

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ  
ESCUELA DE POSGRADO



“EVALUACIÓN Y PROPUESTAS PARA CONTROLAR LA  
SEGURIDAD PÚBLICA EN LA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EN  
PERÚ”

Tesis para optar el grado de Magíster en Regulación de  
Servicios Públicos

AUTOR

EMERSON DAVID BARAHONA URBANO

ASESOR

RAÚL GARCÍA CARPIO

LIMA - PERÚ

2015

# Índice

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Marco Teórico</b>	<b>3</b>
2.1	La Actividad de Distribución Eléctrica . . . . .	3
2.1.1	Características Tecnológicas de la distribución eléctrica . .	4
2.1.2	Características Económicas de la distribución eléctrica . .	5
2.1.3	Peligros y riesgos de las redes de distribución eléctrica . .	7
2.2	La Regulación de la Calidad en la Actividad de Distribución . . . . .	9
2.3	Enfoque Económico para el control de los riesgos . . . . .	12
2.4	La Regulación de la Seguridad . . . . .	17
<b>3</b>	<b>La Regulación de la Seguridad Pública: Experiencia Internacional</b>	<b>20</b>
3.1	Colombia . . . . .	22
3.1.1	Características . . . . .	22
3.1.2	Distancias de seguridad . . . . .	22
3.1.3	Control y Vigilancia . . . . .	24
3.1.4	Accidentes . . . . .	25
3.2	Argentina . . . . .	25
3.2.1	Características . . . . .	25
3.2.2	Distancias de seguridad . . . . .	26
3.2.3	Control y Vigilancia . . . . .	27
3.2.4	Accidentes . . . . .	28
3.3	Reino Unido - UK . . . . .	28
3.3.1	Características . . . . .	28
3.3.2	Distancias de seguridad . . . . .	29
3.3.3	Control y Vigilancia . . . . .	30
3.3.4	Accidentes . . . . .	31

3.4	Comparación de la Experiencia Internacional . . . . .	31
<b>4</b>	<b>Análisis de la Seguridad Pública en la distribución eléctrica en Perú</b>	<b>35</b>
4.1	Distancias de seguridad a las edificaciones . . . . .	35
4.2	Control y Vigilancia . . . . .	36
4.2.1	Supervisión de las deficiencias en las redes de distribución	36
4.2.2	Atención de solicitudes de paralización de actividades por riesgo eléctrico . . . . .	41
4.2.3	Fiscalización de los accidentes de terceros . . . . .	44
<b>5</b>	<b>Alternativas de mejora a la regulación de seguridad pública en Perú</b>	<b>47</b>
5.1	Redes eléctricas aéreas con conductores desnudos . . . . .	47
5.1.1	Estado Actual . . . . .	47
5.1.2	Alternativa: Conversión de las redes de media tensión aéreas a subterráneas . . . . .	48
5.2	Inadecuada Percepción del Riesgo . . . . .	51
5.2.1	Situación Actual . . . . .	51
5.2.2	Alternativa: Sistematizar los mecanismos de comunicación de riesgos . . . . .	53
5.3	Inadecuado control de las actividades laborales de otros sectores	54
5.3.1	Situación Actual . . . . .	54
5.3.2	Alternativa: Articulación de responsabilidades de los organismos de control . . . . .	55
<b>6</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>56</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>59</b>

## Índice de Figuras

1	La distribución dentro de la cadena del suministro de electricidad .	3
2	Diferentes formas de origen del Choque eléctrico . . . . .	8
3	Determinación del Nivel Óptimo de Calidad . . . . .	11
4	Aspectos típicos de la Calidad de la energía suministrada . . . . .	11
5	Aspectos de la Calidad de la energía en Perú . . . . .	12
6	Modelo de Externalidades para el control de riesgos . . . . .	13
7	Modelo de Externalidades considerando la adopción de medidas preventivas . . . . .	15
8	Organización de la seguridad pública en electricidad . . . . .	20
9	Organización de la seguridad pública en Colombia . . . . .	23
10	Distancias de seguridad en Colombia . . . . .	23
11	Organización de la seguridad pública en Argentina . . . . .	26
12	Distancias de seguridad en Argentina . . . . .	27
13	Organización de la seguridad pública en UK . . . . .	29
14	Distancias de seguridad verticales en UK . . . . .	30
15	Señalización de los postes en UK . . . . .	30
16	Índice de Accidentes Mortales Colombia vs Reino Unido . . . . .	33
17	Índice de Accidentes en Argentina . . . . .	34
18	Organización de la seguridad pública en Perú . . . . .	35
19	Distancias de Seguridad en Perú . . . . .	37
20	Alteración de las distancias de seguridad de las redes Aéreas . . .	42
21	Solicitudes de Paralización Atendidas . . . . .	43
22	Niveles de Cumplimiento de las Disposiciones de Paralización . . .	43
23	Índice de Accidentes Perú vs Argentina . . . . .	46
24	Índice de Accidentes Mortales Perú-Colombia-Reino Unido . . . . .	46
25	Costo de las redes de media tensión . . . . .	50
26	Percepción de las personas respecto al riesgo de las instalaciones	52



## Índice de Tablas

1	Ventajas y desventajas técnicas por tipo de tecnología de red . . . .	5
2	Costos de mantenimiento de redes Aéreas vs Subterráneas . . . . .	7
3	Riesgo remanente de las redes de distribución eléctrica . . . . .	10
4	Estructuras institucionales para controlar los riesgos . . . . .	16
5	Índice de Accidentes en Colombia . . . . .	25
6	Índice de Accidentes en Argentina . . . . .	28
7	Índice de Accidentes en el Reino Unido . . . . .	31
8	Parque de Instalaciones de Distribución en el Perú . . . . .	36
9	Deficiencias pendientes de subsanar en redes de media tensión .	39
10	Gastos de la subsanación efectuados por las empresas . . . . .	39
11	Gasto Anual en la Supervisión de deficiencias . . . . .	40
12	Gasto Anual de la Atención de Solicitudes . . . . .	43
13	Índice de Accidentes en Perú . . . . .	45
14	Gasto Anual de la Fiscalización de Accidentes . . . . .	45
15	Accidentes en los diferentes niveles de tensión . . . . .	47
16	Accidentes Mortales por Empresa de Distribución . . . . .	48
17	Situación de las instalaciones durante el accidente . . . . .	48
18	Valor esperado de la Vida Estadística . . . . .	50
19	Costos de Redes Aéreas vs Redes Subterráneas . . . . .	51
20	Actividad realizada al momento del accidente . . . . .	53

# 1 Introducción

El proceso de suministrar electricidad a través de instalaciones eléctricas genera un riesgo para la integridad física de las personas que realizan actividades alrededor de ellas. El escenario de mayor riesgo se configura cuando las instalaciones eléctricas son aéreas, en el nivel de media tensión, con conductores expuestos y las personas que realizan las actividades son ajenas al trabajo de instalación, operación o mantenimiento de dicha infraestructura; este escenario se conoce como la problemática de la seguridad pública en la distribución eléctrica.

En países en desarrollo, como el Perú, esta situación es importante, debido a que las instalaciones del tipo aéreo con conductores expuestos son las de mayor utilización (tanto en zonas urbanas y rurales), lo cual es resultado de las políticas de expansión de redes que surgieron con las reformas estructurales del sector eléctrico en los 90; pues introdujeron mecanismos de mercado para la toma de decisiones en base a los costos de inversión, operación y mantenimiento.

Al respecto, al ser una obligación del Estado Peruano el proteger la vida e integridad de los ciudadanos y los derechos de los usuarios de los servicios públicos, el esquema regulatorio contempla el establecimiento de las características técnicas mínimas de seguridad de las instalaciones de distribución eléctrica por parte del Ministerio de Energía y Minas y la verificación de su cumplimiento por el regulador sectorial, OSINERGMIN.

El objetivo de la presente investigación es evaluar los resultados del control de la seguridad pública en la distribución eléctrica en Perú, tomando en consideración el enfoque de la regulación de la seguridad e identificar alternativas que permitan incrementar el nivel de protección de las personas y disminuir la cantidad de accidentes fatales. Para esto se organiza un marco para la regulación de la seguridad pública y se introducen conceptos del análisis económico de los accidentes y de eficiencia de la regulación.

Creemos que el esquema de comando y control de la seguridad pública en la distribución eléctrica puede beneficiarse con la aplicación de los cambios propuestos.

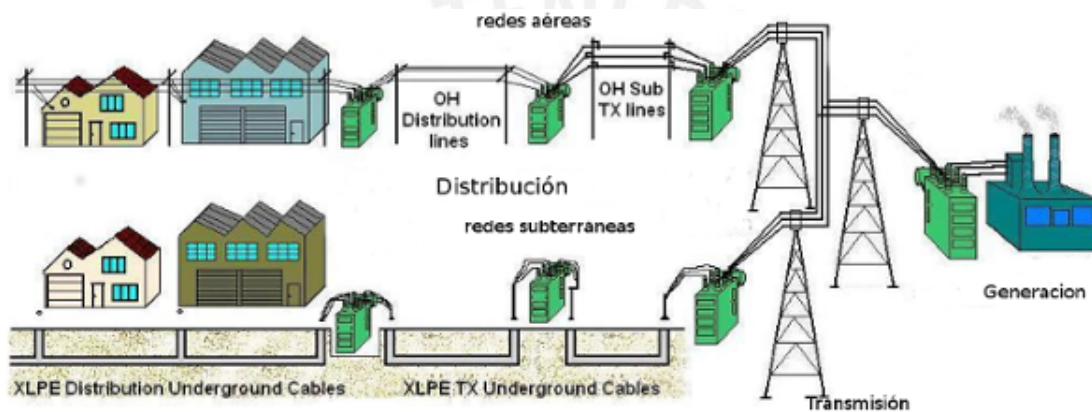


## 2 Marco Teórico

### 2.1 La Actividad de Distribución Eléctrica

La actividad de distribución eléctrica es la última etapa física del suministro de electricidad a los usuarios<sup>1</sup> y consiste en transportar energía a través de los conductores eléctricos y transformadores (redes de distribución eléctrica) ubicados a lo largo de las vías públicas, tal como se puede apreciar en el Gráfico N° 1.

Gráfico N° 1: La distribución dentro de la cadena del suministro de electricidad



Fuente: Hassan (2009)

Debido a que la electricidad simplemente fluye a través de estos elementos, sin ser almacenada o incrementada<sup>2</sup>, se afirma que la tarea física más importante de la distribución eléctrica es mantener los conductores en buen estado, proteger la integridad de las instalaciones, reemplazar los componentes en caso de desastres, y agregar nuevas redes cuando la población o el flujo de energía crezca (Hunt 2002).

Típicamente el costo que representa la actividad de distribución eléctrica dentro

<sup>1</sup> Cuando se habla de la actividad de distribución eléctrica es común asociarla, además de la función física, a la función comercial (facturación, cobranza, atención, etc.), lo cual es determinado por la estructura del mercado eléctrico. En el caso peruano las empresas de distribución eléctrica realizan también las funciones de comercialización.

<sup>2</sup> En las redes de distribución eléctrica los transformadores modifican el parámetro nivel de tensión, pero esto no implica un incremento o disminución de la cantidad total de energía transmitida.

de la tarifa final aplicada a los usuarios está en el orden del 30% al 50% (Hunt 2002); dependiendo del tipo de tecnología de red y de las economías de densidad existentes.

### 2.1.1 Características Tecnológicas de la distribución eléctrica

Se identifican dos características físicas importantes para describir una red de distribución eléctrica: el nivel de tensión y la tecnología para su ubicación en la vía pública.

**2.1.1.1 El nivel de tensión:** El nivel de tensión es una característica física del flujo de energía eléctrica que está directamente relacionada con la eficiencia del transporte e indirectamente relacionada con la posibilidad de uso final. A lo largo de la red, mediante el uso de equipos denominados transformadores, el nivel de tensión se mantiene en el orden de los miles de voltios para obtener menores pérdidas de energía (pérdidas óhmicas) y se reduce a niveles de cientos de voltios para minimizar la posibilidad de daño de las personas y equipos<sup>3</sup>. Debido a esto, en los centros poblados la mayor parte de la distribución de electricidad se realiza en niveles de tensión bajos (cientos de voltios), con lo cual llega a ser la etapa del suministro de electricidad que tiene el mayor porcentaje de pérdidas de energía.

Cada país define los niveles de tensión de sus redes de distribución eléctrica<sup>4</sup>; sin embargo, a nivel internacional existe cierta estandarización porque eso hace posible la disminución de los costos de los equipos que transportan y usan la electricidad (Bernstein: 1999). En el contexto peruano se distinguen dos segmentos en una red de distribución eléctrica: el de

---

<sup>3</sup>Los aparatos eléctricos de uso final utilizan energía eléctrica usualmente a niveles de tensión de 110 voltios o 220 voltios, mayores niveles de tensión afectan el funcionamiento y la vida útil de los equipos así como la integridad física de las personas.

<sup>4</sup>En el Perú el Código Nacional de Electricidad Suministro 2011 recomienda la utilización de los niveles de tensión de 0,38 kV / 0,22 kV (baja tensión); 22,9 kV / 13,2 kV; 22,9 kV (media tensión).

media tensión (10 000 a 30 000 voltios) y el de baja tensión (menos de 1 000 voltios).

**2.1.1.2 La tecnología de ubicación en la vía pública:** La otra característica física de la red de distribución eléctrica es la tecnología para su ubicación en las vías públicas, y se divide básicamente en dos: aérea y subterránea. En cada una se identifican varias ventajas y desventajas técnicas, pero en términos generales se puede decir que la ventaja de las redes subterráneas radica en su mayor confiabilidad, mientras que la ventaja de las redes aéreas radica en su mayor flexibilidad de operación. En el Cuadro N° 1 se resume las ventajas y desventajas mencionadas en el estudio de Brown (2007).

Cuadro N° 1: Ventajas y desventajas técnicas por tipo de tecnología de red

Tipo de Red	Ventajas	Desventajas
Aerea	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilidad y rapidez de instalación.</li> <li>- Flexibilidad para la operación y mantenimiento.</li> <li>- Tiempos reducidos de duración de las interrupciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Necesidad de poda de vegetación alrededor.</li> <li>- Propenso a impacto de vehículos.</li> <li>- Propenso a contactos con elementos externos.</li> <li>- Impacto visual.</li> <li>- Restricción de otras actividades alrededor.</li> </ul>
Subterránea	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducida probabilidad de contacto con elementos externos.</li> <li>- Reducida probabilidad de impacto de vehículos.</li> <li>- No necesidad de poda de vegetación.</li> <li>- Aumento de la confiabilidad de red.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayores tiempos de instalación.</li> <li>- Mayor dificultad de las inspecciones.</li> <li>- Mayor duración de interrupciones.</li> </ul>

Elaboración propia

Los criterios para decidir el uso instalaciones aéreas o subterráneas son dados por las regulaciones locales y la densidad poblacional (ENDESA 2006). Sin embargo, en el caso peruano no se ha identificado referencias respecto a las regulaciones locales (municipales) para la instalación de redes, pero a partir del hecho de que el 80% de la infraestructura es del tipo aéreo, podemos inferir que no existen mayores restricciones para el uso de esa tecnología.

