

## SISTEMA ELÉCTRICO EN TRANSFORMACIÓN





# 1

## **Proyecto Distribución Eléctrica 4.0 y EDEs comparten avances y revisan los hitos más importantes en la planificación de actividades del 2023**

El Proyecto Distribución Eléctrica 4.0 viene trabajando de manera colaborativa con las empresas de distribución eléctrica (EDEs) ELOR, HIDRANDINA y SEAL para mejorar sus capacidades y competencias que les permitan implementar proyectos piloto con tecnología Smart Grid; así como en el desarrollo de estrategias para promover nuevos modelos de negocio que emergen del actual proceso de transformación y modernización del sector eléctrico.

La estrategia de intervención está basada en el diagnóstico o identificación del estado inicial de las capacidades Smart Grid existentes en las tres EDEs –paso inicial para la construcción de las hojas de ruta hacia las redes eléctricas inteligentes– con las que colabora directamente el Proyecto; para, de esta manera, identificar las brechas que deben superar en su proceso de transformación digital.

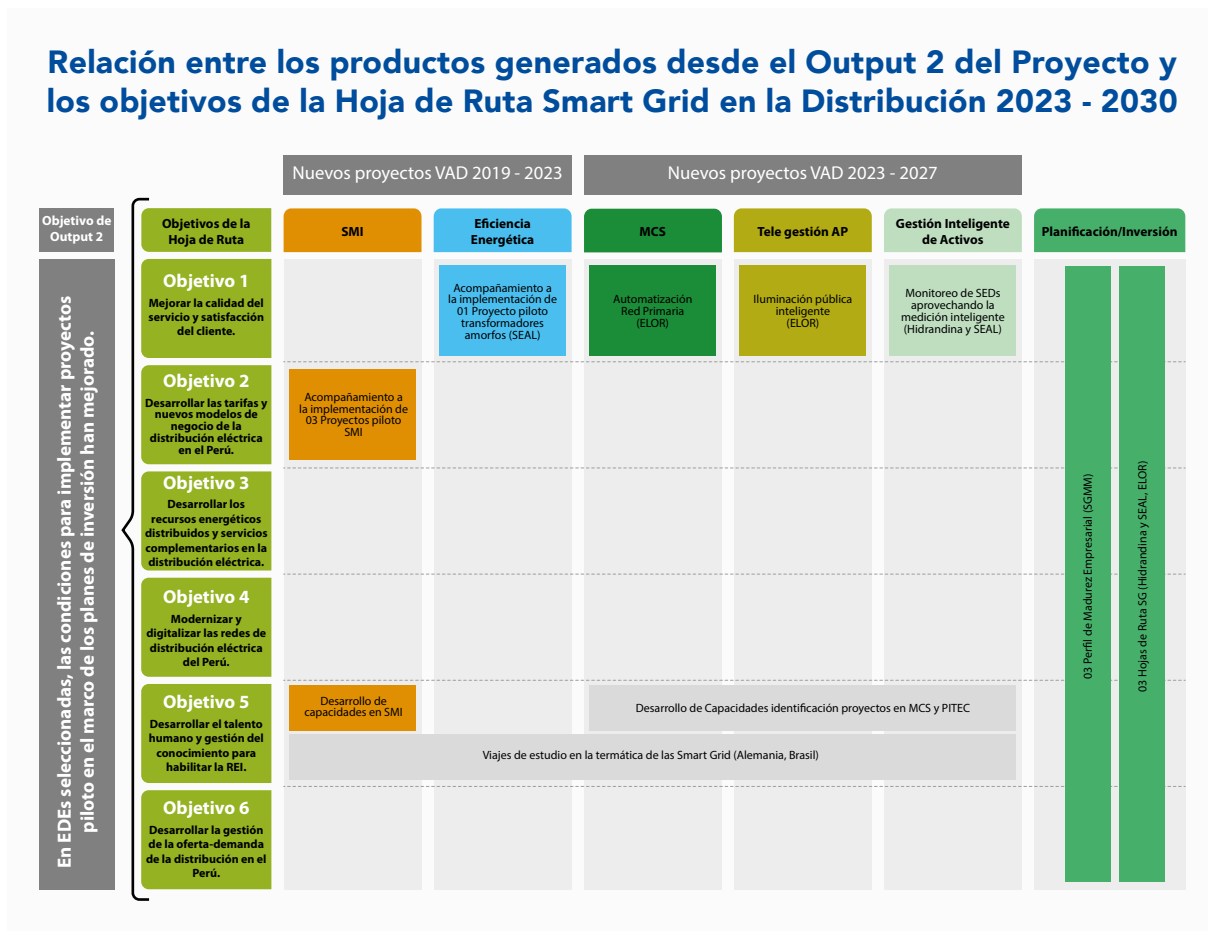
De esta manera, fueron identificadas, a partir de los proyectos piloto aprobados en el VAD 2019-2023 para cada EDE, necesidades específicas de desarrollo de competencias, particularmente en los diseños técnicos de los proyectos piloto (identificación de tecnologías, dispositivos y sistemas de información, redes de comunicación, requerimientos que deben cumplir estos dispositivos, etc.); así como la necesidad de sensibilizar e involucrar en el diseño a todas las áreas cuyos procesos se verán impactados por la aplicación de las tecnologías (particularmente los proyectos de sistemas de medición inteligente – SMI).

