

1

SEAL proyecta emplear Detectores de Paso de Falla (DPF) para la mejora de la calidad de suministro

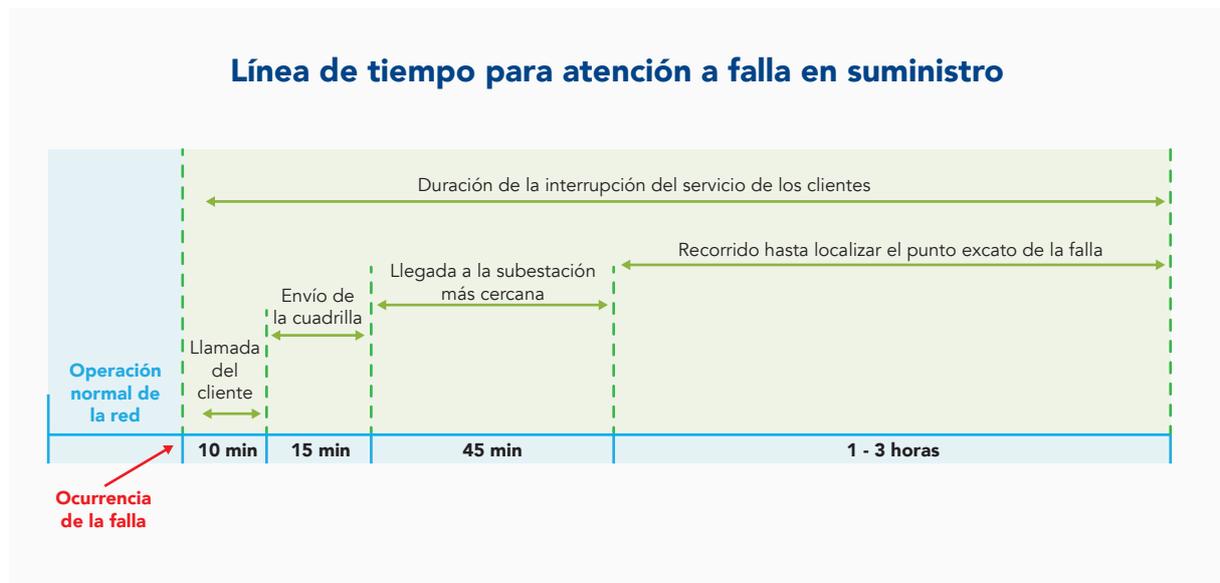
De acuerdo con estudios realizados sobre confiabilidad en el sistema eléctrico, aproximadamente el 80% de las interrupciones del servicio que perciben los usuarios ocurren debido a problemas en el sistema de distribución. Y esto es debido a que, tradicionalmente, el segmento de la distribución ha recibido menos atención en términos de planificación de la confiabilidad que los segmentos de la generación y la transmisión. La razón fundamental de esta falta de atención es que la generación y la transmisión se caracterizan por ser muy intensivos en capital y las interrupciones que se produzcan en estos segmentos tienen repercusiones económicas críticas para el país y la sociedad.

Dada la importancia de la distribución como eslabón clave que conecta finalmente la energía producida por las centrales de generación con los puntos de conexión de los usuarios, las empresas de distribución eléctrica (EDEs) destinan una considerable parte de su presupuesto para ejecutar el mantenimiento de la infraestructura, así como nuevos proyectos de mejora para contar con un mayor nivel de automatización.

Actualmente las EDEs en el país vienen desarrollando proyectos de mejora de calidad de suministro (MCS) basados en la instalación de reconectores como solución para la mejora de los indicadores de SAIDI y SAIFI. Dichos equipos proporcionan cierto grado de flexibilidad a la red, permitiendo proteger circuitos aéreos de media tensión de forma que ante una falla (corto circuito, sobrecarga, etc.) no se vea afectada la integridad física de la red eléctrica. Por otro lado, al habilitársele la telegestión y monitoreo de estos dispositivos es posible aprovechar de mejor manera las capacidades y funcionalidades que brindan, por ejemplo, cuando se integran al sistema SCADA.