**2.1.2 Características Económicas de la distribución eléctrica**

Las características económicas de la actividad de distribución eléctrica son determinadas por la función de costos; la cual está conformada básicamente por



el costo de capital de las instalaciones; el costo de operación y mantenimiento de la red; las compras de energía y potencia, y las pérdidas (Bernstein 1999).

El costo de capital de las instalaciones equivale a la depreciación de las instalaciones más los intereses del capital invertido, los mismos que varían mucho en función del tipo de tecnología elegida, la densidad poblacional y las características técnicas de calidad<sup>5</sup>. Una vez que se ha construido la red con un tipo de tecnología (aérea o subterránea) el reemplazo resulta muy costoso<sup>6</sup>; y de acuerdo a los estudios realizados por Brown (2007) dichos costos excederían por mucho los beneficios a obtenerse, salvo en casos especiales en donde los objetivos de la comunidad tengan un muy alto valor, o en donde se trate de cambios parciales (determinados segmentos de red). Al respecto, Hassan (2009) identificó los siguientes escenarios en donde el costo del reemplazo de la red aérea por subterránea se vuelve poco significativo:

- Áreas altamente congestionadas o áreas urbanas muy pobladas.
- Áreas con alto valor histórico o ambiental.
- Sectores específicos de las redes que tienen bajos índices de confiabilidad.
- Áreas en donde se requiere expansión de capacidad y la posibilidad aérea no es viable.

El costo de operación y mantenimiento es el costo para mantener disponible el medio físico de transporte (conductores, transformadores, postes, etc.), y al igual que los costos de capital, varían en función de la densidad, las características técnicas de la red y las características ambientales. Por ejemplo, mientras Brown (2007) identificó que para el caso del estado de Florida (Estados Unidos)

---

<sup>5</sup>La existencia de economías de densidad implica que existirán zonas en donde el costo total de brindar el servicio en la zona será mayor que el costo promedio total de hacerlo en toda el área de influencia si es que se mantiene un mismo nivel de calidad.

<sup>6</sup>Un estimado efectuado para el caso del Estado de Florida indica que la conversión completa de red aérea a subterránea costaría un millón de dólares por milla. Sin incluir los costos de cambiar las acometidas de los usuarios.



una de las desventajas de utilizar la tecnología de red subterránea era su alto costo de mantenimiento, Hassan (2009) calculó que para el Estado de Victoria (Australia) los costos de mantenimiento preventivo, correctivo y de manejo de la vegetación de las redes aéreas era aproximadamente el doble que el de las redes subterráneas, como puede apreciarse en el Cuadro N° 2.

Cuadro N° 2: Costos de mantenimiento de redes Aéreas vs Subterráneas

Tipo de Mantenimiento	Media Tensión (\$km/año)		Baja Tensión (\$km/año)	
	Aerea	Subterranea	Aérea	Subterránea
Preventivo	380	158	228	128
Manejo de Vegetación	194	-	107	-
Correctivo	155	178	79	102
Costo total	729	336	468	230

Fuente: Hassan (2009)

Finalmente, el costo de las pérdidas de energía y potencia corresponden a la energía y potencia que no llega a ser vendida a los consumidores porque se pierde en los elementos de transporte. Dado que estas pérdidas están asociadas al nivel de tensión, en las redes de baja tensión el nivel de pérdidas técnicas es 7 veces mayor que en las redes de media tensión.

### 2.1.3 Peligros y riesgos de las redes de distribución eléctrica

De acuerdo a la Norma OHSAS 18001:2007 el peligro se define como la fuente, situación o acto con potencial para causar daño al ser humano. En el caso de la electricidad en las redes del servicio público, tomando como referencia OLDHAM (2002)<sup>7</sup> podemos identificar los siguientes daños:

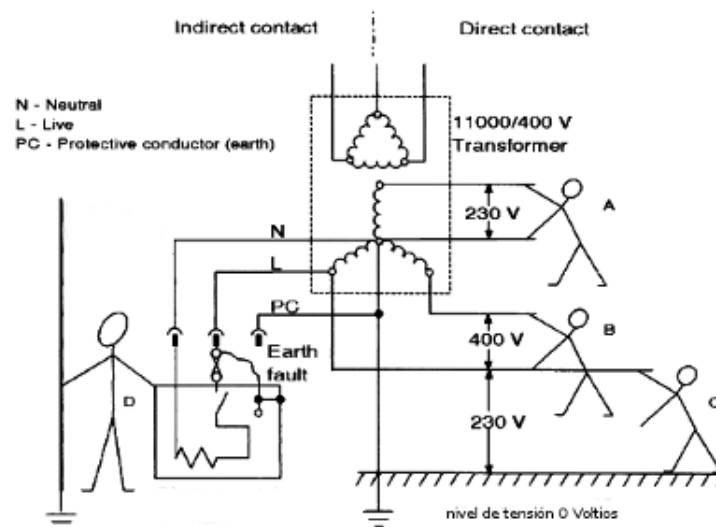
**Choques eléctricos:** Son efectos provocados por el paso de la electricidad a través del cuerpo humano, que van desde sensaciones dolorosas temporales hasta la muerte por fibrilación cardíaca. El choque eléctrico se produce cuando la persona entra en contacto con un conductor eléctrico vivo (que tiene cierto nivel de tensión) y cierra el circuito conectándose a tierra (nivel de tensión 0 voltios) o a otro conductor con diferente nivel de tensión. La diferencia de tensiones que forman el circuito y las

<sup>7</sup>OLDHAM menciona que la electricidad también puede causar quemaduras por absorción de energía en el rango de 3 MHz a 30 GHz, el cual es muy superior a rango de frecuencia de la electricidad de las redes del servicio público (50Hz - 60Hz).

características propias del cuerpo humano determinan la magnitud de la electricidad que recorrerá por la persona, y cuando la corriente alcanza los 80 mA (miliamperios) se produce la fibrilación cardíaca. En el Gráfico N° 2 se muestran las formas más comunes del origen de un choque eléctrico.

**Quemaduras por arcos eléctricos:** Las quemaduras que se producen por gases altamente energéticos con temperaturas muy altas, por encima de los 1000 °C, que contienen metal vaporizado. Los gases se originan por fallas del aislamiento entre conductores, o por el acercamiento de elementos metálicos hacia un conductor vivo, que provoca la reducción de la distancia de aislamiento.

Gráfico N° 2: Diferentes formas de origen del Choque eléctrico



Fuente: Oldham (2002)

De otro lado, el riesgo, definido según la misma Norma OHSAS, es el resultado de combinar la probabilidad de que ocurra la exposición a un peligro y la severidad del daño que produce. En este sentido, a partir de las características tecnológicas de la red de distribución podemos identificar el escenario de mayor riesgo como aquel en donde existen instalaciones de distribución eléctrica aérea, con niveles de media tensión y con personas desarrollando actividades alrededor de ellas.

Conscientes de los riesgos<sup>8</sup>, en la industria eléctrica se han desarrollado técnicas para disminuirlos y según el RETIE (2013) es la industria con mayores niveles de estandarización. Oldham (2002) agrupa las técnicas para mitigar el peligro en:

- Técnicas para prevenir el contacto con las partes vivas, usando aislamientos, confinamientos o ubicándolas fuera de alcance.
- Técnicas para limitar la cantidad de corriente o su duración (cuando se entra en contacto con un conductor vivo), usando bajos niveles de tensión, dispositivos de corriente residual o dispositivos que limitan la energía descargada.
- Técnicas para asegurar que los sistemas sean desconectados de sus fuentes de energía cuando ocurre una falla o contacto.

Las redes de distribución eléctrica se sirven de todas estas técnicas en diferentes grados; sin embargo, debido a las restricciones de costos de implementación y de capacidad técnica de los dispositivos, siempre existirá un riesgo residual o remanente.

El riesgo remanente que identificamos para los dos tipos de tecnología red de eléctrica y niveles de tensión se muestra el cuadro N° 3, en donde se puede apreciar que las redes aéreas de media tensión presentan mayor cantidad de riesgos.

## **2.2 La Regulación de la Calidad en la Actividad de Distribución**

En la función de costos de la distribución eléctrica se presentan economías de escala, subaditividad de costos y economías de densidad, por lo cual la actividad es considerada un monopolio natural y por ello está sujeta a regulación.

---

<sup>8</sup>El peligro de las redes eléctricas se conoce desde los orígenes de la industria eléctrica, el año 1882, cuando se registró la primera muerte de un trabajador en una red eléctrica de la ciudad de Manhattan (RETIE 2013).

Cuadro N° 3: Riesgo remanente de las redes de distribución eléctrica

Características Tecnológicas	Distribución en Media Tensión (<30 000 voltios)	Distribución en Baja Tensión (<1000 voltios)
Red Aérea	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Choque eléctrico por incumplir las distancias de alejamiento.</li> <li>- Quemaduras por arco eléctrico al acercar elementos metálicos a las redes.</li> </ul>	Choque eléctrico por incumplir las distancias de alejamiento.
Red Subterránea	Choque eléctrico por superar la barrera de aislamiento.	Choque eléctrico por superar la barrera de aislamiento.

Elaboración propia

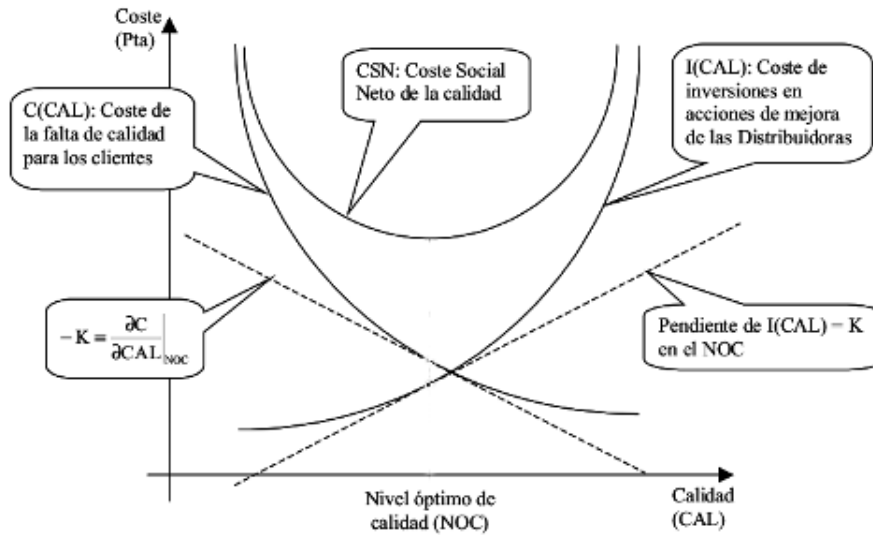
Específicamente mediante la regulación de la calidad, se intenta garantizar que los consumidores reciban un nivel acorde con las preferencias del consumidor promedio (Dammert, Gallardo y Quiso: 2004) y que no existan beneficios extraordinarios para las empresas. En el sector eléctrico la calidad comprende tanto características físicas como características de las interacciones comerciales que deben existir en la electricidad suministrada.

De acuerdo a Ribier Abad (1999) cualquier regulación de calidad debería procurar la minimización del Coste Social Neto (CSN) asociado a la prestación del Servicio. Ese Coste Social Neto se define como la suma del costo generado para los usuarios por cierto nivel de calidad  $C(CAL)$ , más el costo en el que incurren las empresas para ofrecer dicho nivel de calidad,  $I(CAL)$ .

Una regulación que tome en cuenta estos conceptos determinaría un Nivel Óptimo de Calidad (NOC) en donde el CSN es mínimo, es decir en donde los costos marginales asociados al nivel de calidad para los usuarios como para las empresas sean iguales. En el Gráfico N° 3, se puede apreciar el punto óptimo en donde se cruzan las pendientes de las funciones de costos.

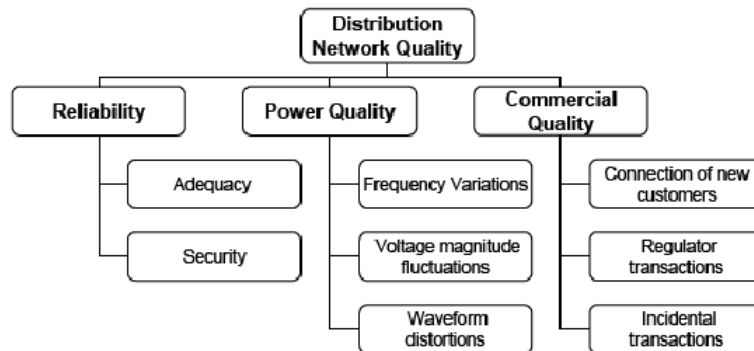
En la práctica dentro de las funciones de costos se incluyen solamente algunas características de calidad, por ejemplo muchas regulaciones siguen una estructura similar al de la Council of European Energy Regulator (CEER), que considera tres características: confiabilidad, calidad de producto y calidad comercial, los cuales cuentan con indicadores que permiten evaluarlos cuantitativamente. El Gráfico N° 4 muestra estos 3 aspectos de la calidad.

Gráfico N° 3: Determinación del Nivel Óptimo de Calidad



Fuente: Ribier Abad (1999)

Gráfico N° 4: Aspectos típicos de la Calidad de la energía suministrada

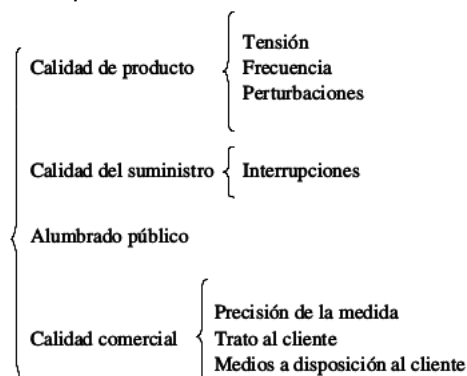


Fuente: Council of European Energy Regulator (CEER 2001)

En el Perú, el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) ha considerado un aspecto adicional referido al alumbrado público, por lo que se tienen cuatro aspectos y siete indicadores de evaluación. Ver gráfico N° 5.

Cabe hacer notar que ninguna de las regulaciones incluye el nivel de seguridad de las instalaciones como un aspecto de la calidad; sin embargo, en la revisión de la calidad del servicio eléctrico argentino realizada por Urbiztondo (2000) se reconoce su importancia.

Gráfico N° 5: Aspectos de la Calidad de la energía en Perú



Fuente: OSINERGMIN (2001)

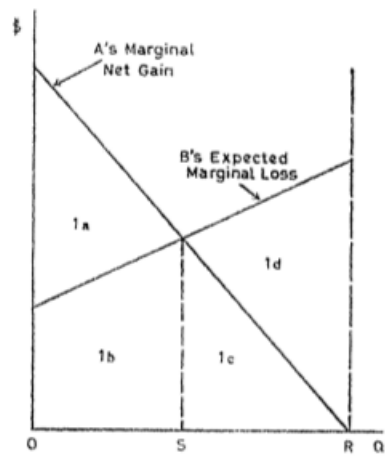
### 2.3 Enfoque Económico para el control de los riesgos

Hemos visto que asociado a la distribución de electricidad existe un riesgo remanente para la salud de las personas que no forma parte de la regulación de calidad. Por ello, determinaremos un marco de evaluación siguiendo los trabajos de Oliver Williamson (1967), quien sugiere que para lograr la eficiencia asignativa (para alcanzar soluciones óptimas) en este tipo de problemas conviene usar el análisis económico de las externalidades.