Estas acciones se traducen en que las EDEs puedan ir superando los cuellos de botella que limitan la implementación y aprovechamiento de los proyectos piloto y, por otro lado, generan capacidades en las mismas EDEs para que puedan identificar sinergias y puntos de referencia que permitan plantear los escalamientos de tecnologías; como, por ejemplo, con el

aprovechamiento de infraestructura de comunicaciones que pueda ser compartida para el despliegue de otras tecnologías y el alineamiento con la arquitectura TI de la empresa para facilitar las integraciones.

A lo largo de este proceso, las EDEs han ido acumulando experiencias y generando aprendizaje y evidencias que resulta necesario generar espacios en que puedan ser compartidas, incluyendo, además de las propias empresas del sector distribución, otros actores clave del sector como el MINEM, OSINERGMIN y FONAFE.

En ese sentido, el 28 de febrero, el Proyecto Distribución Eléctrica 4.0 organizó un taller de trabajo presencial con sus contrapartes y socios estratégicos con el objetivo de socializar los avances y aprendizajes obtenidos, así como para presentar los hitos más importantes en la planificación de actividades del presente año, para lo cual empleó una metodología participativa, reflexiva y grupal que permitió, además, la identificación colectiva de las sinergias existentes entre los productos del Proyecto y las hojas de ruta para la transición hacia las Smart Grid definidas tanto a nivel sectorial por el MINEM, como para cada una de las tres EDEs con las que viene cooperando.



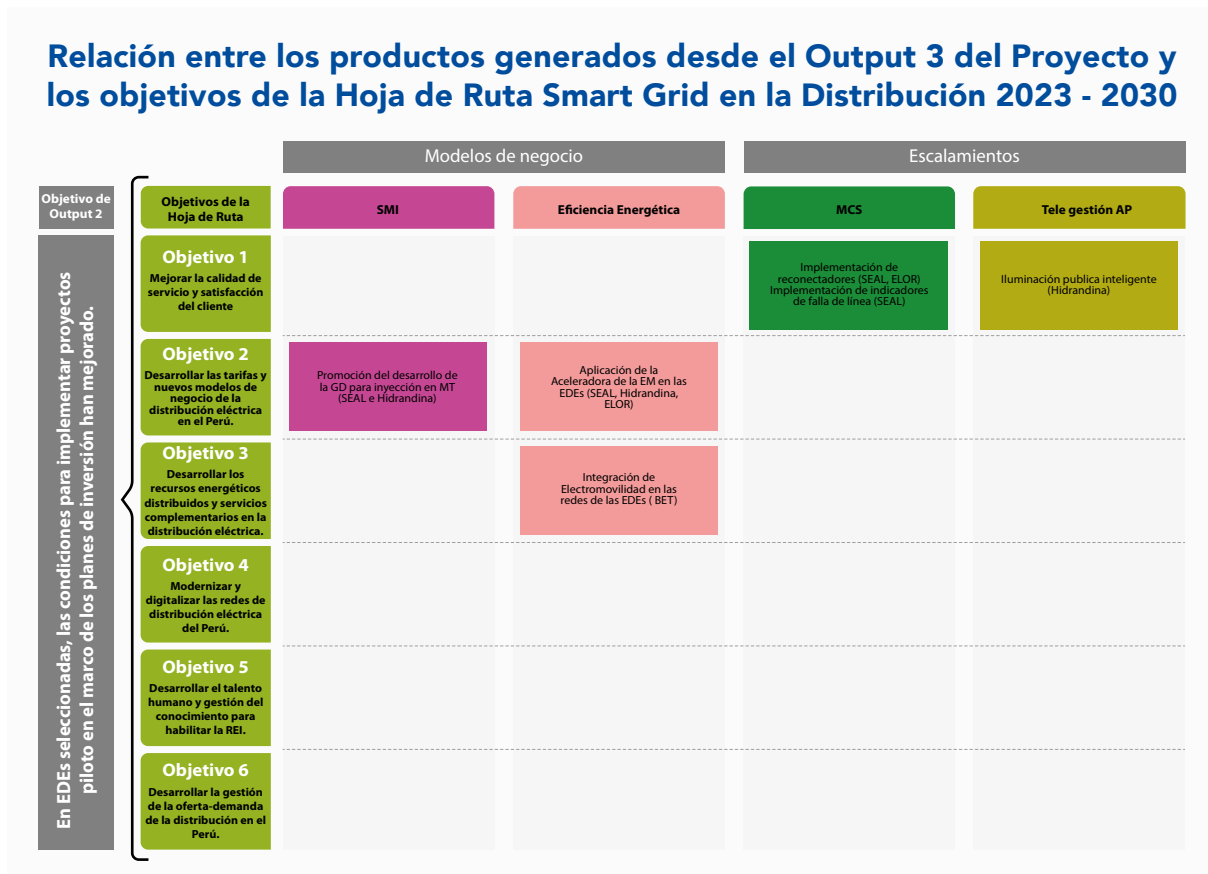
En ese sentido, se pudo apreciar en el Output 2 del Proyecto, cómo principalmente desde los proyectos pilotos que presentarán las EDEs en el VAD 2023-2027 se contribuye a la mejora de la calidad del servicio y satisfacción del cliente, a través de la implementación de tecnologías Smart Grid en la distribución (dispositivos de