Una de las problemáticas de mayor impacto en el sector eléctrico es la localización de las fallas que se presentan en la red de distribución de media tensión, lo cual origina largos periodos de

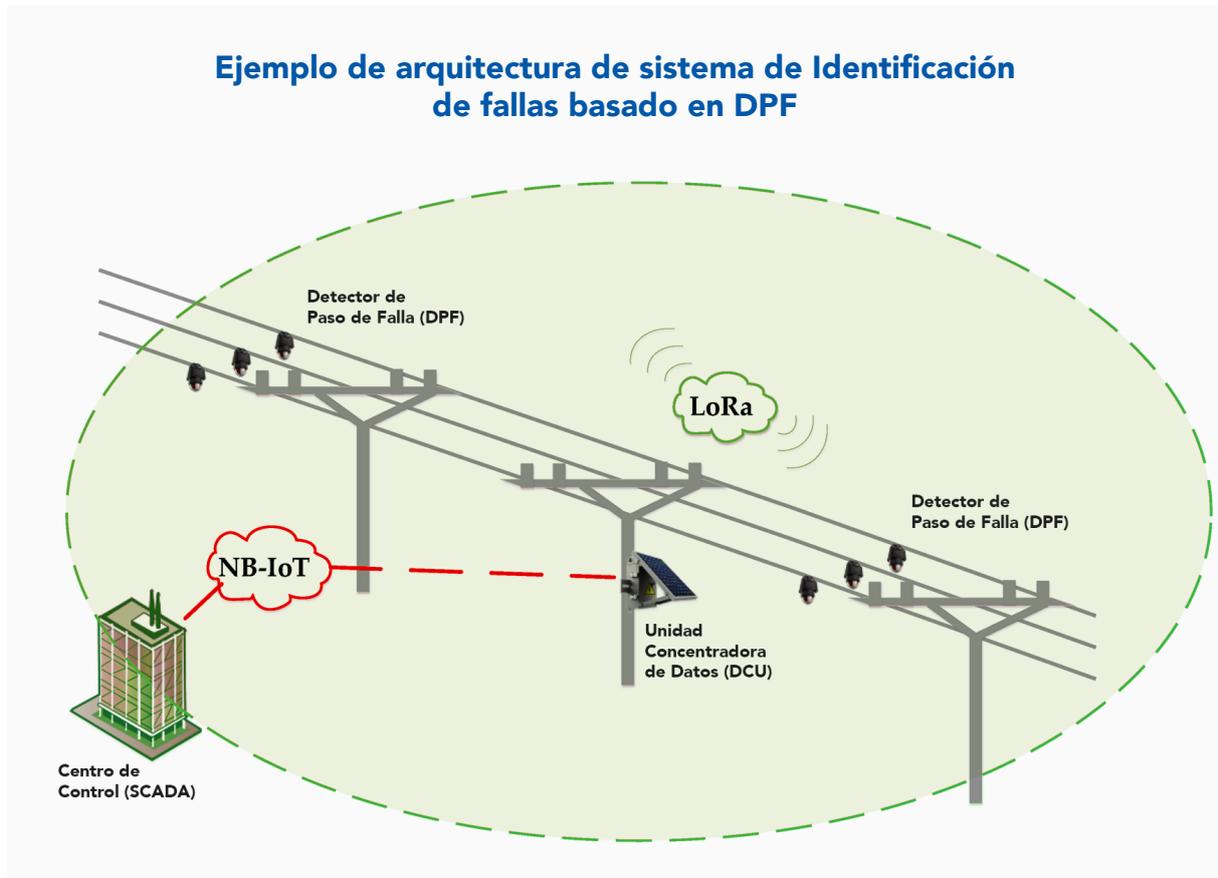
interrupción y, en consecuencia, un aumento de la energía no suministrada, pérdidas para los clientes y, en última instancia, pérdida de confianza en la empresa y en los servicios que presta. Por ello, uno de los aspectos clave para minimizar los impactos causados por las fallas que originan una interrupción del servicio reside en que las EDEs puedan identificar a tiempo los puntos de fallo y tomar las medidas oportunas para su solución. Sin el uso de dispositivos de indicación de falla, el tiempo para determinar el lugar de la avería en los alimentadores será proporcional a su longitud y, por lo tanto, influirá en el tiempo total utilizado para la reposición del servicio.



En ese sentido, los detectores de paso de falla (DPF) –también conocidos como *faulted circuit indicators* (FCI)– emergen como una tecnología de monitoreo que ayuda a las compañías eléctricas a identificar y localizar averías en los sistemas de la red eléctrica, permitiendo a la fuerza de trabajo optimizar los tiempos de ubicación de fallas y acelerando, de esta manera, el restablecimiento del servicio. Hoy en día esta tecnología se considera como un componente base de los sistemas de automatización de las redes de distribución, específicamente en el tópico de consciencia situacional (*situational awareness*), en la cual la atención de la gestión de las fallas se centra en su detección e incluye el monitoreo en tiempo real de la red, la recopilación de datos y la generación de alertas tempranas para los operadores de red, con el objetivo de proporcionar una visión general de la situación actual de la red eléctrica.