En su análisis, Williamson parte del supuesto de que dados dos sujetos A y B, el sujeto B experimenta un daño físico como resultado de la interacción no deseada con A, lo cual ocurre con mayor probabilidad a medida de que se incrementa el nivel de actividad de A. Esta relación se muestra en el Gráfico N° 6 en términos de pérdidas marginales; donde el punto S determina el nivel óptimo del sistema, pues en él las ganancias y pérdidas marginales de los sujetos son iguales.



Gráfico N° 6: Modelo de Externalidades para el control de riesgos



Fuente: Williamson (1967)

Respecto a este marco de análisis Shavell (2007) resalta que ambos sujetos tienen la libertad de elegir entre conservar su estatus de seguridad o de incrementar su nivel de actividad (elección racional individual) por lo cual se configuran dos escenarios de accidentes:

**Unilaterales:** Cuando el único que puede influir en la probabilidad de ocurrencia del accidente es el que realiza la actividad económica que da origen a la externalidad.

**Bilaterales:** Cuando tanto los accidentados como los que generan la externalidad pueden influir en la probabilidad de ocurrencia del accidente.

Para el caso de los accidentes unilaterales el punto óptimo se obtiene minimizando de la suma de costos de protección y daño respecto a una sola variable (gasto en protección), lo que matemáticamente está representado por:

$$\min x + p(x)h$$

En donde:

$x$  = Gasto de A para obtener nivel de protección  $x$ , siendo  $x \geq 0$

$p(x)$  = Probabilidad de que ocurra el accidente, dado el nivel de protección  $x$ ;



$$0 < p(x) < 1; p(x)' < 0; p(x)'' > 0$$

$h$  = Magnitud del daño de B cuando se produce el accidente.

La magnitud del daño  $h$ , es diferente para cada accidentado, por lo tanto, no se conoce su valor exacto sino sólo su distribución por lo que la función objetivo queda como:

$$\min x + p(x) \int h f(h) dh$$

En Donde:

$f(h)$  = Función de densidad de probabilidad de  $h$ ; con  $f(h) > 0$  y entre  $[a, b]$  con  $0 < a < b$ .

El caso de accidentes bilaterales sigue la misma lógica, aunque deben incorporarse los efectos de los gastos en protección de ambas partes, así como la influencia de su nivel de actividad en la probabilidad de que ocurra el accidente.

Sin embargo, en la práctica, no es posible determinar un punto óptimo de esta forma, por lo que el Estado elige un nivel de seguridad arbitrario y busca que la sociedad lo alcance, mediante diferentes alternativas de control tales como:

**Negociación entre las partes.** Una de las partes puede aceptar recibir una compensación (igual a su pérdida) para permitir a la otra mantener su nivel de actividad. Por lo que los incentivos derivarían de los cálculos de ganancias y pérdidas individuales.

**Demanda ante un tribunal.** Una de las partes podría demandar a la otra ante un tribunal y obligarla a pagar una compensación igual al daño que le ha provocado. En este caso los criterios asignación de responsabilidades del tribunal definirían los incentivos de prevención.

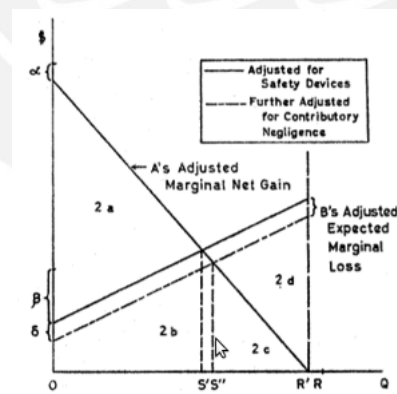
**Intervención de la autoridad mediante impuestos.** La autoridad podría fijar un impuesto igual al daño potencial que ocasiona realizar actividades por

encima del nivel fijado por la autoridad. En este caso cualquier beneficio extra sería recolectado por el Estado, lo cual incentivaría a mantenerse en la tolerancia.

**Intervención de la autoridad para fijar niveles de actividad.** La autoridad decidiría el nivel de seguridad óptimo de las operaciones, que iguale los costos y beneficios de las partes involucradas. Aquí es indispensable que la autoridad tenga la información suficiente para determinar el nivel óptimo y que dedique recursos permanentemente para vigilar que se cumpla.

**Incurrir en gastos de medidas preventivas.** Para no ver restringido su nivel de actividad o para incrementarlo, las partes pueden incurrir en costos adicionales en medidas preventivas siempre que sea tecnológicamente posible. La innovación en el desarrollo de medidas preventivas origina un reajuste de la curva de pérdida marginal y permite incrementar el nivel de actividad, determinando un nuevo óptimo en  $S''$ , como muestra el gráfico N° 7.

Gráfico N° 7: Modelo de Externalidades considerando la adopción de medidas preventivas



Fuente: Williamson (1967)

Shavell(2007) analiza las diferentes alternativas de control y en función del momento en el que se activan y de las partes que las activan, propone cuatro grupos de estructuras institucionales del control de riesgos, lo cual se resume en el Cuadro N° 4:

Cuadro N° 4: Estructuras institucionales para controlar los riesgos

Parte que motiva el mecanismo	Momento en el que se activa	
	Ex ante	Ex post
Iniciativa privada	Medidas cautelares	Demandas de Responsabilidad extracontractual
Iniciativa pública	- Regulación de la seguridad. - Impuestos Correctivos	Multas por daño producido.

Elaboración propia

La literatura revisada indica que los mejores resultados se obtienen por el uso conjunto de dos o más estructuras de control; dado que existen factores que condicionan su efectividad, tales como:

**La asimetría de información entre las partes.** Si quienes conocen más acerca de la naturaleza de los riesgos y los daños que ocasionan son las partes involucradas, es mejor usar las estructuras de iniciativa privada, puesto que con menor información las multas o regulaciones pueden ser establecidas de manera errónea por las autoridades.

**La incapacidad de los causantes a pagar por la totalidad del daño producido.** Si los causantes no pueden pagar por el daño es mejor utilizar las estructuras públicas ex-ante, como la regulación o los impuestos, para que de esta forma se impida el ejercicio de la actividad riesgosa a quienes no pueden afrontar sus consecuencias.

**La posibilidad de que los causantes del daño no sean demandados.** Si el daño es disperso (distribuido en muchas partes, pero con magnitudes pequeñas) o las partes afectadas carecen del conocimiento para demandar al causante, las estructuras públicas ex-ante como la regulación o los impuestos correctivos permiten que el nivel de actividad no supere el óptimo.

**El costo que se incurre en la aplicación del mecanismo.** Si el daño producido es pequeño y el costo administrativo muy elevado, es mejor utilizar la estructura ex post de iniciativa privada, ya que la regulación de la

actividad compromete costos permanentes, generalmente altos.

## 2.4 La Regulación de la Seguridad

La regulación de la seguridad es parte de la denominada regulación de los riesgos, que tuvo su desarrollo más importante en la década de los 70<sup>9</sup> en Europa y Estados Unidos (VISCUSI: 2006). Esta regulación comprende aquellas intervenciones en las actividades económicas que tienen el objetivo de controlar o mitigar los riesgos derivados de las imperfecciones de los mercados, que pueden ocasionar daños a la seguridad, la salud y el medio ambiente. Viscusi sugiere que para establecer una regulación de este tipo es necesario que los riesgos que se pretenden regular sean valorados, ya que puede darse el caso de que otras estructuras institucionales del control de riesgos resulten más eficientes.

Para determinar el valor del riesgo, Viscusi utiliza un modelo de elección racional individual (con información perfecta) del mercado de trabajo y demuestra que el valor de la vida estadística de ese mercado proporciona una buena referencia para decidir la conveniencia de la regulación. El modelo comprende dos tipos elecciones que debe hacer un individuo: gastar en un buen estado de salud y aceptar un trabajo que con cierta probabilidad puede causarle la muerte; esto resulta en la maximización de la siguiente función de utilidad esperada:

$$\max p(s, h)u(y + w(s) - h) + (1 - p(s, h))v(y + w(s) - h)$$

En donde:

$p(s, h)$  = probabilidad de sobrevivencia dado que se ha elegido un trabajo con nivel de seguridad  $s$ , y se ha realizado gastos en salud  $h$ .

$(1 - p(s, h))$  = probabilidad complementaria.

<sup>9</sup>Beck sugiere que la regulación de riesgos nace como respuesta al incremento significativo de los riesgos que produjo el paso de la sociedad industrial a la sociedad moderna.

$u(y + w(s) - h) =$  Función de utilidad al estar vivo.

$v(y + w(s) - h) =$  Función de utilidad al estar muerto.

$y =$  Riqueza inicial del individuo.

$w(s) =$  Ingresos recibidos por realizar el trabajo peligroso.

$h =$  Gastos que realizan para mantener un buen estado de salud.

Si se aplican las condiciones de primer orden para obtener valores óptimos de  $s$  y  $h$ , se obtienen las siguientes expresiones:

$$\frac{-w_x}{p_x} = \frac{1}{p_h} = \frac{u - v}{pu' + (1 - p)v'}$$

El primer término representa el cambio marginal en el ingreso que el individuo está dispuesto a aceptar por realizar un trabajo, dividido entre el cambio marginal de la probabilidad de sobrevivir al haber elegido dicho trabajo; el segundo término representa la disposición a pagar por salud de modo que permita incrementar marginalmente de la probabilidad de sobrevivir; y ambos términos son equivalentes a la diferencia de utilidades de los estados (vida - muerte) dividida entre la utilidad marginal esperada (tercer término), lo cual es conocido como el valor marginal de vida estadística. Este valor se usa para comparar la efectividad de las diferentes formas de regulación.

**Eficiencia de la regulación de la seguridad:** Las regulaciones de seguridad pueden implementarse a través de diferentes acciones, dependiendo del tipo de falla de mercado que se pretende corregir. Para evaluar las acciones más convenientes, Viscusi recomienda utilizar el enfoque de la eficiencia económica, que consiste en comparar las diferencias entre costos y beneficios que involucran. En este escenario para cada acción propuesta el costo puede ser calculado de la siguiente forma:

$$snv > c$$

En donde:

$s$  = Porcentaje de reducción del nivel de riesgo

$n$  = Cantidad de personas que son afectadas

$v$  = Valor de la vida estadística

$c$  = Costo de la regulación

Dicha expresión de manera más práctica se utiliza como:

$$\frac{c}{sn} < v$$

que viene a representar el costo por vida salvada gracias a la existencia de la regulación.

Usualmente las comparaciones pueden extenderse a diferentes industrias para evaluar la correcta asignación de recursos de la sociedad. A manera de referencia, podemos mencionar que de acuerdo a la estimación realizada por Morrall el año 2003, el Costo de Oportunidad por vida estadística salvada de la Regulación de Seguridad Eléctrica en estados Unidos era de 0.2 millones de dólares, y ocupaba el puesto 4° dentro de 80 regulaciones de riesgos analizadas en Estados Unidos.

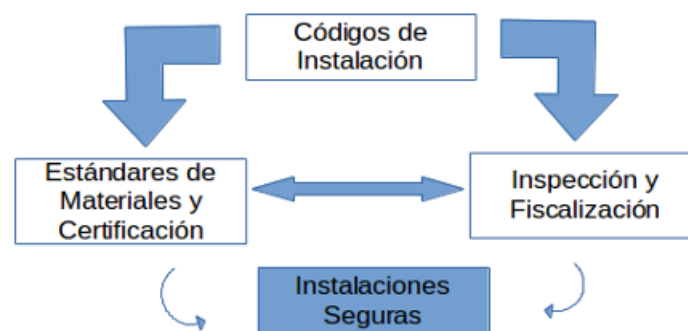


### 3 La Regulación de la Seguridad Pública: Experiencia Internacional

Al aplicar los conceptos del capítulo anterior a la distribución eléctrica, podemos identificar asimetrías de información entre las partes y consecuencias fatales de las malas decisiones. Esto sugiere que la regulación es la alternativa de control más adecuada; sin embargo, en la práctica se usa en conjunto con la responsabilidad extracontractual. Típicamente la regulación se concentra en establecer las normas para las empresas, mientras que la responsabilidad extracontractual en las compensaciones a las personas por los daños sufridos<sup>10</sup>.

Al tratarse de una industria con alto nivel de estandarización (RETIE: 2003), el esquema de regulación es prácticamente similar en la mayoría de países y consiste en establecer obligaciones respecto al diseño de redes, respecto a las características constructivas de los materiales y a la supervisión del cumplimiento de dichas normas. A continuación, a partir del esquema desarrollado por Pauley(1998) para la seguridad de la industria eléctrica norteamericana (Gráfico N° 8), se revisa la experiencia internacional.

Gráfico N° 8: Organización de la seguridad pública en electricidad



Elaboración propia

<sup>10</sup>Los tribunales suelen utilizar los criterios de riesgo permitido, causalidad adecuada y prohibición de regreso para decidir la responsabilidad del titular de la línea eléctrica; esto significa que al ser la distribución eléctrica una actividad conocida en la sociedad, y al estar sus peligros sometidos al control técnico de las normas, los titulares de las líneas compensan únicamente por los accidentes causados por incumplimientos de la normativa (PIÑEIRO: 2003).



El Gráfico N° 8 muestra tres elementos (Códigos de Instalación, Estándares de materiales e Inspección y Fiscalización) y sus relaciones, alineados con el objetivo de garantizar la seguridad de las instalaciones. El Código de Instalación se considera el elemento principal de la regulación de la seguridad pública porque determina el punto de equilibrio entre las partes, que mencionaba Williamson (Ver Gráfico N° 6), pues contiene los requisitos mínimos de las instalaciones para garantizar cierto nivel de seguridad a las personas y sus propiedades. Los dos problemas más grandes que enfrenta el regulador para fijar estos estándares son la asimetría de información y la captura por alguno de los grupos de interés; por ello es muy común que los Códigos de Instalación tomen como referencia normas internacionales, tales como las desarrolladas por la National Fire Protection Association (NFPA) <sup>11</sup>.

El segundo elemento de la regulación son los estándares de materiales, que contienen especificaciones técnicas y características constructivas de los materiales y equipos que forman parte de las redes de distribución. Al igual que el caso anterior se utilizan normas internacionales como las desarrolladas por la International Electrotechnical Commission (IEC) <sup>12</sup>.

Finalmente, la inspección y fiscalización son las acciones que se realizan para verificar el cumplimiento de los estándares y por lo general son encargadas a un organismo independiente, para garantizar la imparcialidad de las decisiones.

Debido a los cambios tecnológicos que ocurren en la industria así como en los niveles de exigencia de seguridad de las personas (por mejoras en el bienestar del país) es necesario que existan canales de retroalimentación entre los tres elementos para que no se generen desequilibrios en la seguridad pública (Pauley: 1998).

Los países que se incluyen en esta revisión, son Colombia, Argentina y el Reino Unido; se eligieron los países latinoamericanos porque tienen porcentajes de

---

<sup>11</sup>NFPA es una organización que incluye miembros de 100 países y de diferentes grupos de interés (empresas, colegios profesionales, fabricantes, etc)

<sup>12</sup>IEC incluye 83 países miembros.

red aérea similares al Perú; mientras que se eligió el Reino Unido porque sus redes de distribución son predominantemente subterráneas, es decir utilizan la tecnología que proporciona el mayor nivel de protección disponible.

