disminución en los índices SAIDI-SAIFI, lo que quiere decir que mejora la calidad del servicio. La siguiente tabla muestra los comportamientos esperados entre las variables dependientes e independientes.

Relación esperada de las variables independientes respecto a la calidad.

Variable	SAIDI	SAIFI	Calidad
Vadmt	-	-	mejora
CompPagoProm	-	-	mejora
Propiedad	-	-	mejora

Elaboración propia

5.5. Especificación del Modelo econométrico general

La econometría se fundamenta en métodos estadísticos que estiman las relaciones entre variables económicas para poner a prueba su grado de relación. Siguiendo las notaciones de Gujarati (2010), el modelo de regresión con Mínimos Cuadrados Ordinarios agrupados con coeficientes constantes, en general es:

$$Y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + \gamma Z_{it} + u_{it}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ (Empresa), $n = 16$

$t = 1, 2, 3, \dots, n$ (Año), $t = 7$

El valor “ i ” viene a ser la i -ésima empresa (sujeto) de estudio y “ t ” el año (periodo), para las variables definidas del modelo.

Se toma como supuesto que las variables explicativas no se comportan en forma estocástica. A veces se toma el supuesto de que estas variables son en estricto exógenas, es decir si esta no está en función de los valores

$$u_{it} \cong iid(0, \sigma_{\varepsilon}^2)$$

actuales, pasados y los que vendrán del término de error u_{it} . La forma matemática del error es:

El valor de u_{it} se encuentra distribuido en forma no dependiente y matemática idéntica, media aritmética cero y varianza constante. Cuando se efectúa la prueba estadística de hipótesis, se toma como supuesto que el error presenta una distribución normal (Gujarati & Porter, 2010, p.594).

Donde:

Y_{it} = Variables dependientes representadas por *SaidiMT* y *SaifiMT*.

α = Coeficiente del intercepto de la ecuación a estimar.

u_{it} = Término de perturbación u error, variable aleatoria o estocástica.

β y γ , = Parámetros del modelo.

Las variables independientes del modelo X_{it} y Z_{it} , para describirlas es necesario separarlas en dos conjuntos:

X_{it} : Simboliza a las variables explicativas *VadMT* y *CompPagoProm*.

Z_{it} : Simboliza a la variable vinculada a *Propiedad*.

Bajo estas premisas, se formulan las dos ecuaciones generales:

$$SaifiMT_{it} = \alpha_1 + \beta_1 VadMT_{it} + \beta_2 CompPagoProm_{it} + \gamma_1 Propiedad_{it} + u_{1it} \quad (1)$$

$$SaidiMT_{it} = \alpha_2 + \beta_3 VadMT_{it} + \beta_4 CompPagoProm_{it} + \gamma_2 Propiedad_{it} + u_{2it} \quad (2)$$

6. Población y marco muestral

La población objeto del estudio está comprendida por 16 empresas distribuidoras de energía eléctrica, que suministran el servicio eléctrico en media tensión en los sectores típicos de distribución urbanos 1,2 y 3. Por el tipo de propiedad 4 son privadas y 12 estatales, todas con tarifas reguladas y calidad

del servicio supervisadas y fiscalizadas por el regulador mediante el mecanismo de pago por compensaciones a los usuarios afectados por la mala calidad.

Población y marco muestral del estudio

Empresa	Nombre	Gestión	Grupo Empresarial	Grupo	Propiedad	STD que atiende		
1	Edecañete	PRIVADA	Empresas Privadas	Grupo1	Privada	---	STD2	---
2	Edelnor					STD1	---	STD3
3	Electro Dunas					---	STD2	STD3
15	Luz del Sur					STD1	STD2	---
8	Electrocentro	PUBLICA	Empresas Distriluz	Grupo2	Estatal	---	STD2	STD3
9	Electronoroeste					---	STD2	STD3
10	Electronorte					---	STD2	STD3
14	Hidrandina					---	STD2	STD3
4	Electro Oriente	PUBLICA	Empresas Públicas	Grupo3	Estatal	---	STD2	STD3
5	Electro Puno					---	STD2	STD3
6	Electro Sur Este					---	STD2	STD3
7	Electro Ucayali					---	STD2	STD3
11	Electrosur					---	STD2	STD3
12	Emsemsa					---	---	STD3
13	Emseusa					---	---	STD3
16	Seal					---	STD2	STD3
						2	13	14

Elaboración propia en base a la data obtenida de Osinergmin

6.1. Observación de los datos

La data utilizada en la investigación es información que comprende datos técnicos - económicos y comerciales, obtenida de la Gerencia de Fiscalización Eléctrica (GFE) y de la Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria (GART), ambas unidades del regulador Osinergmin.

Los valores de los indicadores SAIDI-SAIFI y de los pagos por compensaciones son suministrados por las empresas de distribución a la GFE. Los valores del Valor Agregado de Distribución son propuestos por las

empresas reguladas y aprobadas por la GART. La data del tipo de propiedad de empresa es administrada por la GART.