Los DPF se instalan en puntos clave del sistema de distribución, proporcionando información acerca de si donde se encuentra ubicado el dispositivo la corriente de falla ha pasado o no, incluso después del aislamiento de la línea. El DPF opera de tal manera que detecta el cambio en el campo magnético que irradian los conductores de la línea aérea causado por una falla, por lo que es capaz de diferenciar la corriente de falla de la corriente de carga asociada a condiciones normales de operación. De acuerdo con las capacidades que implemente, los DPF permiten conocer si la falla ha sido transitoria, y la línea se encuentra en un estado operativo normal, o si la falla fue persistente. De producirse una falla, cada uno de los DPF localizados en el camino de la falla indicará el incidente.

En la actualidad, gran parte de las soluciones basadas en DPF en el mercado incluyen comunicación inalámbrica hacia un Gateway/Concentrador que facilita la interacción con el centro de control. Las tecnologías de comunicación usadas para transmisión de datos entre DPF y concentradores suelen ser propietarias o basadas en tecnologías abiertas (como, por ejemplo, LoRaWAN) y se caracterizan por tener una baja latencia, alrededor de 0,6 segundos, y cubrir distancias considerables (típicamente cientos de metros en línea de vista). Por su parte, el dispositivo Gateway/Concentrador suele incluir interfaces con estándares compatibles con los sistemas SCADA de los centros de control. Las interfaces se habilitan para comunicaciones por red celular, Ethernet o similares.



SEAL y el Proyecto Distribución Eléctrica 4.0 se encuentran preparando un proyecto MCS basado en DPF con comunicación, cuyas funcionalidades permitirán alcanzar mejoras en los indicadores de calidad, específicamente de SAIDI. El proyecto estará dirigido a aquellos alimentadores que presenten la mayor frecuencia de fallas y en donde se esperen los mayores beneficios, en especial en la demanda y el número de suministros beneficiados en el Sistema Eléctrico de Arequipa.

El sistema propuesto será presentado por SEAL al actual proceso de fijación del VAD 2023 – 2027, y permitirá a la empresa ampliar sus capacidades de automatización de la red de distribución; dado que: los DPF con comunicación combinados con un sistema de interruptores de seccionamiento controlados a distancia permitirán crear un sistema muy eficaz para localizar fallos y limitar rápidamente su impacto en la calidad del servicio.



2

Hidrandina prepara piloto de electromovilidad

De acuerdo con las proyecciones realizadas por la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), en su informe anual sobre el mercado global de los vehículos eléctricos (Global EV Outlook – 2021), en el año 2030 podría haber hasta 230 millones de vehículos eléctricos en el mundo (12% del total), que es la cifra mínima necesaria para cumplir los objetivos de los Acuerdos de París contra el cambio climático.

Considerando estas cifras, es evidente llegar a la conclusión de que vehículo eléctrico es el futuro. La sociedad empieza a concientizarse con relación a la contaminación que provocan los automóviles que funcionan con motores de combustión interna y se mueven con combustibles fósiles. Además, es cada vez más consciente de que si bien los vehículos eléctricos tienen un costo superior de inversión, hay claras economías en los costos de carga.

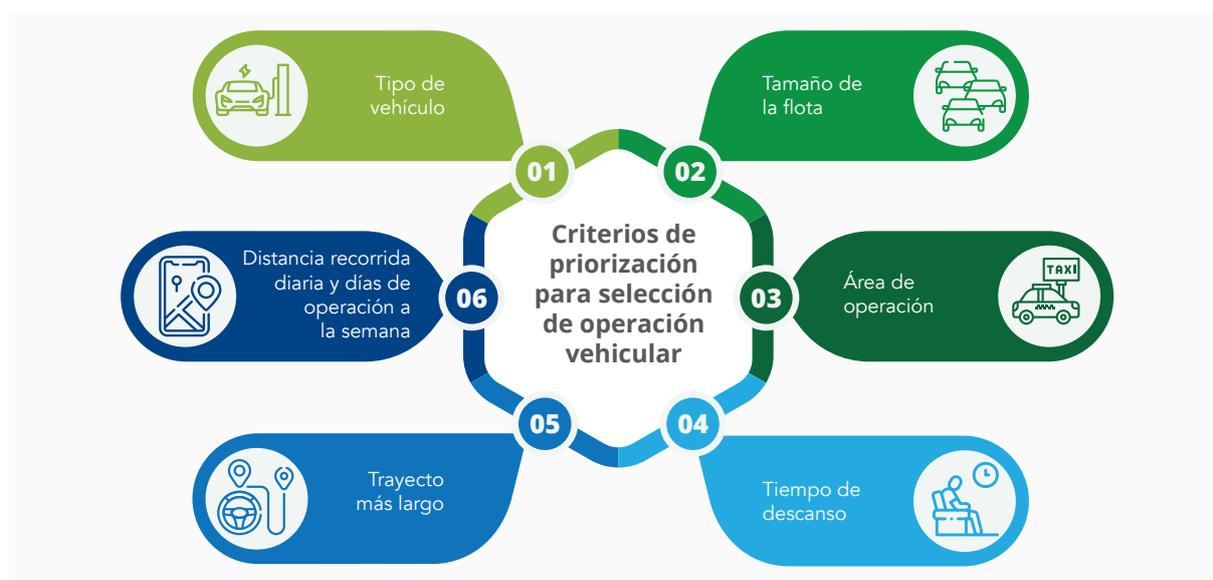
Muchas empresas de distribución de energía eléctrica (EDEs) están reemplazando gradualmente sus flotas de vehículos a combustión interna por vehículos eléctricos en todo el mundo. Esto se debe principalmente a dos motivos: (i) responsabilidad social corporativa, dado que las EDEs se preocupan cada vez más en reducir su huella de carbono y mejorar su imagen pública; y (ii) eficiencia y ahorro de costos en combustible.