### **3.1 Colombia**

#### **3.1.1 Características**

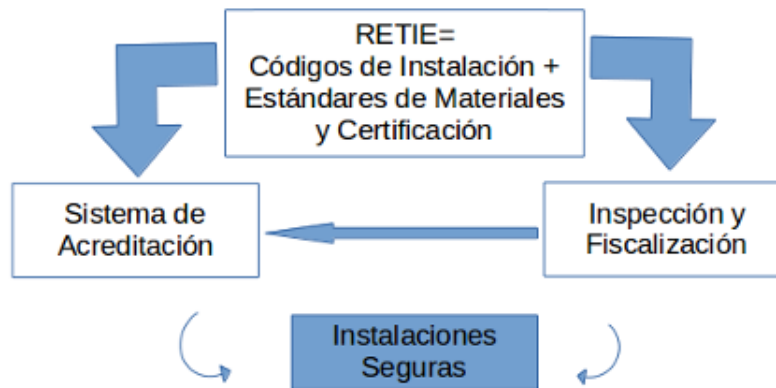
La norma que regula la seguridad pública en la actividad eléctrica es el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), Resolución N° 90708 del 30 de agosto del 2013, emitido por el Ministerio de Minas y Energía. El RETIE contiene tanto los estándares mínimos de seguridad de las instalaciones (Código de Instalación) como los requisitos técnicos de los materiales que se utilizan en la industria eléctrica (Estándares de materiales); estos requisitos se aplican a las redes de los servicios públicos y a las instalaciones de utilización (Consumidores). Ver Gráfico N° 9.

En el RETIE se incluyen también disposiciones respecto a las comunicaciones de prevención que deben realizar las empresas distribuidoras. Estas comunicaciones deben orientarse a tres tipos de consumidores (residenciales, comerciales e industriales) y deben realizarse periódicamente (semestral), dando mayor atención a los consumidores que desarrollan actividades alrededor de las instalaciones eléctricas (se deben realizar de campañas de advertencias y se deben inspeccionar permanentemente las instalaciones para identificar irregularidades).

#### **3.1.2 Distancias de seguridad**

Al año 2010 las redes de distribución del sistema eléctrico colombiano se componían de 255 181 km de red de baja tensión y 165 450 km de media tensión y se estimaba que alrededor del 90% eran del tipo aéreo en cada uno de estos niveles. En este sentido, la principal medida para evitar los accidentes es el cumplimiento de las distancias de seguridad entre las instalaciones y las superficies de contacto. Para el caso de las redes de distribución aérea el Gráfico N° 10 muestra las distancias de seguridad que contempla el RETIE.

Gráfico N° 9: Organización de la seguridad pública en Colombia



Elaboración propia

Gráfico N° 10: Distancias de seguridad en Colombia

Descripción	Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia (m)
Distancia vertical "a" sobre techos y proyecciones, aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas y siempre que el propietario o tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control tanto de la instalación como de la edificación (Figura 13.1).	44/34,5/33	3,8
	13,8/13,2/11,4/7,6	3,8
	<1	0,45
Distancia horizontal "b" a muros, balcones, salientes, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas. (Figura 13.1)	66/57,5	2,5
	44/34,5/33	2,3
	13,8/13,2/11,4/7,6	2,3
Distancia vertical "c" sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas, y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2,45 m de altura. (Figura 13.1)	<1	1,7
	44/34,5/33	4,1
	13,8/13,2/11,4/7,6	4,1
Distancia vertical "d" a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular. (Figura 13.1) para vehículos de más de 2,45 m de altura.	<1	3,5
	115/ 110	6,1
	66/57,5	5,8
	44/34,5/33	5,6
	13,8/13,2/11,4/7,6	5,6
	<1	5

Fuente: RETIE 2013

### 3.1.3 Control y Vigilancia

Dado que el RETIE contiene dos tipos de estándares, en la supervisión de su cumplimiento participan dos autoridades: La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios encargada de vigilar y controlar los estándares de instalación y la Superintendencia de Industria y Comercio encargada de los estándares de materiales. Para ejercer estas funciones se utilizan las instancias establecidas en el Subsistema Nacional de la Calidad, es decir que el cumplimiento de las normas se resuelven en base a un dictamen emitido por un organismo acreditado o por un dictamen pericial. Los organismos de inspección son personas o empresas acreditadas por el Organismo Nacional de Acreditación que están especializadas en la certificación de productos, la certificación de personas, la realización de pruebas y ensayos en laboratorios y la inspección de las instalaciones. Debido a esta estructura de control, el poder sancionador de incumplimientos es llevado a cabo por diferentes organismos:

- La Superintendencia de Industria y Comercio sanciona los incumplimientos relacionados con los estándares de los materiales y también a los organismos de certificación e inspección, así como a los laboratorios de pruebas y ensayos y de metrología. Para el caso de los productos, las alcaldías municipales o distritales pueden ejercer la función de manera supletoria.
- La Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales sanciona los incumplimientos relacionados con los productos importados que incumplen los reglamentos técnicos.
- Los consejos profesionales, sancionan incumplimientos al ejercicio profesional de los ingenieros, tecnólogos y técnicos de la electrotecnia, regulados por las Leyes N° 842 y N° 1264.
- La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios sanciona los incumplimientos de las empresas prestadoras de servicios, respecto a los aspectos del RETIE que no son responsabilidad de los demás organismos.

Cuadro N° 5: Índice de Accidentes en Colombia

Año	Accidentes Mortales	Población en millones	Accidentes/por millón de habitantes
2008	57	45,15	1.26
2009	49	45,80	1.07
2010	49	46,44	1.06
2011	45	47,07	0.96
2012	57	47,70	1.19

Elaboración propia

### 3.1.4 Accidentes

Las empresas distribuidoras están obligadas a recopilar los reportes de accidentes mortales en su jurisdicción, esto incluye la recopilación de información propia, de los usuarios, así como del Instituto de Medicina Legal<sup>13</sup>. El cumplimiento del reporte de información es supervisado por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) en su calidad de administrador del sistema.

Las cifras que se presentan en el Cuadro N° 5 corresponden a accidentes mortales en las redes de distribución eléctrica, que se obtuvieron del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Para fines de comparación se utiliza el índice de accidentes por millón de habitantes.

## 3.2 Argentina

### 3.2.1 Características

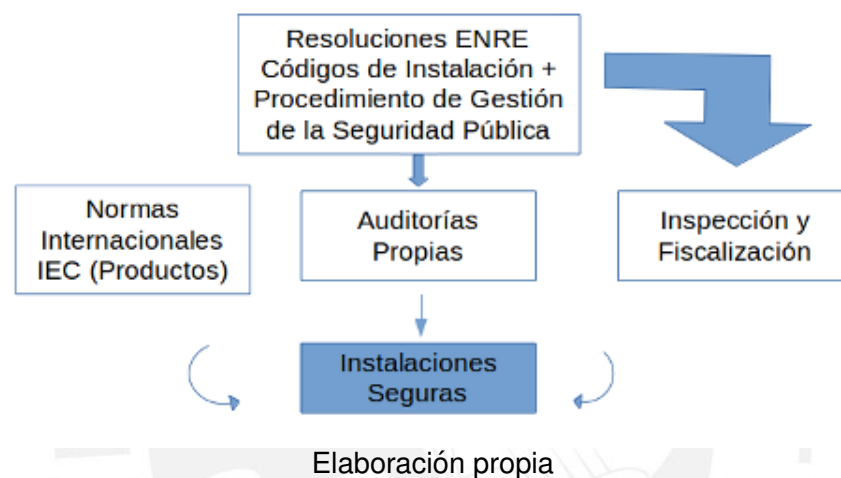
En el caso argentino, el elemento principal del sistema regulatorio es un conjunto normativo emitido por el Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE), que comprende los requisitos mínimos de seguridad de las instalaciones (Códigos de Instalación) y los aspectos de gestión de la seguridad (Sistema de Gestión de la Seguridad Pública), ver Gráfico 11. Los requisitos mínimos de seguridad (Resolución ENRE N° 444/2006) tienen como base los reglamentos técnicos que elabora la Asociación Electrotécnica Argentina, mientras que el Sistema de Gestión de la Seguridad Pública mantiene un alineamiento con los principios

<sup>13</sup>El Ministerio de la Protección Social cuenta con un sistema para centralizar la información de todos los sectores (Sistema Único de Información -SUI)

de las normas de Sistemas de Gestión de Calidad ISO 9000, aunque con criterios propios establecidos por ENRE (Resoluciones ENRE N° 411/2011 y N° 311/2001).

El segundo elemento (estándares de materiales) lo constituyen las normas elaboradas por el Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM) que es representante argentino ante el IEC.

Gráfico N° 11: Organización de la seguridad pública en Argentina



### 3.2.2 Distancias de seguridad

Al año 2010 las redes de distribución del sistema eléctrico argentino se componían de 367 937 km, incluyendo la media y baja tensión y se estimaba que alrededor del 85% era del tipo aéreo. Por lo que, al igual que el caso colombiano, la principal medida para evitar los accidentes es el cumplimiento de las distancias de seguridad entre las instalaciones y las superficies de contacto; para el caso de las redes de distribución aérea de media tensión las distancias de seguridad se muestran en el Gráfico N° 12.

Cabe resaltar que la distancia de seguridad horizontal para una línea aérea de media tensión (>30 kV) es mayor que en el caso colombiano (40 cm), aunque no se han encontrado estudios o investigaciones que expliquen dicha diferencia.



Gráfico N° 12: Distancias de seguridad en Argentina

Tipo de obstáculo ó instalación		Conductores desnudos con tensiones fase-tierra mayores a 1 kV hasta 22 kV [m]	Conductores protegidos con tensiones fase-tierra mayores a 1 kV hasta 22 kV [m]	Conductores aislados con tensiones fase-tierra mayores a 1 kV hasta 22 kV [m]
Edificios-horizontales:				
a.	A paredes con aberturas y ventanas de abrir	2.70	2.40	2.00
b.	A ventanas ciegas o con protección	2.30	2.00	1.60
c.	A balcones y áreas accesibles	2.70	2.40	2.00
d.	Chimeneas, antenas de radio y televisión, tanques de agua y otras instalaciones al servicio del edificio	2.70	2.40	2.00
Edificios-verticales:				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sobre techos ó proyecciones no accesibles.</li> <li>• Sobre balcones y techos accesibles.</li> <li>• Sobre chimeneas, antenas de radio y televisión, tanques de agua y otras instalaciones al servicio del edificio</li> </ul>	4.10	4.10	3.60

Fuente: Resolución ENRE N° 444/2006.

### 3.2.3 Control y Vigilancia

El control de la seguridad pública le corresponde al Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) y a las propias empresas, mediante las auditorías periódicas a sus sistemas de gestión de la seguridad. Las auditorías del sistema de gestión son realizadas por empresas que cuentan con la acreditación del Organismo de Normalización Argentino(OAA) o por el ENRE; en el primer caso para fines de conservar la certificación obtenida y en el segundo caso para fines de fiscalización.

De otro lado, ENRE realiza inspecciones a las instalaciones eléctricas para identificar incumplimientos a las normas de seguridad (mediante campañas de revelamiento de deficiencias) como respuesta a los reclamos de los usuarios o como parte de la investigación de accidentes. En esta estructura de control, el poder sancionador de incumplimientos es llevado a cabo por:

- La Secretaría de Industria, Comercio y Minería que sanciona los incumplimientos relacionados con los requisitos técnicos de los productos y también a los organismos de certificación e inspección.



- El ENRE que sanciona los incumplimientos de las empresas de distribución eléctrica, respecto al incumplimiento de los códigos de instalación.

### 3.2.4 Accidentes

Los accidentes son reportados según los lineamientos de la Superintendencia de Riesgos del Trabajo, dependiente del Ministerio de Trabajo de la Nación y el ENRE constata el cumplimiento de los reportes de las empresas.

Las cifras que se presentan en el cuadro N° 6 han sido calculadas para los accidentes ocurridos en la vía pública, aunque incluyen tanto accidentes mortales como accidentes incapacitantes.

Cuadro N° 6: Índice de Accidentes en Argentina

Año	Accidentes Mortales	Población en millones	en	Accidentes/por millón de habitantes
2003	70	37,97		1.84
2004	88	38,21		2.29
2005	129	38,65		3.34
2006	138	38,99		3.54
2007	118	39,33		3.00
2008	99	39,68		2.49
2009	83	40,02		2.07
2010	72	40,37		1.78
2011	76	40,72		1.87
2012	85	41,09		2.07

Elaboración propia

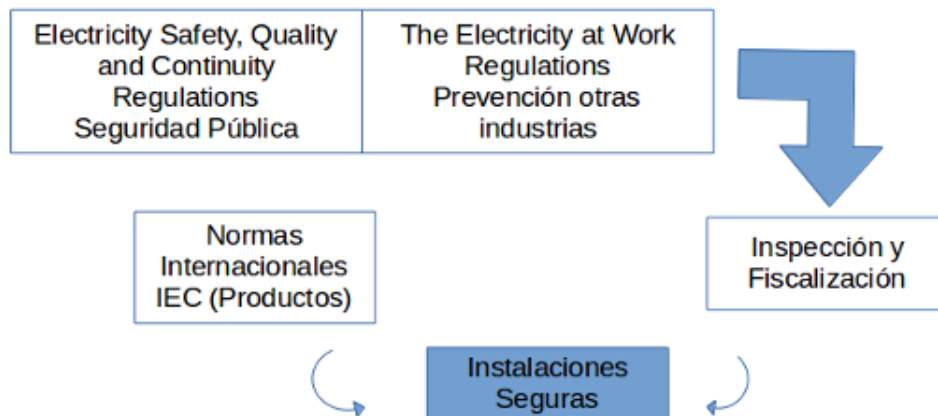
## 3.3 Reino Unido - UK

### 3.3.1 Características

La norma que regula la seguridad en las instalaciones eléctricas del servicio público de electricidad es la Regulación N° 2665, The Electricity Safety, Quality and Continuity Regulations 2002 (ESQCR) la cual fue aprobada por la Secretaría de Estado. Esta regulación establece los requisitos mínimos de instalación, operación y mantenimiento de las instalaciones y es de aplicación para las empresas prestadoras del servicio eléctrico.

De manera complementaria se tiene la Regulación N° 635 The Electricity at Work Regulations 1989, que establece las obligaciones para que las personas que realizan trabajos cerca de los conductores eléctricos no efectúen actividades

Gráfico N° 13: Organización de la seguridad pública en UK



Elaboración propia

laborales a menos que estén autorizados y cuenten con los elementos de protección necesarios. Más específicamente para el caso de construcciones la Health and Safety Executive (HSE) establece que cualquiera que tenga planeado realizar una construcción (que pueda afectar las condiciones de seguridad de las líneas eléctricas) debe efectuar una comunicación escrita a la empresa distribuidora.

Respecto a los estándares de materiales, se tienen las normas de productos que emite el British Standard y complementariamente las normas internacionales de IEC.

### 3.3.2 Distancias de seguridad

De acuerdo a HASSAN(2009) las redes de distribución del sistema eléctrico del Reino Unido se componían de 377 000 km de red de baja tensión y 372 000 km de media tensión, en ambos casos el 81% de las redes son del tipo subterráneo, esto ubica al Reino Unido como el tercer país Europeo con mayor cantidad de redes subterráneas.