La data obtenida del periodo 2010-2016 se revisó y evaluó considerando el universo a 16 empresas de distribución que sirven a los sectores típicos de distribución urbanos STD1, STD2 y STD3, tomando en cuenta que cada empresa atiende a diferentes sectores típicos urbanos.

6.2. Análisis de los datos

La finalidad de analizar los datos es identificar los valores numéricos que pudieron provocar errores que no permitan revisar las relaciones entre variables como datos no usuales y extremos, discontinuidad y otros.

En el análisis de la data se observó series de tiempo, corte transversal y datos de panel. En la información para las series de tiempo se presentaron valores de una o más variables en el periodo que corresponde. En los datos de corte transversal se seleccionaron cantidades de una o más variables para varias unidades muestrales en el mismo punto del tiempo. En los datos de panel, el corte transversal en ambos se estudió en la extensión del tiempo. Están presentes en la data de panel dos dimensiones: espacio y tiempo (Gujarati & Porter, 2010, p. 591).

Una de las características fundamentales de los datos en panel es capturar la heterogeneidad que no es observable, ya que no se puede detectar en las series temporales o de corte transversal (Mayorga & Muñoz, 2000, p. 2).

Un conjunto agrupado de datos se denomina datos de panel cuando se presentan series temporales relacionadas a una determinada muestra de unidades individuales. El conjunto de individuos es observado en diferentes momentos del tiempo, por ejemplo, la variable x_{it} , tiene $i=1,2,\dots,N$ observaciones de corte transversal y $t=1,2,3,\dots,T$ observaciones de series temporales (Arellano, 1990, p. 3).

La muestra tomada para la investigación tiene datos de tipo transversal y longitudinal de las empresas, por ello se conformó el panel de datos mostrado en el Anexo No 01. Una característica de presentar la data en panel es que nos ayuda a controlar la heterogeneidad no observable de la muestra (Arellano, 1990, p. 4).

Los valores del VAD en media tensión y los pagos por compensaciones por mala calidad a los clientes corresponde al promedio de los sectores típicos de distribución urbanos STD1, STD2 y STD3. La información seleccionada de estos tres sectores se calculó en promedio por empresa y por año. Cabe resaltar que no se incluyen en el análisis a Electro Pangoa, Electro Tocache, Rioja, Coelvisac, Sersa y el Proyecto Especial Chavimochic; por ser empresas pequeñas no representativas que sirven a los sectores rurales y no reportan periódicamente data al regulador. Por otro lado, la empresa Edecañete fue absorbida por Luz del Sur el año 2016.

El análisis comprende a 4 empresas de propiedad privada y 12 estatales. Entre ellas, 2 empresas atienden el STD1, 13 el STD2 y 14 el STD3. El análisis se realizó por un periodo de tiempo de 7 años (2010-2016).

7. Estimaciones de los parámetros de las ecuaciones

En general los modelos econométricos de datos de panel requieren ser interpretados por medio de sus componentes de errores. El término de error u_{it} está compuesto por tres componentes:

$$u_{it} = \alpha_i + \emptyset_t + \varepsilon_{it}$$

α_i = Efectos no observables que difieren entre los individuos pero no en el tiempo.

\emptyset_t = Efectos no cuantificables que varían en el tiempo pero no entre individuos.

ε_{it} = Error puramente aleatorio o efectos de todas las variables que varía entre individuos y estos en el tiempo.

7.1. Estadística descriptiva de las variables de estudio

Los cálculos estadísticos y las regresiones a lo largo de la investigación se realizaron con el software STATA® Versión 14.1.

La información con panel de datos es utilizada en el modelo econométrico para evaluar cada variable y sus causas donde muestren incidencia en la calidad de suministro para una cantidad de “7” empresas ($i = 16$) divididas en “7” periodos anuales ($t = 7$) de análisis.

Para ajustar a datos de panel usamos el comando `xtset`:

```
panel variable:  Empresa (strongly balanced)
time variable:  Año, 1 to 7
delta:         1 unit
```

En este caso “Empresa” representa las entidades o paneles (i) y “Año” representa la variable tiempo (t). La nota “(strongly balanced)” se refiere que todas las “Empresas” tienen datos para los “Años” del 2010 al 2016.

Para apreciar las relaciones de causalidad de los datos cuantitativos se desarrolló un cuadro con la información inicial donde se ve la media, desviación estándar, valores mínimos y máximos en 112 observaciones realizadas. La tabla siguiente muestra la estadística descriptiva de la data, que contiene la media (mean), desviación estándar (sd), coeficiente de variación (cv), asimetría (skewness), kurtosis, mediana (p50), rango (range) y conteo (N).