Si bien aún queda por adecuar la normatividad nacional y establecer señales para promover la adopción de vehículos eléctricos, es necesario que las EDEs peruanas inicien sus primeros pilotos que les permitan validar los supuestos técnicos y económicos subyacentes a estas tecnologías, y que les permita, posteriormente, masificar su empleo.

En ese sentido, a través de un piloto, HIDRANDINA, con la asesoría del Proyecto Distribución Eléctrica 4.0, busca iniciar la electrificación de sus operaciones vehiculares que cuenten con el mejor potencial técnico y económico, y que le permitirá, a

futuro, diversificar el portafolio de servicios que ofrece a sus clientes y atender sus objetivos estratégicos institucionales relacionados con el fortalecimiento de la gestión social y ambiental (OEI 15) y la mejora de la imagen y reputación de la empresa (OEI 3).

La priorización técnica de las operaciones vehiculares para iniciar el piloto partió del mapeo y análisis de información las diferentes operaciones y tipos de vehículos con los que cuenta HIDRANDINA. Como resultado de la priorización, la empresa seleccionó unidades vehiculares en sus operaciones proyectos y obras, así como de clientes mayores en su área comercial. El piloto comprenderá un total de cinco (05) vehículos tipo van eléctricos, los cuales reemplazarán igual cantidad de vehículos pick up a Diésel con los que la empresa tradicionalmente realiza estas operaciones.



Para analizar la viabilidad del reemplazo se aplicó la metodología del Costo Total de Propiedad (TCO, por sus siglas en inglés), que permite evaluar los costos totales incurridos por el uso de un equipo tecnológico desde la adquisición del activo, operación, mantenimiento y cualquier otro gasto asociado durante el periodo de propiedad, encontrándose que el TCO del vehículo eléctrico equivale al 70% del TCO del vehículo a combustión, con un tiempo de recuperación de la inversión inferior a los 3 años.

Resultados del análisis TCO para el piloto de Hidrandina

VARIABLE	VEHÍCULO A COMBUSTIÓN	VEHÍCULO ELÉCTRICO
Costo del vehículo	113,565.25	113,914.45
Infraestructura de carga	-	30,000.00
Costo combustible/energía	107,881.65	15,207.91
Costo de mantenimiento	14,399.39	7,199.70
Seguros, permisos, revisión técnica	1,799.92	1,799.92
TOTAL (S/.)	237,646.22	168,121.98

Asimismo, con la ejecución del piloto, al término de los ocho años de vida útil de las unidades reemplazadas, se evitará el consumo de cerca de 17,515 galones de combustible Diesel; así como se contribuirá con la reducción de 358 toneladas de CO₂.



3

Consideraciones de ciberseguridad en los proyectos Smart Grid

La ciberseguridad es crucial en el contexto de las Smart Grid debido a que las redes eléctricas inteligentes están diseñadas para mejorar la eficiencia, confiabilidad y seguridad del suministro eléctrico, y esto implica necesariamente el uso de las tecnologías de información y comunicación (TIC). La integración de las TIC en el sistema de energía eléctrica, sin embargo, introduce vulnerabilidades que ponen en peligro la confiabilidad de la red, pudiendo el sistema eléctrico quedar expuesto a ataques cibernéticos e intrusiones. Si un atacante logra infiltrarse en la red, puede acceder a información confidencial, manipular la generación y distribución de energía eléctrica, causar interrupciones en el servicio o incluso provocar daños físicos.