Respecto a las redes aéreas el SQCR establece el criterio de “razonablemente alejado para que la instalación no represente un peligro, de modo tal que evite que una persona sin autorización entre en contacto con los conductores eléctricos” y se consideran las distancias de seguridad verticales que se pueden

apreciar en el Gráfico N° 14.

Gráfico N° 14: Distancias de seguridad verticales en UK

<i>Column 1</i> <i>Nominal Voltages</i>	<i>Column 2</i> <i>Over Roads</i>	<i>Column 3</i> <i>Other Locations</i>
Not exceeding 33,000 volts	5.8 metres	5.2 metres
Exceeding 33,000 volts but not exceeding 66,000 volts	6 metres	6 metres
Exceeding 66,000 volts but not exceeding 132,000 volts	6.7 metres	6.7 metres
Exceeding 132,000 volts but not exceeding 275,000 volts	7 metres	7 metres
Exceeding 275,000 volts but not exceeding 400,000 volts	7.3 metres	7.3 metres

Fuente: SQCR 2002

Así mismo se establece la señalización de todos los postes de las líneas eléctricas con algún conductor desnudo, mediante el símbolo de “peligro de muerte”, el cual debe ser ubicado en un lugar que permita cumplir con el objetivo de advertir el peligro. Ver Gráfico N° 15.

Gráfico N° 15: Señalización de los postes en UK



Fuente: SQCR 2002

### 3.3.3 Control y Vigilancia

Las regulaciones ESQCR y The Electricity at Work Regulations son supervisados por el Health and Safety Executive, el cual realiza inspecciones rutinarias anuales y en casos especiales como accidentes del público.

El Department for Business Innovation and Skills (BIS) es responsable de sancionar los incumplimientos relacionados a los estándares de materiales y las acreditaciones.

Cuadro N° 7: Índice de Accidentes en el Reino Unido

Año	Accidentes Mortales	Población en millones	Accidentes/por millón de habitantes
2008	1	61,80	0.02
2009	3	62,28	0.05
2010	5	62,77	0.08
2011	9	63,26	0.14
2012	4	63,70	0.06
2013	7	64,11	0.11

Elaboración propia

### 3.3.4 Accidentes

Las empresas distribuidoras están obligadas a recopilar los reportes de accidentes mortales en su jurisdicción. La norma Reporting of Injuries, Diseases and Dangerous Occurrences Regulations 1995 (RIDDOR) establece los mecanismos de reporte de información, y a diferencia de otras industrias, en el caso de la industria eléctrica se deben incluir accidentes del público y de los trabajadores de otras industrias accidentados en las redes. Las cifras que se presentan en el Cuadro N° 7 comprenden los accidentes por electrocución en redes aéreas.

## 3.4 Comparación de la Experiencia Internacional

Haremos la comparación de respecto a los Códigos de Instalación; Estándares de Materiales; el control y vigilancia y del desempeño en cuanto a los accidentes.

En el caso de Colombia y el Reino Unido los códigos de instalación son aprobados por el ministerio encargado, mientras que en Argentina se trata de la autoridad regulatoria (ENRE).

Para las líneas aéreas, los códigos contemplan que la medida de prevención son las distancias de seguridad, aunque en los tres casos se recomiendan diferentes valores (no se han identificado justificaciones respecto a esa variación).

En particular el Código del Reino Unido recomienda usar el criterio de razonabilidad del acceso en la construcción de instalaciones, y no impone un valor para la distancia de seguridad horizontal. Creemos que esto es así debido a que en este país la red de distribución subterránea alcanza el 81% del total, y

la tecnología aérea es básicamente de aplicación en las zonas agrícolas<sup>14</sup>.

Una característica específica de la regulación argentina es la obligación de que las empresas distribuidoras implementen y mantengan un sistema de gestión de la seguridad pública, y que al igual que los sistemas de gestión bajo las normas ISO y OHSAS, cuenten con certificación.

Respecto a los estándares de materiales, en los tres casos se hace uso del sistema de normalización y acreditación, mediante el cual un organismo del gobierno se encarga de redactar o adaptar las normas internacionales y de entregar autorizaciones para que las empresas evaluadoras de la conformidad determinen su cumplimiento. En este aspecto, los tres países son miembros de la IEC, por lo que utilizan principalmente sus normas, aunque en el caso de Colombia se han incluido requisitos propios en el RETIE.

En cuanto a los mecanismos de control y vigilancia, podemos identificar dos aspectos particulares; el primero referido al tipo de autoridad encargada, en Argentina y Colombia se trata del regulador del sector, mientras que en el Reino Unido se trata de la autoridad de seguridad y salud laboral. De otro lado, en Argentina y Colombia se hace uso de la estructura del sistema de la calidad, con lo cual la función específica de inspección es desarrollada por empresas acreditadas por un organismo nacional.

En cuanto al reporte de los accidentes, Colombia y Argentina establecen obligaciones para que las empresas realicen reportes, cruzando información con los Institutos de medicina legal, para asegurar que se registran todos los casos mortales. En el Reino Unido el reporte es de la empresa distribuidora al regulador.

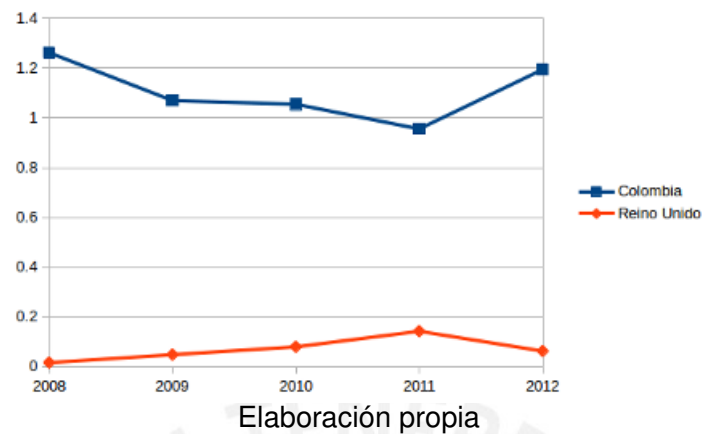
Finalmente, en cuanto a los índices de accidentes, por uniformidad de los datos; evaluaremos Colombia y el Reino Unido para los accidentes mortales. Ver

---

<sup>14</sup>La información de prevención de accidentes de los operadores Electricity North West, ESB Networks, Northern Ireland Electricity, Northern Powergrid, SP Energy Networks, SSE Power Distribution, se enfoca principalmente en el sector agrícola.

Gráfico N° 16.

Gráfico N° 16: Índice de Accidentes Mortales Colombia vs Reino Unido



El índice de accidentes evidencia que en las redes de distribución de Colombia el nivel de riesgo es más elevado que en el Reino Unido. El valor promedio resulta aproximadamente 10 veces más alto, lo cual está directamente relacionado con la predominancia de la tecnología aérea en Colombia (90%). Sin embargo, también pueden influir otros factores, como por ejemplo el gasto total en salud (que en el Reino Unido es 7 veces mayor que en Colombia) o el nivel de empleo formal (que es dos puntos porcentuales mayor en Reino Unido)<sup>15</sup>.

Con respecto a Argentina cuyos reportes incluyen accidentes mortales y no mortales, no es posible establecer una comparación directa con los otros países; sin embargo, si tenemos en cuenta que las redes son también predominantemente aéreas y que algunos medios no oficiales<sup>16</sup> indican que la cantidad de accidentes mortales es mayor a 20 por año, podríamos concluir que el nivel de riesgo de las redes es similar al de Colombia.

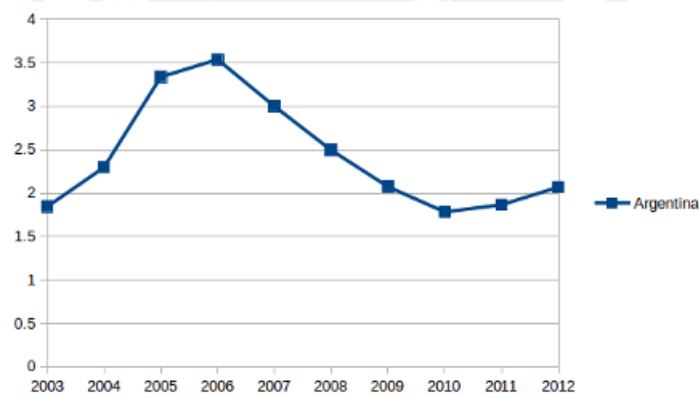
Lo que si es evidente es el cambio de tendencia a partir del año 2006, que coincide con la primera certificación de los sistemas de gestión de la seguridad pública en las empresas eléctricas, como se muestra en el Gráfico N° 17.

<sup>15</sup>Información puede consultarse en <http://www.ifitweremyhome.com/compare/CO/GB>

<sup>16</sup>Comunicados de prensa de [www.relevandopeligros.org](http://www.relevandopeligros.org)



Gráfico N° 17: Íncide de Accidentes en Argentina



Elaboración propia

## 4 Análisis de la Seguridad Pública en la distribución eléctrica en Perú

Gráfico N° 18: Organización de la seguridad pública en Perú



Elaboración propia

La norma que regula la seguridad de las instalaciones del servicio público de electricidad es el Código Nacional de Electricidad Suministro (CNE-S), aprobado por el Ministerio de Energía y Minas (Resolución Ministerial N° 214-2011-MEM/DM) que contiene un conjunto de reglas orientadas a salvaguardar la seguridad de las personas y las instalaciones. Los lineamientos del código peruano son similares al código norteamericano emitido por la NFPA.

De otro lado, las normas que regulan los requisitos técnicos de materiales y productos son las Normas Técnicas Peruanas (NTP), elaboradas por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI); complementariamente se usan normas internacionales como las Normas IEC. Esta organización se puede ver en el Gráfico N° 18.

### 4.1 Distancias de seguridad a las edificaciones

En la actividad de distribución eléctrica peruana participan 20 empresas que operan un total de 94 597 km de red, de las cuales el 80% son de tipo aéreo y el 20% subterráneo (Ver Cuadro N° 8). Por este motivo, la principal medida de seguridad es el cumplimiento de las distancias de seguridad horizontal y vertical, establecidas en el CNE-S. Ver Gráfico N° 19.

Cuadro N° 8: Parque de Instalaciones de Distribución en el Perú

N°	Empresa	Media Tensión		Baja Tensión	
		Km Aérea	km Subterránea	Km Aérea	km Subterránea
1	Coelvisa	237.77	27.53	7.05	0
2	Edecañete	311.71	2.09	257.24	40.99
3	Edelnor	1761.52	1387.45	3745.72	6546.53
4	Electrocentro	6847.75	16.64	7473.12	63.1
5	Electronorte	2018.74	33.12	2396.58	170.73
6	Hidrandina	3457.52	105.41	4786.06	687.26
7	Electronoroeste	1860.22	19.7	2622.61	210.4
8	Electro Oriente	922.94	4.78	1653.76	11.21
9	Electro Puno	3439.77	2.55	4367.97	0.79
10	Electrosur	1246.95	7.75	1360.57	40.53
11	Electro Sur Este	5471.19	46.34	5235.83	98.57
12	Electro Sur Medio	1946.73	20.97	1448.89	250.66
13	Electro Tocache	209.62	0	149.64	1.51
14	Electro Ucayali	221.26	0.78	721.48	0.54
15	Emsemsa	33.99	7.64	113.73	23.58
16	Emseusa	39.31	150	68.67	1.04
17	Electro Pangoa	2.14	0	6.86	0
18	Luz del Sur	1528.05	1378.71	2511.92	7563.28
19	Seal	1855.34	19.99	2873.76	380.31
20	Sersa	10.19	0	50.95	0

Fuente: OSINERGMIN

La distancia de seguridad horizontal se evalúa con respecto a los límites de propiedad, y la distancia de seguridad vertical respecto al piso.

## 4.2 Control y Vigilancia

El control y vigilancia del cumplimiento del Código Nacional de Electricidad está a cargo del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, quien realiza esta labor mediante tres procedimientos administrativos, los cuales se describen a continuación.

### 4.2.1 Supervisión de las deficiencias en las redes de distribución

**A) Descripción** Este procedimiento de supervisión se inició el año 2004, con el objetivo de que las empresas de distribución identifiquen y subsanen las deficiencias en sus instalaciones eléctricas. Para este fin el procedimiento estableció 97 tipos de deficiencias de las redes de distribución de media tensión y 22 tipos en el nivel de baja tensión, las cuales debían reportarse y subsanarse con periodicidad trimestral.

El año 2009, mediante Resolución N° 228-2009-OS/CD, se realizó una modificación que disminuyó los tipos de deficiencias a 39 de media tensión

Gráfico N° 19: Distancias de Seguridad en Perú

Distancia de Seguridad de	Conductores y cables de comunicación aislados; cables mensajeros; cables de guarda; retenidas puestas a tierra y retenidas no puestas a tierra expuestas de hasta 300 V <sup>12</sup> ; conductores neutros que cumplen con la regla 230E <sup>1</sup> ; cables de suministro que cumplen con la regla 230.C.1 (m)	Cables auto-portante de suministro hasta 750 V que cumplen con las reglas 230.C.2 o 230.C.3 <sup>5</sup> (m)	Partes rígidas con tensión no protegidas, hasta 750 V; conductores de comunicación no aislados, cajas de equipos no puestas a tierra, hasta 750 V y retenidas no puestas a tierra expuestas a conductores de suministro expuestos de más de 300 V a 750 V <sup>5</sup> (m)	Cables de suministro de más de 750 V que cumplen con las reglas 230.C.2 o 230.C.3; conductores de suministro expuestos, hasta 750 V (m)	Partes rígidas, bajo tensión no protegidas de más de 750 V a 23 kV, cajas de equipos no puestas a tierra, 750 V a 23 kV, retenidas no puestas a tierra expuestas a más de 750 V a 23 kV <sup>5</sup> (m)	Conductores de suministro expuestos, de más de 750 V a 23 kV (m)
<b>1. Edificaciones</b>						
<b>a. Horizontal</b>						
(1) A paredes, proyecciones, balcones, ventanas y áreas fácilmente accesibles <sup>3, 16</sup>	1,0 <sup>12,7</sup> (1,5)	1,0 <sup>1,2</sup>	1,0 <sup>1,2</sup>	1,0 <sup>1,2,9</sup> (1,5) <sup>15</sup>	2,5 <sup>1,2</sup>	2,5 <sup>12,10,11</sup>
<b>b. Vertical<sup>14</sup></b>						
(1) Sobre techos o proyecciones no fácilmente accesibles a peatones <sup>3</sup>	1,8 (3,0)	1,8	1,8	3,0	4,0	4,0
(2) Sobre balcones y techos fácilmente accesibles a peatones <sup>3</sup>	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0
(3) Sobre techos accesibles a vehículos pero no sujetos a tránsito de camiones <sup>5</sup>	5,5	5,5	5,5	5,5	6,5	6,5
(4) sobre techos de estacionamiento accesibles al tránsito de camiones <sup>8</sup>	5,5	5,5	5,5	5,5	6,5	6,5
<b>2. Letreros, chimeneas, carteles, antenas de radio y televisión, tanques y otras instalaciones no clasificadas como edificios y puentes</b>						
<b>a. Horizontal<sup>4</sup></b>	1,0 (1,5)	1,0	1,0 <sup>1,2</sup>	1,0 <sup>1,2,9</sup> (1,5)	2,5 <sup>1,2</sup>	2,5 <sup>12,10,11</sup>
<b>b. Vertical</b>						
(1) Sobre pasillos y otras superficies por donde transita el personal	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0	4,0
(2) Sobre otras partes de dichas instalaciones no accesibles a peatones <sup>4</sup>	1,8 (3,0) <sup>15</sup>	1,8	1,8	1,8 <sup>1</sup> (3,0) <sup>15</sup>	3,5	3,5

Fuente: CNE 2011

y 22 de baja tensión; y cambió la obligación de subsanación inmediata por la formulación y cumplimiento de metas de subsanación. Actualmente la supervisión se realiza anualmente, en el primer semestre del año se supervisa el cumplimiento de las metas de subsanación en MT, y en el segundo semestre la confiabilidad de la base de datos de deficiencias en MT, y durante todo el periodo el cumplimiento de metas de subsanación en BT. El incumplimiento de las obligaciones establecidas en el procedimiento, origina sanciones pecuniarias.