Tabla Compacta de Estadística Descriptiva

stats	SaifiMT	SaidiMT	VadMT	CompPa~m
mean	10.2534	22.75187	2.014317	13.08549
sd	6.165041	20.13945	.4230653	12.22008
cv	.6012678	.8851777	.2100291	.9338652
skewness	.8600474	2.9552	.4540659	2.872262
kurtosis	4.007431	15.02854	3.304909	12.43037
p50	10.06246	17.99642	1.884098	10.96307
range	30.28235	142.2737	1.890356	71.7371
N	112	112	112	112

Se puede ver en la tabla anterior que las variables dependientes *SaifiMT* y *SaidiMT* muestran una variabilidad media, ya que los coeficientes de desviación estándar (sd) tienen valores por debajo de la media (mean), así como el coeficiente de variación (cv) de la variable *SaidiMT* es mayor que el de *SaifiMT*. También se puede notar que la desviación estándar de cada una de las variables es menor a su media. En la curva normal se observa asimetrías (skewness) de diverso grado con tendencia a la derecha.

7.2. Modelo 1 - Modelo de datos agrupados (Pooled - MCO)

El modelo pool de datos o datos agrupados (Pooled OLS) se estima con una regresión lineal de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), asume que no

hay heterogeneidad individual, o sea $\alpha_i \neq 0$. Se prescinde de los datos agrupados las dimensiones espacio-tiempo.

7.3. Modelo 2 - Modelo de efectos aleatorios (Random Effects- RE)

El efecto aleatorio con estimación de Mínimos Cuadrados Generalizados, asume heterogeneidad α_i tomando el termino aleatorio basado en una distribución $u_{it} \cong \text{iid}(0, \sigma_\varepsilon^2)$. Se considera el mejor siempre y cuando α_i y las variables explicativas x no se encuentran correlacionadas por lo que sería consistente.

Para saber qué modelo elegir entre el modelo Pooled o el modelo RE, utilizamos la prueba de Breush y Pagan, conocida como Prueba del Multiplicador de Lagrange para Efectos Aleatorios.

7.4. Modelo 3 - Modelo de Efectos Fijos (Fixed Effects - FE)

El modelo de efectos fijos contiene la data observada en las variables independientes considerándolas no-aleatorias. El efecto fijo es calculado a partir del estimador *within*, asume heterogeneidad α_i , en función a las constantes cambiantes por individuo. Se omite la variable dummy *Propiedad* debido a la colinealidad.

Test F de significancia para el modelo FE

El resultado de esta prueba rechazamos si nos muestra que al menos alguna variable dummy si corresponde al modelo, por ello se elige el modelo de efectos fijos. Este test se calcula en forma conjunta con la regresión para

el modelo FE. Para elegir no podemos rechazar H_0 dado que resultan 0, lo cual indica que para ambas variables el modelo FE es preferible.

7.5. Efectos Fijos versus Efectos Aleatorios

Para decidir entre efectos fijos o aleatorios, se realiza la prueba de Hausman. Se rechaza H_0 cuando los estimadores se diferencian por lo que se prefiere el modelo de efectos fijos, porque no se estiman variables dummies, se dice entonces que es un modelo más eficiente. La H_0 se rechaza, la diferencia en los coeficientes es mínima por lo que es sistemática, por tanto se elige el modelo de efectos fijos.

Efectos Fijos versus Efectos Aleatorios

Estimador	Random Effects $E[c_i X_i] = 0$	Fixed Effects $E[c_i X_i] \neq 0$
FGLS (Random Effects)	Consistente y Eficiente	Inconsistent
LSDV (Fixed Effects)	Consistente Ineficiente	Consistente Posiblemente Eficiente

Fuente: William Greene, Topics in microeconometrics, Department of Economics Stern School of Business.

7.6. Modelo 4 – Modelo de Efectos Fijos con el estimador LSDV

El modelo de efectos fijos considera la heterogeneidad de los atributos y examina diferencias de grupos en los interceptos, asume los grupos con las mismas pendientes y la varianza constante entre entidades o sujetos. Un efecto de grupo (individual específico) es invariante en el tiempo y se considera una parte de la intersección, permite correlacionarse con otros regresores. Para realizar la regresión se utiliza el método de estimador de

variable dummy de mínimos cuadrados (Least Square Dummy Variable - LSDV), es decir la regresión ordinaria de mínimos cuadrados (MCO) con variables dummies (Ruiz-Porras, 2012, p. 9).

8. Resultados de las estimaciones realizadas

El estimador LSDV provee una buena forma de entender el modelo de Efectos Fijos. El efecto de *CompPagoProm* es mediado por las diferencias de cada *Empresa*. Al agregar el dummy para cada *Empresa*, estamos estimando el efecto puro de *CompPagoProm* (controlando la heterogeneidad no observada). Cada dummy está absorbiendo los efectos particulares de cada *Empresa*.

En ese sentido, se muestran los cuadros resultantes de las regresiones efectuadas de los modelos MCO, RE, FE y FE_LSDV para SaifiMT y SaidiMT, con un rezago de un periodo y sin rezago, durante el periodo de estudio.

La razón por la cual se realiza un rezago es debido que la evidencia empírica muestra que los pagos por compensaciones no siguen el patrón establecido en la Primera Ley de la Disuasión de Cooter y Ullen (2016), por tanto se observa que es casi a finales del estudio (2014-2015) si se presenta esa tendencia.