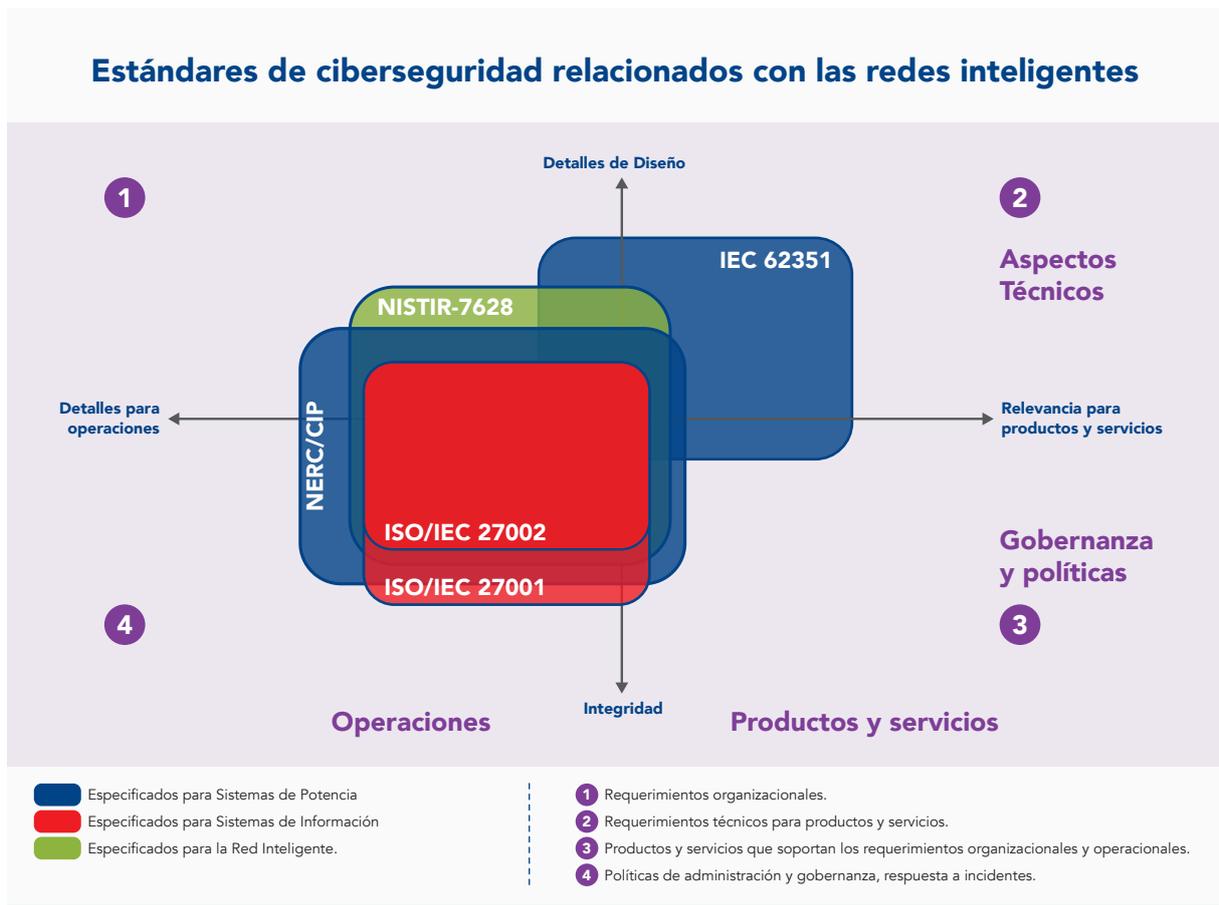
Tipos básicos de ataques de seguridad en las Smart Grid



En ese sentido, la ciberseguridad debe garantizar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los sistemas electrónicos de comunicación, de información y los sistemas de control necesarios para la gestión, operación y protección de las infraestructuras de la red inteligente, tecnologías de la información y comunicaciones. Por ello, en el marco de la red inteligente, la ciberseguridad está enfocada en la protección de personas, datos e información, aplicaciones y procesos, redes de comunicación y dispositivos y la infraestructura física.

Los principales estándares relacionados con la ciberseguridad de la red inteligente analizados por cuadrantes se presentan en la siguiente figura. Estos estándares están referidos a:

- (i) Los aspectos técnicos (cuadrantes superiores);
- (ii) Las políticas y gobernanza (cuadrantes inferiores);
- (iii) El nivel de los análisis de ciberseguridad desde la perspectiva de la operación (cuadrantes a la izquierda); y
- (iv) El nivel de los análisis de ciberseguridad desde la perspectiva de los productos y servicios (cuadrantes a la derecha).