seccionamiento y maniobra telegestionados) que permitirán mejorar los indicadores de calidad de suministro (especialmente el SAIDI) y contribuirán a reducir los costos por pérdidas sufridas por los clientes debido a la falta de suministro, así como a reestablecer su confianza en los servicios prestados por las EDEs.

Asimismo, las tecnologías para el monitoreo de las subestaciones de distribución permitirán a las EDEs tomar decisiones más asertivas, basadas en datos reales, contribuyendo a una mejor gestión de los activos. Con esto se podrá realizar un mantenimiento basado en condiciones para evitar fallas y alargar la vida útil de estos activos, lo que traerá numerosos beneficios, tales como la reducción de las interrupciones, menores pérdidas de ingresos por la no venta de energía y menores penalizaciones para las EDEs.

Por otro lado, desde el Output 3 del Proyecto, se puede apreciar como a partir de los escalamientos de las tecnologías Smart Grid (reclosers y señalizadores de falla de línea) en otros sistemas eléctricos de las EDEs se contribuye a la mejora de la calidad de servicio, que se traduce económicamente en beneficios tanto para el usuario, a través del costo de la energía no suministrada; como para la EDE, a través de la disminución de las penalizaciones económicas por incumplimiento de calidad de servicio.

Asimismo, los modelos de negocio propuestos permitirán integrar nuevos activos al sistema, dinamizando la generación distribuida (en MT) y pilotos con vehículos eléctricos, desarrollando capacidades en las EDEs en la identificación de fuentes de generación distribuida y de oportunidades para promocionar la integración de la electromovilidad en sus redes.



Finalmente, este taller de trabajo facilitó que las EDEs, a partir de la revisión de las actividades clave propuestas para el año 2023, puedan reflexionar sobre las oportunidades de complementariedad que existen con otros actores o proyectos que podrían tener relación con su proceso de transformación digital, así como en identificar los riesgos que perciben y los mecanismos para su mitigación.





## 2

### **SEAL supervisa fabricación de los transformadores de núcleo amorfo para su proyecto piloto de eficiencia energética**

SEAL se encuentra iniciando la ejecución de su proyecto piloto de reemplazo de transformadores de distribución convencionales por transformadores de núcleo de aleación amorfa. A través de este piloto, la empresa llevará a cabo el reemplazo de 78 transformadores de 100 kVA ubicados en la SET Cono Norte, en los alimentadores con mayor porcentaje de pérdidas de energía.

El ahorro de energía que promete el uso de esta tecnología es considerable, incluso así solamente se sustituya una fracción del parque de transformadores de distribución. Este ahorro se puede traducir en el aplazamiento de la necesidad de invertir en nuevas plantas de generación para atender a una demanda siempre creciente. Desde la perspectiva del usuario, la implementación de esta tecnología podría significar a futuro menores tarifas, dado que las pérdidas reconocidas serán menores.

En ese sentido, con la finalidad de realizar la evaluación del impacto que tendrá la implementación del piloto, en relación con los consumos de los transformadores y la reducción de las pérdidas de energía, SEAL tiene previsto realizar mediciones previas al reemplazo, y mantener la campaña de medidas para cuantificar los ahorros de energía que se obtendrían con los transformadores de núcleo amorfo.