**B) Resultados** Las empresas de distribución eléctrica han identificado las deficiencias en sus redes y actualmente en las instalaciones de distribución eléctrica de media tensión del Perú existen 123 841 deficiencias de riesgo alto, que de acuerdo a la definición de la Resolución N° 228-2009-OS/CD ponen en inminente peligro la seguridad pública. Sin embargo, si consideramos el documento de trabajo de QUINTANILLA(2008) que precisa que son 14 tipos de deficiencias las que guardan mayor relación con los accidentes de terceros, esta cantidad se reduce a 65 160 deficiencias (Ver Cuadro N° 9). Las empresas estatales Electrocentro y Electro Sur Este son las que concentran la mayor cantidad de deficiencias, lo cual puede explicarse en el hecho de que son las empresas con mayor cantidad de kilómetros de red.

**C) Costo de la Subsanación** A la fecha las empresas han subsanado de manera definitiva 58 149 deficiencias relacionadas con los accidentes del público, lo cual ha significado un gasto de 72 millones de nuevos soles (considerando los costos unitarios estimados por QUINTANILLA 2008). Para completar la subsanación definitiva de las 65 160 deficiencias pendientes se requiere un gasto adicional de 74 millones de nuevos soles. El resultado del cálculo efectuado puede apreciarse en el Cuadro N° 10.

**D) Costo de la Supervisión** Con respecto a la supervisión, el costo promedio anual en que incurre el regulador para efectuar la supervisión de la

Cuadro N° 9: Deficiencias pendientes de subsanar en redes de media tensión

Empresa	Cantidad de Deficiencias de Riesgo Alto	Cantidad de deficiencias que se relaciona con accidentes del público
Edecañete	1268	621
Edelnor	2858	1967
Electrocentro	38763	26143
Electronorte	2503	1141
Hidrandina	11423	6421
Electronoroeste	5338	3112
Electro Oriente	6874	1804
Electro Puno	3048	2151
Electrosur	3860	2105
Electro Sur Este	16118	10178
Electro Sur Medio	1905	696
Electro Ucayali	461	94
Luz del Sur	5706	922
Seal	23716	7805
TOTAL GENERAL	123841	65160

Fuente: OSINERGMIN 2014

Cuadro N° 10: Gastos de la subsanación efectuados por las empresas

Empresa	Gasto Efectuado	Gasto a realizar
Edecañete	1405230	926082
Edelnor	12039763	3435864
Electrocentro	6356385	32607697
Electronorte	4333215	1531715
Hidrandina	13503062	7492668
Electronoroeste	5496951	5088992
Electro Oriente	4874104	2153068
Electro Puno	1464422	2522960
Electrosur	5691111	2573617
Electro Sur Este	282760	7696769
Electro Sur Medio	4738067	1032261
Electro Ucayali	1047189	103888
Luz del Sur	3864973	293418
Seal	7050819	6320359
TOTAL GENERAL	72 148 051	73 779 358

Elaboración propia



Cuadro N° 11: Gasto Anual en la Supervisión de deficiencias

Conceptos	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Empresas Supervisoras	1745888	2220000	2178840	2156586	2191016	2388863
Jefe de Unidad	89400	89400	89400	89400	89400	89400
Asistente Administrativo	72000	72000	72000	72000	72000	72000
Especialista legal	82200	82200	82200	82200	82200	82200
Total	1989488	2463600	2422440	2400186	2434616	2632463

Fuente: Planes Operativos de OSINERGMIN

seguridad pública es de aproximadamente 2.3 millones de nuevos soles. Considerando los costos recogidos en los Planes Operativos del regulador, que se muestran el Cuadro N° 11.

### E) Eficiencia de la supervisión de las deficiencias en las redes de distribución

Para determinar la eficiencia de la regulación en función de la información disponible y aplicando el criterio de evaluación introducido por Viscusi (costo por vida salvada), definimos los siguientes valores:

$c$  =Costo de la regulación del periodo 2008-2013, que es el costo de supervisar (S/. 14 342 793) más el costo en que incurrieron las empresas en subsanar definitivamente los 14 tipos de deficiencias que tienen relación con los accidentes de terceros (S/. 72 148 051).

$s$  =Porcentaje de reducción del nivel de riesgo, definido como la variación en la cantidad de deficiencias pendientes de subsanar<sup>17</sup>.

$n$  =Cantidad de personas afectadas por la regulación, que consideraremos igual al número de deficiencias subsanadas 58 149.

Por lo que aplicando la fórmula

$$\frac{c}{sn} < v$$

tenemos el resultado de S/. 3 164.68 soles por vida salvada. Sin embargo, este resultado puede criticarse porque se está asumiendo que una deficiencia subsanada es igual a una vida salvada, lo cual parece poco

<sup>17</sup>De acuerdo a la definición del procedimiento de supervisión cada deficiencia pone en riesgo la vida de una persona.

realista, puesto que si cada deficiencia que establece el procedimiento de supervisión produce un accidente, el universo sería de 65 160 accidentes.

Por otro lado, si evaluamos la eficiencia en cuanto a la cantidad de accidentes que ocurren, la falta de información histórica del número de accidentes antes de la entrada en vigencia del procedimiento, distorsionaría los resultados porque muestra que se ha pasado de 27 accidentes al año (periodo 2001-2003) a 42 accidentes al año (periodo 2004-2013).

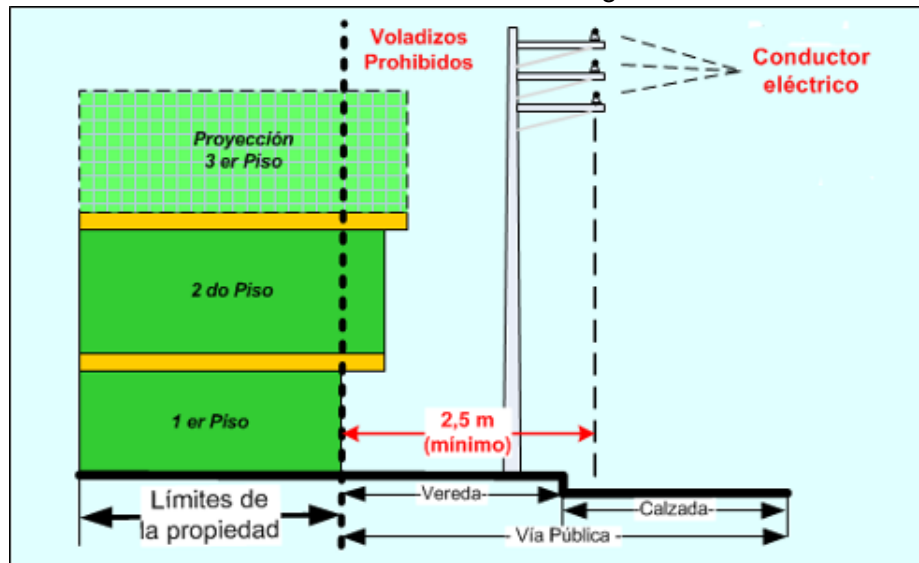
#### **4.2.2 Atención de solicitudes de paralización de actividades por riesgo eléctrico**

**A) Descripción** El procedimiento de atención de solicitudes se inició el año 2007, con la aprobación de la Resolución N° 735-2007-OS/CD, y su objetivo fue complementar el procedimiento de supervisión de la seguridad pública. Puesto que en la práctica se identificó que muchas situaciones de riesgo eléctrico se originaban por las actividades que realizaban otras personas y/o empresas ajenas a la distribución eléctrica; por ejemplo la configuración típica de las viviendas que se construyen cerca las instalaciones de distribución eléctrica modifica drásticamente el esquema de seguridad mediante distancias mínimas, puesto que se invaden los espacio públicos, tal como se puede apreciar en el Gráfico N° 20.

El procedimiento tiene aplicación a nivel nacional para toda comunicación presentada por personas de público en general, empresas del sector eléctrico y los casos de oficio identificados por los supervisores de OSINERGMIN. La intervención de OSINERGMIN se realiza mediante la emisión de un Oficio al infractor ordenando el cese de las actividades por constituir un riesgo para la seguridad pública. En caso de incumplimiento de la disposición se efectúa una comunicación a la Municipalidad y al Ministerio Público, pues son las autoridades competentes para sancionar ese tipo de administrados.

El infractor puede solicitar el levantamiento de la disposición de medida

Gráfico N° 20: Alteración de las distancias de seguridad de las redes Aéreas



Fuente: OSINERGMIN 2014

cuando la situación de riesgo eléctrico grave se haya subsanado o reducido sustancialmente.

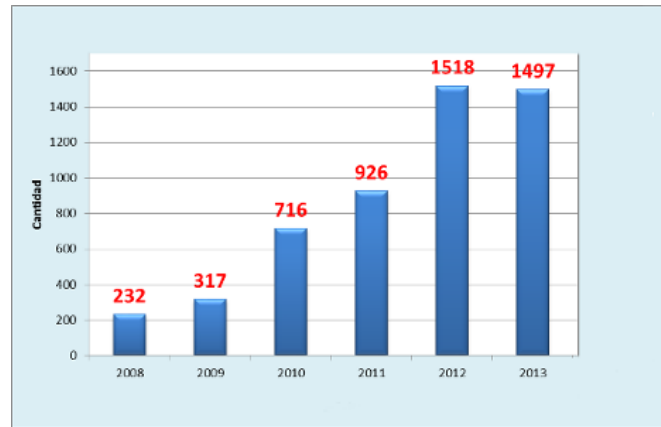
**B) Resultados** La cantidad anual de casos que se atiende mediante este procedimiento se ha incrementado en más de 600% respecto a año 2008, principalmente por la dinámica que ha experimentado el sector construcción durante los últimos años así como los esfuerzos de difusión que se han realizado entre los miembros del público general y las autoridades municipales para que reporten casos de riesgo eléctrico. El Gráfico N° 21 muestra la evolución de la cantidad de solicitudes anuales.

De otro lado, en cuanto a la efectividad de las disposiciones se puede apreciar un nivel elevado de cumplimiento (promedio del 75%) a pesar de que OSINERGMIN no tiene la autoridad para sancionar la negativa a paralizar las actividades. Ver Gráfico N° 22.

**C) Costo de la Atención de Solicitudes** El costo promedio anual en que incurre el regulador para atender las solicitudes es de aproximadamente 430 mil nuevos soles, tal como se muestra en el Cuadro N° 12.

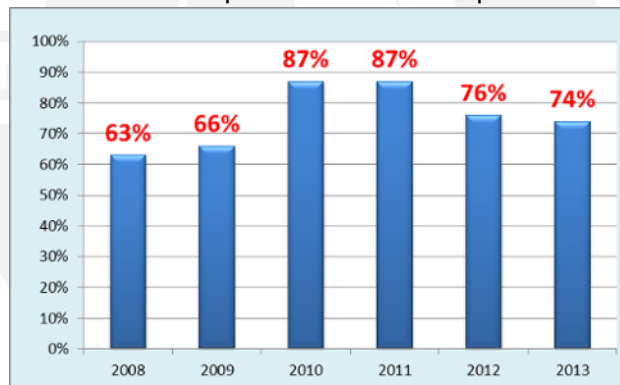
**D) Eficiencia de la atención de las solicitudes** Aplicando los criterios

Gráfico N° 21: Solicitudes de Paralización Atendidas



Fuente: OSINERGMIN 2014

Gráfico N° 22: Niveles de Cumplimiento de las Disposiciones de Paralización



Fuente: OSINERGMIN 2014

Cuadro N° 12: Gasto Anual de la Atención de Solicitudes

Conceptos	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Empresas Supervisoras	125353	241555	90000	175560	250560	227340
Asesor Legal	89400	89400	89400	89400	89400	89400
Asistente Administrativo	72000	72000	72000	72000	72000	72000
Especialista legal	82200	82200	82200	82200	82200	82200
Total	368953	485155	333600	419160	494160	470940

Fuente: Planes Operativos de OSINERGMIN

introducidos por Viscusi definimos los siguientes valores:

$c$  = Costo de la regulación del periodo 2008-2013, que es el costo de supervisar (S/. 2 571 968).

$s$  = Porcentaje de reducción del nivel de riesgo, definido como la efectividad promedio del cumplimiento de las disposiciones de paralización de actividades (0,75).

$n$  = Cantidad de personas afectadas por la regulación, que consideraremos igual al número de solicitudes atendidas en el periodo (5206).

Por lo que tenemos el resultado de S/. 658.71 soles por vida salvada.

Comparando este resultado con el de la supervisión de las deficiencias en las redes, se concluye que la atención de solicitudes por riesgo eléctrico es mucho más eficiente que la supervisión de las instalaciones.

#### 4.2.3 Fiscalización de los accidentes de terceros

**A) Descripción** El último proceso administrativo relacionado con la seguridad pública es la fiscalización de los accidentes. En todos los casos de accidentes de personas del público (accidentes de terceros) las empresas tienen la obligación de reportar el accidente al OSINERGMIN, a través del Sistema de Información de Accidentes del Sector Eléctrico (SIASE) que está vigente desde el año 2009<sup>18</sup>. Con el reporte del accidente, OSINERGMIN inicia una investigación que consiste en la inspección de campo de las instalaciones, la elaboración de un reporte que identifica los incumplimientos a las normas técnicas y la elaboración de un Informe Técnico que puede conducir a la sanción de la empresa distribuidora.

**B) Resultados** La cantidad promedio anual del número de accidentes es de 100 considerando el total de accidentes y 38 sólo considerando los accidentes mortales (Ver Cuadro N° 13).

<sup>18</sup>Desde el año 2011, todos los accidentes de trabajadores de las empresas del sector eléctrico se reportan al Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo.