Regresión para SaifiMT

Variable	MCO3	RE3	FE3	FE_LSDV3
VadMT	-3.1297769**	-2.5972298**	-2.9624139**	-4.9631184***
CompPagoProm	.10286997**			.17571857***
Propiedad	6.3941372***	6.8977046***	(omitted)	4.4157016*
_cons	10.416059***	8.5835053***	14.312573***	15.109384***

legend: * p<.1; ** p<.05; *** p<.01

Regresión para SaidiMT

Variable	MCO4	RE4	FE4	FE_LSDV4
VadMT	-3.2748206	-12.782026***	-15.083665***	-15.083665***
CompPagoProm	-.12712835	.18469272	.24992769**	.24992769**
Propiedad	5.4966312	8.4369876	(omitted)	-5.1800125
_cons	26.889458***	39.754385***	49.864725***	55.699798***

legend: * p<.1; ** p<.05; *** p<.01

Regresión con rezago para SaifiMT

Variable	MCO1	RE1	FE1	FE_LSDV1
VadMT	-2.0301451	-2.5972298**	-2.9624139**	-2.9624139**
CompPagoProm L1.	.08194842	.11464863**	.13088956**	.13088956**
Propiedad _cons	6.6331555*** 8.0097142***	6.8977046*** 8.5835053***	(omitted) 14.312573***	4.7519783* 11.411734***

legend: * p<.1; ** p<.05; *** p<.01

Regresión con rezago para SaidiMT

Variable	MCO2	RE2	FE2	FE_LSDV2
VadMT	-2.4177785	-9.7149639**	-12.00209**	-12.00209**
CompPagoProm L1.	-.16207388	.08249742	.15199748	.15199748
Propiedad _cons	6.0998634 23.977772**	8.9156597 33.943161***	(omitted) 44.50214***	-2.8748568 48.595911***

legend: * p<.1; ** p<.05; *** p<.01

El *p-value* de cada parámetro comprueba H_0 de que su coeficiente es cero por tanto sin efecto, un *p-value* bajo (< 0.05) señala que se puede rechazar H_0 , por lo que es probable que tenga una influencia significativa en el modelo.

La estimación se efectuó con las variables significativas del modelo de efectos fijos y la variable dummy (LSDV) por empresa. Los parámetros calculados son mostrados en los cuadros anteriores. Los valores estadísticamente representativos se eligen y reemplazándolos en la ecuación (1) y (2), se tiene:

$$SaifiMT_{it} = 15.10 - 4.96VadMT_{it} + 0.17CompPagoProm_{it} + 4.41Propiedad \quad (3)$$

$$SaidiMT_{it} = 55.69 - 15.08VadMT_{it} + 0.24CompPagoProm_{it} \quad (4)$$

Nota: Los valores de la variable Dummy *Propiedad*, 0 = privada, 1= pública.

9. Análisis de los resultados estimados

Los parámetros estimados -4.96 para *SaifiMT* y -15.08 para *SaidiMT* de la variable explicativa *VadMT* son estadísticamente representativos. Estos factores

de signo negativo contribuyen a reducir el valor del indicador de calidad correspondiente, por tanto son consistentes con la hipótesis de estudio influyendo en la mejora de la calidad del suministro.

Los valores 0.17 para *SaifiMT* y 0.24 para *SaidiMT* que corresponden a los coeficientes de la variable independiente *CompPagoProm*, estadísticamente válidos, no son consistentes por tener signo positivo y son contra intuitivos con respecto a la Primera Ley de la Disuasión de Cooter y Ulen, ley que muestra pendiente negativa tal como la curva de la demanda. Este resultado muestra que el pago por las compensaciones no está cumpliendo su función de disuadir a las empresas que cumplan con los estándares de calidad establecidos en la norma técnica de la calidad del servicio.

Para poder corregir tal situación, se estimó con respecto a la variable *L.CompPagoProm* rezagada y se pudo observar que los nuevos coeficientes 0.13 (estadísticamente representativo) y 0.15 (estadísticamente no representativo), mantienen el signo positivo, continúan siendo contra intuitivos, por tal motivo se descarta esta segunda estimación con la variable rezagada y se mantiene la primera estimación.

La variable tipo de propiedad (*Propiedad*) no es consistente con el mínimo de 95% de confianza estadística, por lo que no es representativa en el modelo para *SaidiMT* sin embargo esta influye con un nivel menor a 90% para el caso de *SaifiMT* (4.41 con un $p\text{-value} < 0.10$), mostrando una débil probabilidad de influencia en la calidad y se puede considerar con la finalidad que explique el supuesto de mejorar la calidad por lo menos en este periodo de estudio.