Los estándares europeos IEC 62351 están orientados a resolver puntualmente los requerimientos técnicos de los productos y dispositivos en cuanto a ciberseguridad, sin abordar las necesidades de protección organizacionales o administrativas. Las normas ISO/IEC 27002 y ISO/IEC 27001, por otro lado, están enfocadas en las tecnologías de información y proporcionan requisitos y técnicas para los sistemas gestión de

seguridad de datos, desde una visión de alto nivel. En el caso del NISTIR 7628, las recomendaciones tienen un mayor alcance al dar requerimientos organizacionales (cuadrante 2) y cubrir una gran parte de las políticas administrativas (cuadrante 3), permitiendo la libre elección de estándares de los equipos a implementar (cuadrante 1), así como libertad en la verificación y cumplimiento de las medidas de ciberseguridad (cuadrante 4). Se debe considerar que estos últimos temas son estrictamente regulatorios y están influenciados por incentivos, planes de integración y entes de control o de estandarización regional.

El estándar IEC 62351 describe mejoras de seguridad para una serie de protocolos del sector eléctrico (IEC 61850, IEC 60870-5) donde se incluye el uso de perfiles TCP/IP. Entre las mejoras de seguridad incluidas se encuentra la autenticación de la transferencia de datos a través de firmas digitales, el control de acceso mediante autenticación y la prevención de las comunicaciones transparentes. La norma incluye medidas, tales como: uso de esquemas de autenticación para el acceso, autenticación mutua entre entidades a través de firmas digitales, confidencialidad y cifrado, integridad y no repudio.

Por su parte, la *North American Electric Reliability Corporation* (NERC) estandariza los requerimientos de seguridad para el sector eléctrico a través de las normas NERC CIP (2006-2015), en las cuales se definen requisitos específicos de ciberseguridad para empresas asociados al mercado mayorista: generadores, transmisores, distribuidores y centros de despacho.

La norma NISTIR 7628 propone requerimientos puntuales de seguridad para cada una de las posibles interfaces lógicas entre actores del sistema eléctrico que conforman los casos de uso: medición inteligente (AMI), gestión del lado de la demanda (DSM), automatización de la distribución (ADA), almacenamiento de energía (ES) y vehículos eléctricos enchufables (PEV).

Cada interfaz lógica está agrupada en alguna de las categorías identificadas en la norma a la cual se le asigna un nivel de impacto en las dimensiones de confidencialidad, integridad y disponibilidad. Con base en la categoría de la interfaz lógica se asignan los requisitos de ciberseguridad. La mayoría de estos requisitos tienen equivalentes con las normas NERC CIP y SP 800.

Los requisitos propuestos en la NISTIR 7628 tienen un mayor alcance y son complementarias respecto a las normas NERC CIP debido a que engloban la ciberseguridad del cliente, las redes de distribución, el mercado eléctrico y sistemas empresariales; por lo tanto, comprenden una mayor cantidad de medidas de protección y mayor detalle en las necesidades.



4

Infraestructura de comunicaciones en los proyectos de iluminación pública inteligente

En los últimos años la industria de la iluminación se ha transformado de forma acelerada, a partir de la evolución del alumbrado convencional hacia la tecnología LED, principalmente, evidenciándose en la actualidad una fuerte convergencia entre los sistemas de iluminación y las tecnologías de la información y comunicaciones. Esta evolución ha sido influenciada por diversos aspectos, entre los cuales destacan:

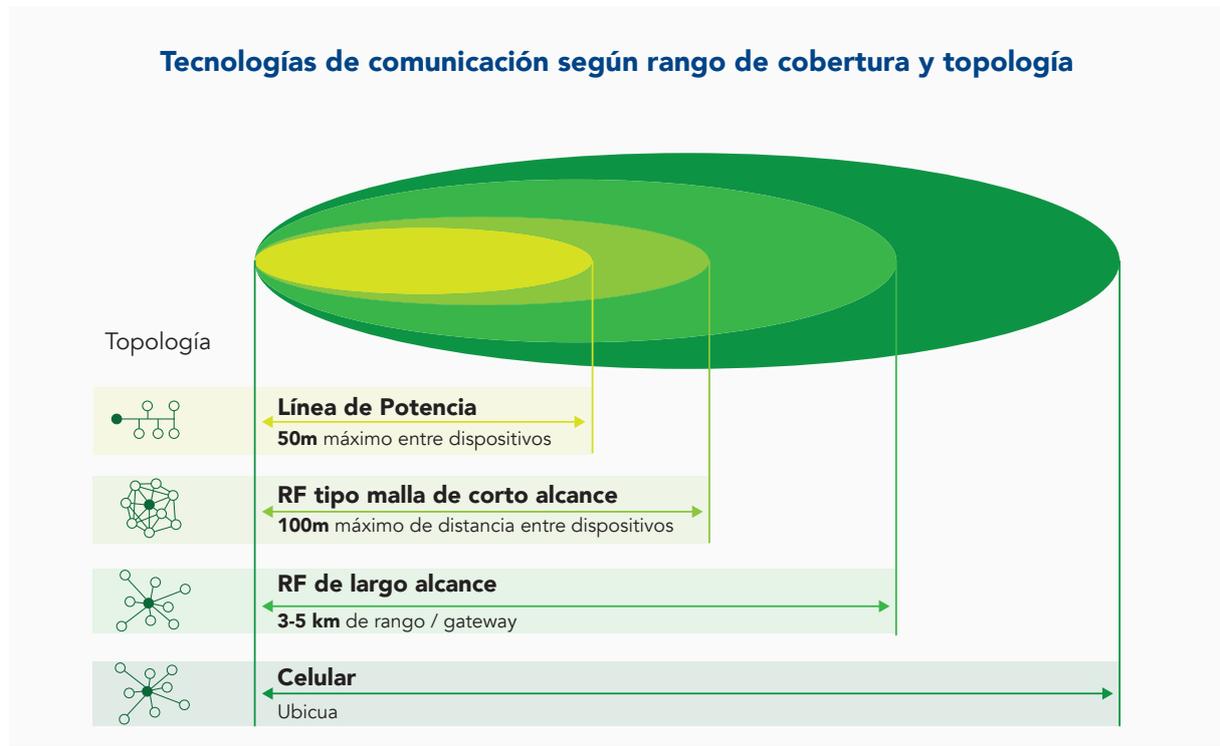
- El crecimiento de la población y la urbanización, lo cual demanda sistemas de alumbrado público adecuados y que contribuyan a mejorar la seguridad ciudadana;
- Los recursos limitados, que supondrán darle un mayor énfasis al uso sostenible de los recursos y a la eficiencia energética; y
- La digitalización, que implica el desarrollo de nuevas aplicaciones y servicios más allá de la iluminación.

Los sistemas de telegestión de alumbrado público, también conocidos como alumbrado público inteligente, hacen parte del concepto de ciudades inteligentes y están desarrollados bajo el principio de la optimización del uso de los recursos, a través del ahorro de consumo de energía y una mejor calidad del servicio; esta última lograda aumentando la confiabilidad y disponibilidad del sistema de alumbrado, por medio del monitoreo y gestión remota de las luminarias.

OSINERGMIN, consiente de la evolución de los sistemas de alumbrado público, ha venido apoyando e impulsando este tipo de iniciativas habilitando mecanismos de financiación en el marco del desarrollo de proyectos de innovación tecnológica y eficiencia energética (PITEC). Es así como en el proceso de fijación tarifaria 2019-2023, el regulador aprobó proyectos de alumbrado público inteligente para seis EDE públicas, que tenían interés en realizar pilotos relacionados con este tipo de tecnologías y que al final de su ejecución representarán más de 6,800 luminarias LED telegestionadas.

Existen diferentes tipos de tecnologías de comunicación que habilitan las funcionalidades de los sistemas de alumbrado

público inteligente. Las redes de comunicación pueden clasificarse de acuerdo con su rango de cobertura, es decir en función de la distancia a la que los nodos pueden comunicarse con otros nodos y pasarelas (Gateways).



Existen dos tipos de tecnologías aplicables a los sistemas de alumbrado público inteligente:

- **Comunicación por línea de potencia (Power Line Communication):** la comunicación por cable o por línea eléctrica (PLC) funciona en largas distancias enviando la señal de datos sobre las líneas eléctricas energizadas. El cableado ininterrumpido permite establecer una comunicación continua, y en aplicaciones de alumbrado público la señal PLC no suele atravesar ningún transformador o dispositivo de acondicionamiento de la electricidad. LonWorks® (del fabricante Echelon), por ejemplo, es una potente tecnología PLC para sistemas avanzados de alumbrado público. Para el caso de uso de alumbrado público, suele ocurrir que grupos de luminarias compartan una línea eléctrica común. Estas luminarias pueden comunicarse entre sí o con Gateways que habilitan las comunicaciones con los sistemas de control y supervisión. Los Gateway PLC son herramientas que sincronizan la comunicación entre hasta 200 controladores de alumbrado y el software de telegestión. A través de una conexión inalámbrica (red celular, por ejemplo), un Gateway IoT recibe, filtra y transmite los mensajes recibidos vía PLC de los controladores a la plataforma de gestión.
- **Comunicación por radio frecuencia (RF):** en el caso del alumbrado público, el control por radio frecuencia (RF) consigue superar la mayoría de las limitaciones de la comunicación por la línea de potencia. Aunque la mayoría de los sistemas de alumbrado público inteligente funcionan de forma similar, existen numerosos métodos diferentes de intercambio de datos entre las luminarias inteligentes conectadas y el sistema de telegestión. Entre ellos se destacan la telefonía móvil