Los transformadores se encuentran actualmente en proceso de producción, el cual está previsto que concluya a finales de marzo, y, por tanto, la llegada de las unidades a Arequipa para iniciar su instalación será a partir del mes de mayo.

En esa línea, y en el marco de la colaboración con SEAL, el martes 7 de marzo se realizó una visita de supervisión del proceso de fabricación de los transformadores en las instalaciones de Compañía Electro Andina (CEA), empresa contratada por SEAL ejecutar esta iniciativa. Dicha visita contó con la participación de funcionarios de la gerencia técnica y de proyectos de SEAL, así como de los asesores del Proyecto Distribución Eléctrica 4.0.

Los resultados de la visita fueron satisfactorios. Si bien desde el punto de vista constructivo el metal amorfo es más quebradizo que el acero al silicio y podría ser más propenso a generar pequeños fragmentos en su fabricación, es importante notar que la tecnología de fabricación ha ido mejorando significativamente a lo largo de los años y se han desarrollado técnicas para minimizar los problemas de fragmentación y asegurar la calidad del núcleo amorfo.

Las pruebas de aceptación de los transformadores –pruebas de rutina y pruebas tipo y especiales– se realizará durante la tercera semana de abril. Las pruebas de rutina incluyen la medición de la resistencia óhmica de los arrollamientos, resistencia de aislamiento, relación de transformación en vacío y en todas las tomas, secuencia de fases y grupos de conexión, tensión de cortocircuito y pérdidas en los arrollamientos, medición de la corriente de excitación y las pérdidas de vacío, entre otras. Las pruebas tipo que se realizarán son las referidas a: prueba de calentamiento, rigidez dieléctrica del aceite, prueba de impulso, prueba de medición del nivel de ruido y prueba de porosidad y adherencia de la pintura.





# 3

## **ELOR aprueba hoja de ruta para su transición hacia las redes eléctricas inteligentes**

El Proyecto Distribución Eléctrica 4.0 ha venido trabajando durante el año 2022 con Electro Oriente S.A. (ELOR) en la preparación de una hoja de ruta que guíe su transición ordenada hacia las redes eléctricas inteligentes, empleando, para ello, la metodología del Smart Grid Maturity Model (SGMM).

La aplicación del SGMM permitió evaluar el nivel de madurez actual de la empresa en cuanto a las capacidades Smart Grid presentes en la organización, lo que posibilita la definición de objetivos estratégicos y planes de implementación para la modernización de la red, a la vez que proporciona un marco de referencia para evaluar su progreso hacia la consecución de los objetivos establecidos.

En ese sentido, la construcción de la hoja de ruta de ELOR permitió identificar una serie de proyectos y acciones de corto, mediano y largo plazo, necesarios para que la empresa pueda transitar en los cinco niveles jerárquicos de madurez establecidos en el modelo. Asimismo, es importante notar que cada nivel se basa en los logros del nivel anterior y es un reflejo del grado de especialización que va adquiriendo la empresa, tanto a nivel de tecnologías y procesos, como a nivel de estructura organización, gestión y relacionamiento con el cliente.

Entre las acciones recomendadas por la aplicación del modelo y recogidas en la hoja de ruta de ELOR, destacan la necesidad de que la empresa defina su visión Smart Grid, establezca objetivos específicos y una estrategia clara para alcanzarlos. Por otro lado, y considerando las brechas existentes en la empresa a partir de la evaluación de su madurez, es necesario desarrollar un plan de transformación concreto, establecer un equipo de trabajo dedicado y con los conocimientos necesarios para liderar el proceso de transformación de la empresa y establecer un presupuesto realista y detallado que incluya los costos de los proyectos y acciones, así como, finalmente, fijar un calendario de implementación e indicadores para el monitoreo y evaluación de los progresos.