El tipo de propiedad de la empresa pública explica la influencia sobre la calidad, pues al tomar el valor "1" el factor 4.41 suma al *SaifiMT*, es decir afecta más en la frecuencia de interrupciones, mientras que para *SaidiMT* no es representativo. El tipo de propiedad explica la influencia en la calidad, dado que a la empresa privada no le afecta porque al tomar el valor de "0" estas empresas pueden tomar decisiones y ejecutar sus operaciones en forma más simplificada y rápida sin verse afectadas, mientras que las públicas dependen de muchos aspectos burocráticos en sus procesos y por ello se suma el factor de 4.41 en *SaifiMT*, lo que significa que le afecta más en la frecuencia de interrupciones.



CONCLUSIONES

El modelo econométrico elegido es de “efectos fijos” con el estimador de Mínimos Cuadrados Ordinarios con una Variable Dummy (LSDV), mediante el cual se estimaron los coeficientes de la tarifa en media tensión (*VadMT*), el pago por las compensaciones (*CompPagoProm*) y el tipo de propiedad (*Propiedad*) de las empresas suministradoras del servicio eléctrico de media tensión los cuales influyen en el mejoramiento de la calidad con respecto al *SaifiMT* y al *SaidiMT*.

El *VadMT*, primer factor que explica el efecto sobre la calidad del servicio, es eficiente porque incentiva a las empresas distribuidoras a mejorar la calidad del servicio como muestran los coeficientes de signo negativo de las variables independientes en *VadMT*. Estos factores contribuyen a disminuir el *SaifiMT* en 4.96 veces/año y el *SaidiMT* en 15.08 horas/año, por cada centavo de sol/kw-hora pagado como tarifa en promedio en el sistema de distribución en media tensión.

Se ha estimado, en función a la variable *CompPagoProm*, segundo factor que explica la influencia en la calidad de la prestación del servicio eléctrico, que por cada sol/usuario pagado por la empresa al cliente afectado, se incrementó en 0.17 veces/año el valor del *SaifiMT*, mientras que en relación al *SaidiMT* en 0.24; estos valores son contra intuitivos, es decir no están disuadiendo a las empresas a cumplir con la norma de calidad ya que en vez de disminuir para mejorar la calidad presionan a empeorarla.

El mecanismo de pago por compensaciones no disuade a las empresas distribuidoras a que cumplan con mejorar la calidad del servicio, tampoco compensa de manera adecuada al usuario afectado, lo cual es contra intuitivo a la Primera Ley de la Disuasión de Cooter y Ulen.

La propiedad de la empresa, tercer factor que explica la influencia en la calidad del suministro eléctrico sobre *SaidiMT*, incrementa en 4.41 veces/año las interrupciones mientras que para *SaifiMT* es nulo, lo cual no permite a la empresa pública mejorar la calidad del servicio, siendo esta aprovechada por la empresa privada para generar mayores ingresos maximizando sus beneficios.

La evolución del *SaifiMT* y el *SaidiMT* en los años 2010–2016 muestra que la calidad del servicio de suministro eléctrico ha mejorado, por tanto, se contrasta la hipótesis que afirma que el Valor Agregado de Distribución, el pago por compensaciones y el tipo de propiedad de la empresa regulada influyen en la mejora de la calidad del servicio de suministro por interrupciones en el sistema de distribución eléctrica urbano en media tensión.

RECOMENDACIONES

Implementar una directiva complementaria al “Procedimiento para la Supervisión de la Operación de los Sistemas Eléctricos” con el objetivo que el pago por compensaciones sea efectivamente un elemento disuasivo y cumplir su objetivo de disminuir las interrupciones eléctricas, con menor frecuencia y menor duración de tiempo de interrupciones, con lo cual se cumpliría la Primera Ley de la Disuasión de Cooter y Ulen para que las empresas distribuidoras mejoren la calidad del suministro en la distribución eléctrica.

Establecer como obligación de las empresas distribuidoras la publicación de los indicadores de calidad en diagramas a partir de los cálculos hallados mediante la nueva directiva complementaria y los resultados del cálculo de los pagos por compensación por cada sector típico de distribución en sus portales y en los aplicativos del regulador para simplificar la tarea de fiscalización del regulador y asegurar la calidad del suministro en media tensión.

Proponer mejoras en la gestión de la operación y mantenimiento de las redes eléctricas mediante sistemas automatizados, tomando en cuenta el incremento de nuevas cargas eléctricas tales como vehículos eléctricos, redes distribuidas y un posible modelo de comercialización de la energía producto de la autoproducción de energía por energías no convencionales de los consumidores por medio de paneles solares. Esta situación ayudará al regulador a modelar la nueva regulación como a las compañías eléctricas a trabajar en el nuevo entorno regulatorio.