Cuadro N° 13: Índice de Accidentes en Perú

Año	Accidentes Mortales	Accidentes no mortales	Población en millones	Accidentes mortales/por millón de habitantes	Total Accidentes /por millón de habitantes
2001	27	33	26,37	1.02	2.28
2002	25	50	26,73	0.94	2.81
2003	27	63	27,07	1.00	3.32
2004	36	89	27,41	1.31	4.56
2005	51	97	27,73	1.84	5.34
2006	40	43	28,03	1.43	2.96
2007	26	34	28,33	0.92	2.12
2008	54	58	28,63	1.89	3.91
2009	30	70	28,93	1.04	3.46
2010	58	65	29,26	1.98	4.20
2011	51	58	29,61	1.72	3.68
2012	39	88	29,99	1.3	4.24
2013	42	83	30,38	1.38	4.12

Elaboración propia

**C) Costos de la Fiscalización de Accidentes** Los costos anuales de la fiscalización de accidentes se pueden observar en el Cuadro N° 14.

Cuadro N° 14: Gasto Anual de la Fiscalización de Accidentes

Conceptos	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Supervisión	220000	243000	243000	250000	263 155	296040
Jefe de Unidad	89400	89400	89400	89400	89400	89400
Asistente Administrativo	72000	72000	72000	72000	72000	72000
Total	381400	404400	404400	411400	161400	457440

Fuente: Planes Operativos de OSINERGMIN

Debido a la falta de información sobre el monto de las sanciones que se imponen cuando ocurre el accidente, no es posible evaluar cuan eficiente es este mecanismo de regulación para promover incentivos a invertir en la seguridad pública.

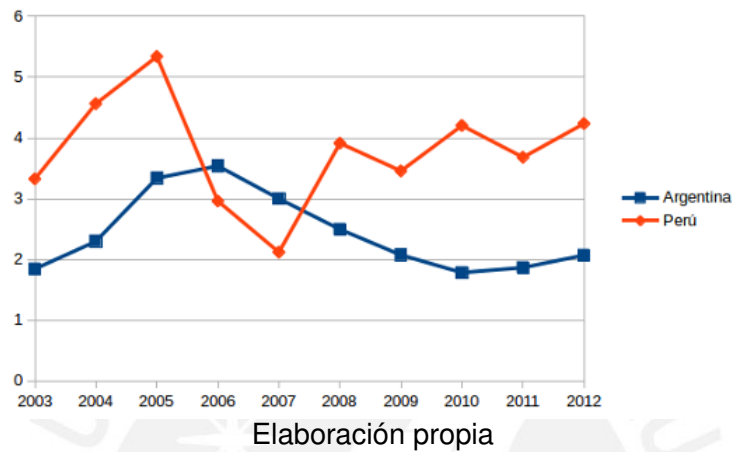
**D) Comparación Internacional** El Gráfico N° 23 muestra que en los índices para el total de accidentes de Argentina y Perú existe una tendencia hacia la mejora en cuanto al nivel de seguridad, aunque en el caso argentino la mejora parece más sostenida.

Conviene mencionar que las regulaciones de Perú y Argentina se parecen en cuanto a que se identifican y corrigen deficiencias, y que la principal diferencia radica en que las empresas de distribución argentinas cuentan con un sistema de gestión de la seguridad pública y un mecanismo para



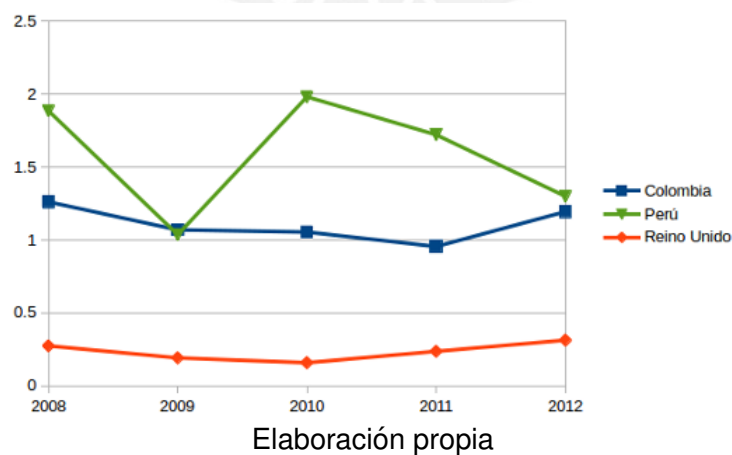
recibir reclamos del público respecto a la seguridad pública. También es necesario recordar que pueden influir otros factores propios de la economía del país, como por ejemplo que el gasto total en salud, que en Argentina es 2 veces mayor que en Perú.

Gráfico N° 23: Índice de Accidentes Perú vs Argentina



Respecto al índice de accidentes mortales, en el Gráfico N° 24 se puede observar que también existen una tendencia a la mejora y que actualmente el Perú y Colombia tienen redes de distribución con niveles de mortalidad similares, pero que son muy superiores al Reino Unido (10 veces mayores). Como se indicó anteriormente esto es producto de la predominancia de redes aéreas (superiores el 80%).

Gráfico N° 24: Índice de Accidentes Mortales Perú-Colombia-Reino Unido



## 5 Alternativas de mejora a la regulación de seguridad pública en Perú

En esta parte de la investigación, se proponen alternativas de mejora a la regulación para controlar tres factores que son decisivos en la ocurrencia de los accidentes. Estos factores fueron elegidos como resultado de la revisión los Reportes Ampliatorios de Accidentes del SIASE de OSINERGMIN, y siguiendo el enfoque el Pearson, que plantea que los accidentes ocurren debido a la falla simultánea de varios componentes de un sistema (Condiciones del entorno, actos específicos, supervisión, ect).

### 5.1 Redes eléctricas aéreas con conductores desnudos

#### 5.1.1 Estado Actual

La tecnología de red aérea es la más usada en el Perú (80% aproximadamente); y en el caso del nivel de media tensión su presencia ha sido decisiva para la ocurrencia de más del 80% de accidentes, tal como se puede ver en el Cuadro N° 15.

Cuadro N° 15: Accidentes en los diferentes niveles de tensión

Accidentes	2009	2010	2011	2012	2013	% Promedio
En media Tensión	76	83	74	92	95	82,4
En Baja Tensión	15	21	13	23	18	17,6
Total general	100	123	109	127	125	100

Fuente: SIASE, OSINERGMIN

Para determinar si la sola existencia de este tipo de red es crucial para la ocurrencia del accidente, o si se tratan de los casos en donde se incumplen los códigos de instalación, se calculó el coeficiente de correlación entre los km de red instalados y la cantidad de accidentes (valor de 0.768973446) y se comparó con el coeficiente de correlación entre las deficiencias que existen las redes y la cantidad de accidentes (valor de 0.8208657424); la pequeña diferencia que existe entre los coeficientes de correlación sugiere que el mero hecho de que existan redes aéreas con conductores desnudos incrementa la posibilidad de que ocurran los accidentes.

Cuadro N° 16: Accidentes Mortales por Empresa de Distribución

Empresas Distribuidoras	Km red MT	N° Deficiencias	Promedio de accidentes al año
Electrocentro	6847.75	26143	9
Electro Sur Este	5471.19	10178	3
Hidrandina	3457.52	6421	4
Electro Puno	3439.77	2151	3
Electronorte	2018.74	1141	3
Electro Sur Medio	1946.73	696	3
Electronoroeste	1860.22	3112	5
Seal	1855.34	7805	3
Edelnor	1761.52	1967	4
Luz del Sur	1528.05	922	3
Electrosur	1246.95	2105	1
Electro Oriente	922.94	1804	2
Edecañete	311.71	621	1
Electro Ucayali	221.26	94	1

Elaboración propia

Este hallazgo se confirmó con los Informes de Investigación de Accidentes, que realiza el regulador, ya que en cerca del 60% de casos investigados las redes involucradas en el accidente no presentaban deficiencias de instalación, tal como se muestra en el Cuadro N° 17.

Cuadro N° 17: Situación de las instalaciones durante el accidente

Causas en Media Tensión	2009	2010	2011	2012	2013
Conductores expuestos que cumplen distancia de seguridad	31	35	30	53	33
Conductores expuestos que incumplen distancia de seguridad	20	31	29	25	34

Fuente: OSINERGMIN (2013)

### 5.1.2 Alternativa: Conversión de las redes de media tensión aéreas a subterráneas

De acuerdo a Williamson(1967) una alternativa de control es invertir en gastos de medidas preventivas, y en este caso podemos invertir en dispositivos para incrementar las distancias de seguridad de las redes aéreas o sustituirlas por redes subterráneas.

La primera alternativa es poco práctica de implementar puesto que las dimensiones y las características de físicas de los materiales siguen estándares de seguridad internacionales, tal como lo evidencian las normas revisadas, con distancias horizontales en el rango de [2,3 m- 2,7 m] y distancias verticales en el rango de [4 m – 5,2 m].

La alternativa de sustitución aérea por subterránea tiene como principal inconveniente el costo de conversión; sin embargo, tal como se mencionó en el marco teórico, puede ser viable dependiendo del valor que la sociedad le asigne al beneficio. A continuación presentamos un ejercicio inédito de evaluación de costos incluyendo el valor de la vida estadística.

Por simplicidad definimos que el costo total de una red de distribución es la suma del costo de la instalación más el valor presente del costo de la vida estadística por los accidentes que ocasiona a lo largo de toda su vida útil. En este sentido tendremos:

Para la red aérea:

$$\text{Costo de Instalacion} + VP(\mu \text{ Costo Vida Estadística})$$

Para la red subterránea (Consideramos que la probabilidad de accidentes se reduce a cero):

$$\text{Costo de Instalacion}$$

Teniendo en cuenta que el factor determinante es la existencia de las redes aéreas, más que la existencia de deficiencias, el valor de esta probabilidad se calcula como:

$$\mu = \frac{\text{Accidentes}}{\text{km Red}}$$

Para el factor “Accidentes” consideramos el promedio anual de accidentes del periodo 2009-2013, que se muestra en el Cuadro N° 16

Para el valor de la vida estadística se toma en cuenta la investigación de VASQUEZ (2008) sobre el valor del daño para el sector hidrocarburos, el cual calcula el valor de la vida estadística al 90% de confianza en S/. 1.84 millones.

El resultado de los cálculos de la probabilidad de accidente y el valor esperado

Cuadro N° 18: Valor esperado de la Vida Estadística

Empresa	u	VP(u*VE) en soles
Electrocentro	0.0013143003	19479.95
Electro Sur Este	0.0005483268	8127.05
Hidrandina	0.0011568986	17147.02
Electro Puno	0.0008721513	12926.62
Electronorte	0.0014860755	22025.92
Electro Sur Medio	0.0015410458	22840.67
Electronoroeste	0.0026878541	39838.13
Seal	0.0016169543	23965.75
Edelnor	0.0022707662	33656.25
Luz del Sur	0.0019632865	29098.93
Electrosur	0.0008019568	11886.23
Electro Oriente	0.0021669881	32118.1
Edecañete	0.0032081101	47549.13
Electro Ucayali	0.0045195697	66986.98

Elaboración propia

del costo de vida por la tecnología elegida puede verse en el Cuadro N° 18.

Finalmente con los costos unitarios del VAD 2013-2017 del sector de distribución típico I (Gráfico N° 25), se obtienen los costos de instalación que se muestra en el Cuadro N° 19. Para las 14 empresas analizadas, se puede apreciar que el costo de la red subterránea es aproximadamente tres veces mayor que el costo de la red aérea, es decir que desde el punto de vista económico es conveniente mantener la red aérea. Sin embargo, debemos resaltar que estos resultados son para la totalidad de la red, es decir que el reemplazo puede ser viable para algunas zonas en donde exista mayor densidad poblacional, mayor probabilidad de accidentes o con un valor de la vida estadística mucho mayor.

Gráfico N° 25: Costo de las redes de media tensión

Lineas MT Subterráneas			
Nombre	Resistencia [ohm/km]	Costo [USD/km]	CAM [A]
3 x 70 mm <sup>2</sup> - Subt MT AI	0.639	153,922	202
3 x 120 mm <sup>2</sup> - Subt MT AI	0.324	157,279	274
3 x 185 mm <sup>2</sup> - Subt MT AI	0.210	161,801	345
3 x 240 mm <sup>2</sup> - Subt MT AI	0.182	165,438	397
3 x 300 mm <sup>2</sup> - Subt MT AI	0.151	169,910	445
3 x 400 mm <sup>2</sup> - Subt MT AI	0.100	176,523	501

Lineas MT Aéreas			
Nombre	Resistencia [ohm/km]	Costo [USD/km]	CAM [A]
3 x 35 mm <sup>2</sup> - Aéreo MT AI	1.089	37,626	139
3 x 70 mm <sup>2</sup> - Aéreo MT AI	0.583	39,863	201
3 x 120 mm <sup>2</sup> - Aéreo MT AI	0.323	43,058	284
3 x 125 mm <sup>2</sup> - Aéreo MT AI	0.306	43,378	293
3 x 185 mm <sup>2</sup> - Aéreo MT AI	0.221	47,212	405
3 x 240 mm <sup>2</sup> - Aéreo MT AI	0.162	50,727	472

Fuente: OSINERGMIN 2014



Cuadro N° 19: Costos de Redes Aéreas vs Redes Subterráneas

Empresa	Tecnología Subterránea	Tecnología Aérea
Electrocentro	924446250	347385294.2
Electro Sur Este	738610650	277545182.18
Hidrandina	466765200	175406764.06
Electro Puno	464368950	174502139.41
Electronorte	272529900	102426649.9
Electro Sur Medio	262808550	98774613.38
Electronoroeste	251129700	94403218.07
Seal	250470900	94139797.93
Edelnor	237805200	89390281.29
Luz del Sur	206286750	77542491.28
Electrosur	168338250	63265918.88
Electro Oriente	124596900	46850095.48
Edecañete	42080850	15859662.3
Electro Ucayali	29870100	11290843

Elaboración propia

## 5.2 Inadecuada Percepción del Riesgo

### 5.2.1 Situación Actual

Dado que cerca del 60% de los accidentes ocurren en situaciones en donde la red cumple las especificaciones técnicas de seguridad, el segundo aspecto a analizar son los actos de las personas; puesto que de acuerdo a la teoría de regulación de la seguridad, los agentes que no tienen información adecuada o que no tienen la capacidad para procesarla realizan malas elecciones.

Aunque no se tiene información directa, respecto al nivel de conocimiento de los riesgos que poseían las personas accidentadas (puesto que los Informes Ampliatorios de Accidentes no contienen dicho detalle); una encuesta del OSINERGMIN del año 2012, nos da la referencia de que el 51,2% de personas que viven alrededor de las instalaciones eléctricas no conocen los riesgos. Ver Gráfico N° 26.

Este factor es más relevante para la ocurrencia de los accidentes, si tomamos en cuenta que la encuesta (Gráfico N° 26) evidencia que entre los que conocen el riesgo, sólo el 19% manifestó haber considerado necesario realizar una denuncia o reclamo.