(2G, 3G, LTE, 5G y NB-IoT), las soluciones RF malladas (Mesh), LoRa, Wi-Fi y otras soluciones de mediano y largo alcance. Para redes de corto alcance, por ejemplo, del tipo RF Mesh, se logran comunicaciones a una distancia máxima entre nodo y nodo de 200-300 metros (las luminarias se ubican a distancias de 50 metros, típicamente), formando redes de cientos de dispositivos. Las redes de corto alcance son adecuadas para zonas urbanas donde las luminarias están instaladas más cerca unas de otras y los datos a transmitir no necesitan recorrer grandes distancias. Este tipo de red requiere una cuidadosa planificación previa de la red, teniendo en cuenta la densidad de nodos y la ubicación de los Gateway, lo que puede incrementar los costos iniciales de despliegue. Sin embargo, los costos de explotación (operación y mantenimiento) de una red RF Mesh son mucho menores que los de una red celular, ya que no se requiere realizar pagos por el uso de datos.

Aunque las tecnologías de comunicación por cable, como Power Line Communications (PLC), se pueden utilizar en proyectos de alumbrado público, se prefiere ampliamente la opción de comunicación por radiofrecuencia.

Las redes de comunicación RF pueden cubrir varios rangos (corto y largo alcance), dependiendo de la distancia a la que los nodos pueden comunicarse con otros nodos y pasarelas. Normalmente, una red puede conectar un número limitado de dispositivos a un Gateway y tiene una distancia máxima a la que pueden seguir comunicándose. Estos son criterios importantes que hay que evaluar a la hora de elegir una tecnología de comunicación para un proyecto de alumbrado público, ya que podrían afectar la funcionalidad de todo el sistema. Las tecnologías de comunicación han sido optimizadas para la propagación y una mejor inmunidad a las interferencias, de modo que algunas pueden cubrir decenas, incluso cientos de kilómetros, mientras que un solo Gateway o concentrador (dependiendo de la tecnología) puede manejar hasta 15 mil dispositivos de diferente tipo.

Las tecnologías RF de acuerdo con la topología que utilizan pueden ser tipo estrella o mallada. En una topología en estrella, los dispositivos se organizan en torno a un controlador central conocido como Gateway o concentrador. Como los dispositivos finales funcionan independientemente unos de otros, si falla un dispositivo o se desconecta un cable, el resto de la red no se ve afectado. La topología mallada (Mesh), por otro lado, funciona enviando datos por la ruta más rápida de un dispositivo (nodo) a otro, ya que todos los dispositivos están conectados directa o indirectamente. Un nodo sirve tanto de punto final que capta y transmite sus propios datos, como de repetidor que retransmite los datos de otros nodos. Con la conexión de un dispositivo a la red, las redes Mesh pueden tener un carácter autorreparable. Los nodos de control de la iluminación pueden crear múltiples rutas para que los datos viajen si falla un dispositivo. Con más dispositivos, la red se vuelve más robusta y segura.

Por tanto, elegir una tecnología de comunicación o una combinación de ellas es una de las primeras decisiones que se tendrá que tomar para la implementación de un sistema inteligente de alumbrado público. Esta decisión puede ser vital para el proyecto porque influye en los parámetros y el éxito del resultado final. En ese sentido, se debe asegurar que la tecnología de comunicación se ajusta a la arquitectura del sistema de alumbrado, la geografía de la zona de despliegue, la densidad urbana, los planes de desarrollo futuro y las expectativas funcionales de forma general.

OSCAR ELECTO VERA GARGUREVICH

Ministro de Energía y Minas

JAIME EULOGIO LUYO KUONG

Viceministro de Electricidad

JOSÉ NEIL MEZA SEGURA

Director General de Eficiencia Energética

Equipo Responsable:

Claudia Espinoza

Coordinadora de Eficiencia Energética

Carlos Cervantes

Proyecto Distribución Eléctrica 4.0

Ana Moreno

Proyecto Distribución Eléctrica 4.0

Decimotercera Edición - Lima - Abril de 2023

Este Boletín se realizó con el apoyo de la cooperación alemana para el desarrollo, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, a través del proyecto Distribución Eléctrica 4.0