BIBLIOGRAFÍA

- Ai, C., & Sappington, D. E. M. (2002). The Impact of State Incentive Regulation on the U.S. Telecommunications Industry. *Journal of Regulatory Economics*, 22(2), 133–160. <https://doi.org/10.1023/A:1020583427467>
- Arellano, M. (1990). La econometría de datos de panel. *Investigaciones Económicas*, XIV(No 1), 3–45.
- Bollen, M. H. J. (2000). *Understanding power quality problems: voltage sags and interruptions*. (Wiley-Interscience-IEEE Press, Ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Bonifaz F., J. L. (2001). *Distribución Eléctrica en el Perú: Regulación y Eficiencia*. (CIES - Universidad del Pacífico, Ed.) (Abril 2001). Lima - Perú.
- Burke, J. J. (1994). *Power distribution engineering : fundamentals and applications*. M. Dekker. Retrieved from <https://www.crcpress.com/Power-Distribution-Engineering-Fundamentals-and-Applications/Burke/p/book/9780824792374>
- Bustos, Á., & Galetovic, A. (2002). REGULACIÓN POR EMPRESA EFICIENTE: ¿QUIÉN ES REALMENTE USTED?*. *Estudios Públicos*, 86, 182. Retrieved from https://www.cepchile.cl/cep/site/artic/20160304/asocfile/20160304092949/rev86_bustosgaletovic.pdf
- Caves, D. W., Christensen, L. R., & Tretheway, M. W. (1984). Economies of Density versus Economies of Scale: Why Trunk and Local Service Airline Costs Differ. *Source: The RAND Journal of Economics Rand Journal of Economics*, 15(4), 471–489. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/2555519>
- Clements, M. E. (2001). Local telephone quality-of-service : the impact of regulation and competition. Retrieved from http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=osu1273857327
- Cooter, R., Law, B., & Ulen, T. (2016). *Law and Economics* (6th editio). Retrieved from <http://scholarship.law.berkeley.edu/books>
- Costas, A. (2006). Regulación y Calidad de los Servicios Públicos Liberalizados, 36.
- Dammert, A., García, R., & Molinelli, F. (2013). *Regulación y supervisión del sector eléctrico*. (F. E. de la P. U. C. del Perú, Ed.). Lima - Perú.
- Dammert, A., Molinelli, F., & Carbajal, M. A. (2011). *Fundamentos Técnicos y Económicos del Sector Eléctrico Peruano* (Primera Ed). Lima - Perú. Retrieved from http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Libro_Fundamentos_Tecnicos_Economicos_Sector_Electrico_Peruano.pdf
- Dammert, A., Mollinelli, F., & Carbajal, M. (2013). *Teoría de la Regulación Económica*. (L. D. Suárez Berenguela, Ed.) (Primera). Lima - Perú: USMP.
- Estache, A., & Rossi, M. A. (2004). Have Consumers Benefited from the Reforms in the Electricity Distribution Sector in Latin America?

- <https://doi.org/10.1596/1813-9450-3420>
- Gallardo, J. (1999). Disyuntivas en la teoría normativa de la regulación: El caso de los monopolios naturales, 1–43. Retrieved from http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/Estudios_Economicos/Disyuntiva_normativa_regulacion.pdf
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010). *Econometria*. (S. A. D. C. V. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, Ed.) (Quinta). Mexico: Mc-Graw Hill Interamericana.
- IEEE. (2012). IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices.
- Inga Llanca, E., & Méndez Vila, A. (2011). *Calidad de Suministro Eléctrico en el Perú*. Retrieved from http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Otros-Estudios/Otros-Documentos-Investigacion/CalidadSuministro-Electrico-Peru-2011.pdf
- Martínez, J. A. (2016). Endogeneidad, diferencia de medias y regresión [Endogeneity, mean difference and regression], *XII*(46), 335–337. Retrieved from <http://www.ricyde.org>
- Mayorga, M., & Muñoz, E. (2000). La técnica de datos de panel. Una guía para su uso e interpretación. *Banco Central de Costa Rica, Departamento de Investigaciones Económicas*, 18.
- Ministerio de Energía y Minas. (1997). Decreto Supremo No 020-97-EM. Peru: Dirección General de Electricidad.
- Murillo, V. (2012). *Análisis del impacto de la fiscalización realizada por la autoridad regulatoria a la calidad del servicio de alumbrado público en el Perú*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. Retrieved from <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1153>
- Okomura Suzuki, P. A. (2008). Mecanismos de Regulacion Tarifaria, 363–372.
- Osinergmin. RD No 154-2012-EM/DGE (2012). <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per128309.pdf>. Retrieved from <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per128309.pdf>
- Osinergmin. (2017). *Políticas regulatorias aplicadas a los sectores de energía y minería*. (D. Schmerler, J. Salvador, J. Montesinos, & V. Zurita, Eds.) (Primera Ed). Lima.
- OSINERGMIN. (2008). Procedimiento para la Supervisión de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos y su Base Metodológica. Retrieved from http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegal_Busqueda/RCD N° 686-2008-OS-CD.pdf
- OSINERGMIN. (2016a). *ESTADÍSTICA DE LA CALIDAD DE SUMINISTRO - NORMA TÉCNICA DE CALIDAD DE LOS SERVICIOS ELÉCTRICOS - URBANO, SEGUNDO SEMESTRE 2016*.
- OSINERGMIN. (2016b). *ESTADÍSTICA DE LA CALIDAD DE SUMINISTRO NORMA TÉCNICA DE CALIDAD DE LOS SERVICIOS ELÉCTRICOS RURALES SEGUNDO SEMESTRE 2016*. Lima - Perú. Retrieved from http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/CALIDAD/NTCSE/Osinergmin-Electricidad-Estadistica-Suministro-Rural.pdf
- Pérez-Reyes, R. (2006). *Introducción a la Regulación de Tarifas de los servicios*