Esta falta de conocimiento o incapacidad para incorporarlo en las decisiones,



Gráfico N° 26: Percepción de las personas respecto al riesgo de las instalaciones

CUAL CONSIDERA QUE ES EL PRINCIPAL PROBLEMA DE RIESGO ELECTRIC RELACIONADO CON LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

	TOTAL	CONCESIONARIA					
		ELECTRO CENTRO	ELSE	HIDRANDINA	LUZ DEL SUR	ELECTR OPUNO	EDELNOR
Instalaciones y cables cerca de viviendas/mala ubicación	29.4%	27.3%	42.9%	40.5%	7.7%	37.5%	22.9%
Cables pelados/sacan chispas/mal estado	22.0%	27.3%	.0%	40.5%	30.8%	18.8%	12.9%
Falta de supervisión o control para mantenimientos	12.4%	4.5%	7.1%	.0%	.0%	.0%	28.6%
No precisa, no opina	12.4%	9.1%	21.4%	9.5%	46.2%	37.5%	1.4%
Postes en mal estado	10.7%	13.6%	.0%	2.4%	.0%	.0%	21.4%
Cables en exceso / sueltos / caídos	2.8%	.0%	14.3%	4.8%	.0%	.0%	1.4%
El desorden de cables e instalaciones	2.8%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	7.1%
Cables/conductores mal instalados	1.7%	9.1%	.0%	.0%	.0%	.0%	1.4%
Instalaciones existentes inseguras	1.1%	.0%	.0%	2.4%	.0%	.0%	1.4%
Existencia de instalaciones clandestinas	1.1%	.0%	.0%	.0%	15.4%	.0%	.0%
Ninguno	1.1%	4.5%	7.1%	.0%	.0%	.0%	.0%
Ruidos molestos	.6%	.0%	.0%	.0%	.0%	6.3%	.0%
Robo de cables	.6%	4.5%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%
Sube y baja la tensión/energía	.6%	.0%	7.1%	.0%	.0%	.0%	.0%
Existencia de cables aéreos	.6%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	1.4%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Número de casos	177	22	14	42	13	16	70

( BASE: LOS QUE AFIRMARON TENER ALGUN TIPO DE PROBLEMA )

PRESENTO RECLAMO O DENUNCIA A LA EMPRESA DE SERVICIOS ELECTRICOS POR PROBLEMAS QUE ATENTA SEGURIDAD PUBLICA OCASIONADOS POR LAS INSTALACIONES ELECTRICAS

	TOTAL	CONCESIONARIA					
		ELECTRO CENTRO	ELSE	HIDRANDINA	LUZ DEL SUR	ELECTR OPUNO	EDELNOR
SI	19.2%	16.7%	27.1%	8.3%	5.6%	14.3%	37.8%
NO	80.8%	83.3%	72.9%	91.7%	94.4%	85.7%	62.2%
Total	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Número de casos	355	30	59	96	54	56	90

( BASE: TOTAL DE ENTREVISTADOS )

Fuente: OSINERGMIN 2012

influyen en por lo menos el 30% de los accidentes<sup>19</sup>, ya que este valor corresponde al porcentaje de personas que decidieron voluntariamente realizar actividades laborales en la presencia de las instalaciones eléctricas, tal como se muestra en el Cuadro N° 20.

Cuadro N° 20: Actividad realizada al momento del accidente

Empresa	2009	2010	2011	2012	2013	Total
Actividad desconocida	62	35	38	36	40	211
Manipular varillas de construcción civil cerca de conductores		8	8	7	17	45
Manipular palos , alambres, tubos cerca de conductores		9	6	9	5	29
Exposición innecesaria para realizar trabajo	4	9	8	21	10	52
Instalar andamios, estructuras,etc. cerca de conductores		2		5	1	8
Usar los equipos / herramientas / material de manera incorrecta	2	1	2	3	6	14
Instalar avisos, letreros, banderolas cerca de conductores		4	1		2	7
Sustraer conductores y equipos eléctricos, etc.		5		1		6
Instalar antenas de TV, astas, etc. cerca de conductores			2	1	2	5
Levantar objetos en forma incorrecta			2	1	2	5
No respetar las distancias de seguridad		4	2	1	3	10
Tocar conductor eléctrico caído		1	2	1	2	6
Maniobrar tolva de camión cerca de líneas eléctricas				1	3	4
Realizar conexión eléctrica clandestina	1	2			1	4
Realizar una tarea u operar equipos sin autorización	2			2		4
Efectuar poda de árboles cerca de conductores expuestos		1	1	1		3
Trepar una estructura sin autorización		2	1	1		4
Manipular caja de conexión eléctrica			1	1		2
Maniobrar brazo hidráulico cerca de líneas eléctricas					1	1
Total	76	83	74	93	95	421

Elaboración propia

### 5.2.2 Alternativa: Sistematizar los mecanismos de comunicación de riesgos

En primer lugar, es necesario establecer la obligación de que las empresas de distribución eléctrica implementen procesos de comunicación de riesgos, periódicos y orientados a grupos de la población específicos (propietarios de viviendas y personal de construcción civil); para lo cual es necesario identificar al 100% de personas cuyas viviendas se ubican alrededor de las instalaciones aéreas de media tensión, pues se trata del grupo de la población más vulnerable. Esta obligación debe incorporarse en los códigos de instalación de manera similar al caso colombiano.

En segundo lugar, es necesario que la forma y contenido de la información a difundir sea desarrollado y revisado por los diferentes grupos de la sociedad

<sup>19</sup>Dicho porcentaje puede ser mayor, dado que no se ha incluido el 50% de casos, cuyo reportes de accidentes no contiene información respecto a la actividad que realizaban las personas

(miembros de la sociedad civil, gremios laborales, autoridades) a fin de que contenga acciones específicas a realizar por parte de las personas, de modo tal que se reduzca la necesidad de procesamiento de la información. Un ejemplo de información procesada es la señalética usada por el Reino Unido en los postes de media tensión (Gráfico N° 15), que muestra gráficamente y por escrito el mensaje de probable muerte.<sup>20</sup>

Finalmente, la supervisión del cumplimiento de estas disposiciones debe complementar el actual procedimiento de supervisión de la seguridad pública de la distribución. Aunque puede evaluarse la opción de la Certificación del "Sistema de Gestión de Seguridad Pública" de las empresas distribuidoras, tal como la regulación argentina.

### **5.3 Inadecuado control de las actividades laborales de otros sectores**

#### **5.3.1 Situación Actual**

En las estadísticas del Cuadro N° 20 podemos apreciar que más del 30% de los accidentes ocurren como parte de actividades laborales, principalmente en la construcción civil. El control de dichas actividades quedan fuera del alcance del Organismo Regulador del sector eléctrico, excepto por las acciones de prevención que se desarrollan como parte del procedimiento de paralización de actividades por riesgo eléctrico (Resolución N° 735-2007-OS/CD).

Si tomamos en cuenta que en nuestro país el 65% de las construcciones son informales y que son realizadas principalmente por personal no calificado (de acuerdo a investigaciones de la Cámara Peruana de la Construcción -CAPECO) se hace evidente la falla en el control respecto a las licencias de construcción (por parte de las autoridades municipalidades) y respecto al cumplimiento la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (Ley N° 29783) y su Reglamento (Decreto Supremo 005-2012-TR), por parte de la Superintendencia Nacional de

<sup>20</sup>En el Perú la señalética sólo contiene el símbolo del rayo, no incluye la persona

Fiscalización Laboral -SUNAFIL.

### **5.3.2 Alternativa: Articulación de responsabilidades de los organismos de control**

Con respecto a las actividades del Organismo Regulador del Sector Eléctrico, hemos visto que la atención de solicitudes de paralización de actividades por riesgo eléctrico es la más eficiente desde el punto de vista económico (S/. 658.71 soles por vida salvada), por lo tanto, se debe ampliar su alcance hacia ese 30% de accidentes de construcción civil. Para ello, debe mejorarse la comunicación con las autoridades municipales y las empresas eléctricas mediante el establecimiento de un Sistema de Información Único que permita compartir información respecto a las actividades de construcción que se realizan alrededor de las instalaciones eléctricas de media tensión.

Del mismo modo deben establecerse canales de comunicación con las autoridades de trabajo (Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo y SUNAFIL) para que puedan disponer de la información de los accidentes de terceros del sector electricidad (Mejora del SIASE de OSINERGMIN) e identifiquen a los empleadores que no cumplen con las obligaciones de identificación y evaluación de riesgos antes de iniciar la actividad laboral.

Una opción a esta articulación de responsabilidades, es la transferencia del control de la seguridad pública a la autoridad de trabajo (similar al esquema de supervisión del Reino Unido) puesto que se reducirían los costes de coordinación y transferencia de conocimiento.

## 6 Conclusiones y Recomendaciones

La regulación de la seguridad pública en el sector electricidad está orientada a controlar o mitigar los riesgos derivados del suministro de electricidad a través de las redes eléctricas; los cuales están influenciados por las características tecnológicas y regulatorias que se aplican en el sector.

En el caso peruano, el análisis realizado ha evidenciado que la mera existencia de redes aéreas de media tensión con conductores desnudos (tecnología de mayor utilización) representa un riesgo alto para la seguridad pública, puesto que durante los últimos cinco años alrededor del 60% de accidentes se produjo en redes que cumplían las distancias de seguridad. Esto a su vez demuestra que las personas afectadas tuvieron una gran influencia en la ocurrencia de los accidentes.

En el ámbito internacional, el caso peruano presenta niveles de accidentabilidad similares a los casos colombiano y argentino, lo cual se explica por los porcentajes de red aérea que poseen (mayores al 80%). En cambio, respecto al Reino Unido, la diferencia es notable (cerca a 10 veces mayor) puesto que sus redes son principalmente subterráneas.

En este escenario, mediante un análisis de eficiencia económica, aplicado a los procedimientos de supervisión de OSINERGMIN relacionados con la seguridad pública, se ha identificado que el costo por vida salvada por la supervisión de los aspectos técnicos es de 3 165 nuevos soles; mientras que por el control de las actividades humanas es de 659 nuevos soles.

Teniendo en cuenta estos resultados se han explorado tres alternativas para reducir la cantidad de accidentes:

- Reemplazo de las redes aéreas de media tensión por redes subterráneas, pues ofrecen el nivel más alto de seguridad. Que debido al alto costo de esta tecnología requieren que la sociedad asigne un valor económico suficientemente alto a la vida estadística, pues con el valor actual de 1,84

millones de nuevos soles no resulta viable el reemplazo total de las redes.

- Mientras se mantenga la tecnología de red aérea la supervisión debe enfocarse hacia el componente humano. Para ello es necesario que se incorporen obligaciones de identificación y difusión periódica de información para que los miembros de los grupos más vulnerables de la población puedan tomar decisiones de manera más fácil.
- Deben orientarse más recursos hacia el procedimiento de Atención de Solicitud de Paralización por Riesgo Eléctrico, para el establecimiento de un sistema único de información del riesgo eléctrico, en base al cual se articulen las responsabilidades con los reguladores y supervisores del sector construcción (SUNAFIL y Municipalidades), puesto que un 30% de los accidentes están relacionados con estas actividades.

No existen muchos estudios o investigaciones respecto a la regulación de seguridad pública en el sector electricidad, ni en la actividad de distribución eléctrica específicamente. Tanto a nivel nacional como internacional las investigaciones se orientan a la regulación de la calidad del servicio, por lo tanto esta tesis constituye un primer aporte para realizar estudios más especializados.



## Bibliografía

BERSNTEIN Juan.

1999 Regulación en el Sector de Distribución Eléctrica. Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil. Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. Departamento de Ingeniería Eléctrica.

BROWN, INFRASOURCE Technology

2007 Literature Review and Analysis of Electric Distribution Overhead to Underground Conversion. Florida.

BROWN, NFRASOURCE Technology

2007 Undergrounding Case Studies. Florida.

DAMMERT, Alfredo, Raúl GARCÍA y Fiorella MOLINELLI

2008 Regulación y Supervisión del Sector Eléctrico. Primera Edición. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial

DAMMERT, Alfredo, José GALLARDO y Lennin QUIZO

2004 Problemática de la Supervisión de la Calidad del Servicio Eléctrico en el Perú. Documento de Trabajo N° 6. Lima: OSINERGMIN.

DEFENSORIA DEL PUEBLO

s/a Informe sobre los riesgos de electrocución en las instalaciones de los servicios públicos de electricidad, telecomunicaciones y televisión por cable. Informe Defensorial. Lima.

ENDESA

2005 Capítulo 5. Redes de distribución en media tensión. Normas Particulares. España.

ENRE

2003-2012 Informes Anuales. Sección Seguridad Pública. Argentina.  
<<http://www.enre.gov.ar/>>

GRANDE Jaime y Gálvez Waldo

2005 Re-ubicación de Conductores Para Cumplir Con Distancias De Seguridad. Trabajo Técnico. Lima.

GÓMEZ, Fernando

s/a Responsabilidad extra contractual y otras fuentes de reparación de daños: "Colateral Source Rule" y afines. Barcelona. InDret.

HASSAN Al-Khalidi

2009 Technical Consideration and Impact of Converting Overhead Power Lines to Underground Power Cables. Tesis Doctoral. Victoria. Victoria University.

HUNT, Sally

2002 Making Competition Work in Electricity. New York: John Wiley & Son Inc

JANÉ LA TORRE, Eduardo y Jorge MAÑUICO

2007 Supervisión y Fiscalización de las Instalaciones de distribución eléctrica por seguridad pública en el Perú. Documento de Trabajo N° 06-GFE. Lima: OSINERGMIN.

MURILLO, Víctor

2007 Análisis del Impacto de la Fiscalización realizada por la Autoridad Regulatoria a la Calidad del Servicio de Alumbrado Público en el Perú. Tesis de maestría en Economía. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Graduados.

OLDHAM Ken y MADDEN John

2002 Electrical Safety and the Law. United Kingdom. Cuarta Edición. Editorial Blackwell Science.

OSINERGMIN

2012 Informe de Postulación: Alto a los Accidentes por Electrocuación.

PAULEY, Jim

1998 The Electric Safety System in the United States. United States. <[www.schneider-electric.us/%2Fdocuments%2Fsupport%2Fcodes-and-standards%2Fthe-us-electrical-safety-system.pdf](http://www.schneider-electric.us/%2Fdocuments%2Fsupport%2Fcodes-and-standards%2Fthe-us-electrical-safety-system.pdf)>

PIÑEIRO José y Antonio RUBÍ

2003 Electrocuación y criterios de imputación objetiva. Working Paper N° 159. Barcelona. InDret.

QUINTANILLA, Edwin y Eduardo JANE

2008 Metodología, Diseño y Compendio de Escala de Multas y Sanciones por Incumplimiento de Procedimientos de Supervisión y Fiscalización Eléctrica. Documento de Trabajo. Lima: OSINERGMIN.

RIVEIR Abbad, Juan

1999 Calidad del servicio regulación y optimización de inversiones. Tesis Doctoral. Madrid. Universidad de Comillas.

SHAVELL, Steven

2007 Liability for Accidents. En Handbook of Law and Economics, The Social Science Research Network Electronic Paper Collection: <<http://ssrn.com/abstract=849285> >

URBIZTONDO, Santiago

2000 La regulación de la calidad en el servicio eléctrico: una evaluación en base a principios teóricos y la experiencia internacional.

VÁSQUEZ, Arturo

2006 El Valor de la Vida Estadística y sus aplicaciones a la Fiscalización de la Industria de Hidrocarburos. Documento de Trabajo N° 18-OEE. Lima: OSINERGMIN.

VISCUSI, W. Kip

2006 Regulation of health, safety, and enviromental risk. The Social Science Research Network Electronic Paper Collection: <<http://ssrn.com/abstract=921426> >

WILLIAMSON Oliver, Douglas OLSON y August RALSTON

1967 Externalities, Insurance, and Disability Analysis. Economica, New Series, Vol. 34, No. 135.