- públicos* (No. 22). Lima - Perú.
- Perotti, E. (2004). *State Ownership: A Residual Role?* The World Bank. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-3407>
- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2013). *Microeconomía*. (A. Cañizal, Ed.) (8va. Edici). Madrid: Pearson Educación.
- Pollit, M. G. (1996). Ownership and Performance in Electric Utilities. *The Energy Journal*, 17(3), 105–107. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/41322696>
- Quintanilla Acosta, E. (2010). SUPERVISIÓN DE ELECTRICIDAD BASADA EN INDICADORES. En: *Perspectivas de la Regulación Energética en Iberoamérica - Capítulo 13. ARIAE-CNE. THOMAS REUTERS*. Retrieved from http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Otros-Estudios/Otros-Documentos-Investigacion/Perspectivas-Regulacion-Energetica-2010.pdf
- Resolución Consejo Directivo No 590-2007-OS/CD (2007).
- Resolución N° 074-2004- OS/CD. (2004). Procedimiento para la Supervisión de la Operación de los Sistemas Eléctricos.
- Revoló, M. (2012). *Influencia de la regulación, supervisión y propiedad en la calidad de servicio de las empresas de distribución eléctrica latinoamericanas en el periodo 2002-2007*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. Retrieved from <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1603>
- Rivier, J. (1999). *Calidad del servicio. Regulación y optimización de inversiones*. UNIVERSIDAD PONTIFICIA COMILLAS DE MADRID.
- Rivier, J., Úbeda, J., Gómez, T., & De la Fuente, I. (1999). La regulación de la calidad del servicio Eléctrico. *Anales de Mecánica y Electricidad - Revista de La Asociación de Ingenieros ICAL*, LXXVI(Fascículo I), 30–38.
- Ruiz-Porras, A. (2012). Econometric research with panel data: History, models and uses in Mexico, (42909). Retrieved from <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/42909/>
- Shleifer, A. (1998). State versus Private Ownership. *Journal of Economic Perspectives*, 12(4), 133–150. Retrieved from <http://www.jstor.org.ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/stable/pdf/2646898.pdf?refreqid=excelsior%3A07480deece4d499e53585b5d84a991ef>
- Spence, A. M. (1975). Monopoly, Quality, and Regulation. *The Bell Journal of Economics*, 6(2), 417–429. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/3003237>
- Stigler, G. (1970). The Optimum Enforcement of Laws, *ISBN*(Journal of Political Economy). Retrieved from <http://www.nber.org/books/beck74-1>
- Ter-Martirosyan, A. (2003). The Effects of Incentive Regulation on Quality of Service in Electricity Markets. Retrieved from <http://www.krannert.purdue.edu/faculty/smartin/ios/ATM.pdf>
- Ter-Martirosyan, A., & Kwoka, J. (2010). Incentive regulation, service quality, and standards in U.S. electricity distribution. *Journal of Regulatory Economics*, 38(3), 258–273. <https://doi.org/10.1007/s11149-010-9126-z>
- Torero, M. (2002). *Impacto de la privatización sobre el desempeño de las empresas en el Perú* (No. 41). Lima. Retrieved from <http://biblioteca.clacso.edu.ar/Peru/grade/20100511022844/ddt41.pdf>

ANEXO No 01

Panel de datos de la muestra representativa

Empresa	Año	VadMT	CompPagoProm	SaifiMT	SaidiMT	Propiedad
1	1	1.27	21.40	17.26	60.68	0
1	2	1.27	11.69	23.92	86.83	0
1	3	1.24	17.22	6.95	20.74	0
1	4	1.55	13.24	8.17	28.15	0
1	5	1.55	15.00	9.73	45.10	0
1	6	1.61	14.00	5.36	17.64	0
1	7	1.70	0.00	0.00	0.00	0
2	1	1.97	10.55	10.43	26.25	0
2	2	1.95	11.06	10.53	29.95	0
2	3	1.92	11.38	4.26	11.85	0
2	4	1.96	18.34	3.83	10.98	0
2	5	2.35	20.86	3.56	9.82	0
2	6	2.48	21.04	3.89	9.65	0
2	7	2.46	23.86	4.43	11.08	0
3	1	1.74	15.51	11.98	28.22	0
3	2	1.74	10.97	11.00	27.79	0
3	3	1.73	8.28	4.28	15.50	0
3	4	1.88	9.20	4.52	11.84	0
3	5	2.27	9.02	3.72	7.89	0
3	6	2.37	41.39	2.96	4.20	0
3	7	2.36	22.24	2.57	3.39	0
4	1	1.74	54.92	27.56	45.37	1
4	2	1.74	59.04	23.22	34.18	1
4	3	1.73	15.37	13.48	17.21	1
4	4	1.88	7.68	10.87	15.44	1
4	5	2.27	14.10	9.46	16.91	1
4	6	2.37	8.65	6.50	33.79	1
4	7	2.36	8.26	10.09	15.47	1
5	1	1.27	4.39	6.25	11.38	1
5	2	1.27	24.93	3.02	4.33	1
5	3	1.24	4.90	5.11	6.28	1
5	4	1.88	1.43	2.17	4.59	1
5	5	2.27	2.25	10.39	11.16	1
5	6	2.37	64.60	15.31	16.63	1
5	7	2.36	71.74	16.71	21.53	1
6	1	1.74	18.94	8.76	9.20	1
6	2	1.74	9.79	7.78	7.36	1
6	3	1.73	7.81	14.01	20.72	1
6	4	1.88	12.18	13.72	18.25	1
6	5	2.27	13.91	11.14	15.06	1
6	6	2.37	15.17	12.04	24.10	1
6	7	2.36	14.32	8.79	17.36	1
7	1	1.74	11.45	21.16	46.20	1
7	2	1.74	9.24	13.78	23.72	1
7	3	1.73	12.39	8.38	14.06	1
7	4	1.88	14.40	7.30	10.56	1
7	5	2.27	21.80	21.04	41.85	1
7	6	2.37	10.95	23.88	44.14	1
7	7	2.36	12.69	20.35	38.70	1
8	1	1.74	4.68	17.12	28.00	1
8	2	1.74	5.35	14.38	18.79	1
8	3	1.73	5.08	13.54	19.02	1
8	4	1.88	5.22	11.39	16.62	1
8	5	2.27	4.89	10.84	18.09	1
8	6	2.37	7.79	7.49	10.59	1
8	7	2.36	5.91	7.24	9.29	1
9	1	1.27	10.15	18.04	35.49	1

Empresa	Año	VadMT	CompPagoProm	SaifiMT	SaidiMT	Propiedad
9	2	1.27	10.21	15.25	29.04	1
9	3	1.24	11.54	12.76	31.52	1
9	4	1.88	7.93	8.63	13.00	1
9	5	2.27	16.14	12.28	18.42	1
9	6	2.37	11.01	10.89	17.91	1
9	7	2.36	12.88	13.53	26.98	1
10	1	1.74	7.85	9.44	22.41	1
10	2	1.74	10.75	12.41	31.72	1
10	3	1.73	10.79	10.64	24.81	1
10	4	1.88	10.48	9.42	21.31	1
10	5	2.27	11.37	10.60	22.66	1
10	6	2.37	16.92	10.11	21.83	1
10	7	2.36	13.27	8.14	21.74	1
11	1	1.74	20.31	11.91	17.06	1
11	2	1.74	11.43	11.34	21.16	1
11	3	1.73	14.23	11.21	15.87	1
11	4	1.88	9.44	10.75	14.83	1
11	5	2.27	5.25	8.21	11.99	1
11	6	2.37	6.75	8.82	10.92	1
11	7	2.36	54.79	8.87	13.17	1
12	1	2.22	0.00	17.53	75.93	1
12	2	2.22	0.00	20.64	80.67	1
12	3	2.22	0.00	30.28	93.87	1
12	4	2.22	0.00	28.90	142.27	1
12	5	2.98	0.00	13.07	36.22	1
12	6	3.13	1.97	10.04	43.79	1
12	7	3.12	9.13	6.76	31.31	1
13	1	2.22	0.00	0.00	0.00	1
13	2	2.22	0.00	0.00	0.00	1
13	3	2.22	6.15	1.26	2.76	1
13	4	2.22	2.07	3.37	13.45	1
13	5	2.98	3.62	1.02	2.20	1
13	6	3.13	12.98	7.34	19.10	1
13	7	3.12	10.49	6.25	8.10	1
14	1	1.74	6.97	16.19	36.78	1
14	2	1.74	9.91	15.37	29.15	1
14	3	1.73	13.91	11.27	18.31	1
14	4	1.88	12.64	10.87	21.15	1
14	5	2.27	14.28	10.92	19.86	1
14	6	2.37	17.17	8.25	13.95	1
14	7	2.36	13.86	8.87	17.12	1
15	1	1.72	10.02	2.90	7.33	0
15	2	1.68	9.94	3.08	8.45	0
15	3	1.63	11.83	2.19	6.03	0
15	4	1.71	11.39	3.06	10.61	0
15	5	1.72	20.59	3.15	10.19	0
15	6	1.72	7.74	1.58	7.42	0
15	7	1.70	9.91	3.83	15.64	0
16	1	1.74	10.23	11.69	24.51	1
16	2	1.74	7.81	15.78	38.03	1
16	3	1.73	7.97	12.34	22.79	1
16	4	1.88	7.73	11.73	19.04	1
16	5	2.27	11.01	9.73	21.18	1
16	6	2.37	12.26	8.91	17.09	1
16	7	2.36	16.02	9.35	16.56	1