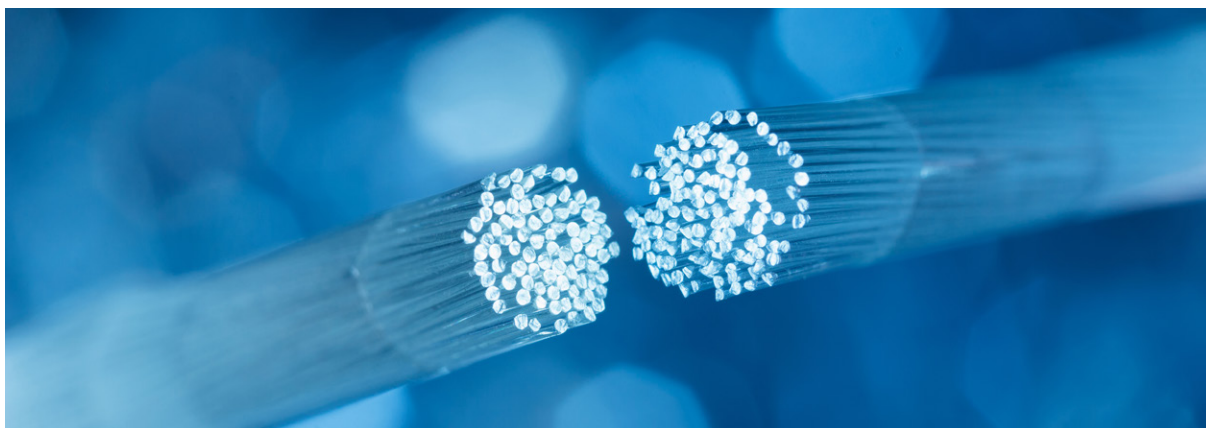
Considerando esta situación, desde el Proyecto Distribución Eléctrica 4.0 se ha preparado un plan de acción con el objetivo de poder brindar acompañamiento técnico a ELOR para que pueda iniciar la implementación de su hoja de ruta Smart Grid. Para ello, el Proyecto ha priorizado, en el corto plazo, cinco tareas clave, las cuales inician con el apoyo técnico para que la hoja de ruta pueda ser aprobada al interior de la empresa y, de esta manera, convertirse formalmente en un documento de gestión, sobre el cual también se podrá hacer verificación del avance en la ejecución de sus objetivos y acciones priorizadas.



En ese sentido, el 29 de marzo del presente, como resultado de esa colaboración, ELOR, mediante Resolución de Gerencia General N° G-127-2023, aprobó el documento *Hoja de ruta para la transición hacia las redes eléctricas inteligente en ELOR*. De esta manera, ELOR cumple un hito central que marca el inicio formal del proceso de implementación de su hoja de ruta, al dotar de institucionalidad a este documento estratégico.

Las actividades siguientes implicarán el apoyo para la construcción de una visión para cambiar hacia las Smart Grid, integrado dentro de la visión y estrategia general de la empresa, de manera de identificar los puntos en común y los objetivos compartidos para evitar duplicación de esfuerzos y presupuestos.

De manera paralela, y a lo largo del proceso de acompañamiento, desde el Proyecto se desarrollará un plan de transformación que incluya una estrategia para sensibilizar a los funcionarios de ELOR sobre la importancia que se produzca un cambio cultural significativo que permita el despliegue de las redes inteligentes en todas las áreas funcionales y procesos de la empresa. Por tanto, desde ELOR, será necesario comunicar de manera clara la importancia de su transformación hacia las Smart Grid y crear una cultura empresarial que promueva la innovación y el cambio.



# 4

## La infraestructura de comunicación en el desarrollo de las Smart Grid: Tecnologías de comunicación cableadas

Las tecnologías de comunicación utilizadas en las Smart Grid pueden ser cableadas o inalámbricas, dependiendo de la infraestructura. La mayoría de los sistemas de distribución de energía utilizan una combinación de diferentes tecnologías, dependiendo de factores como la topografía, los requisitos técnicos y operativos y el costo.

Si bien las tecnologías inalámbricas tienen algunas ventajas sobre las tecnologías cableadas, tales como un costo más bajo y permiten la conectividad en áreas inaccesibles, las tecnologías cableadas, por su lado, tienen un mayor desempeño en cuanto a: (i) confiabilidad, al no estar expuestas a sufrir interferencias y contar con una mayor capacidad de ancho de banda; (ii) seguridad, al ser menos vulnerables a los ataques cibernéticos, dado que son más difíciles de acceder físicamente; y (iii) control, al ofrecer un mayor control sobre la calidad del servicio y la disponibilidad de la red. Sin embargo, cada caso de aplicación requerirá considerar diferentes factores para decidir sobre la tecnología de comunicación a utilizar. Ambos tipos de comunicación son necesarios en el contexto del desarrollo de las Smart Grid y la tecnología adecuada dependerá del entorno específico.

Los sistemas de comunicación cableados se caracterizan por utilizar un medio de transmisión guiado para la transmisión de datos. Dependiendo del área de cobertura deseada se pueden utilizar diferentes tipos de comunicación por cable. La selección dependerá de las características de cada tecnología, pudiéndose utilizar para la implementación de redes a nivel doméstico (HAN), vecindario (NAN) y de área amplia (WAN).

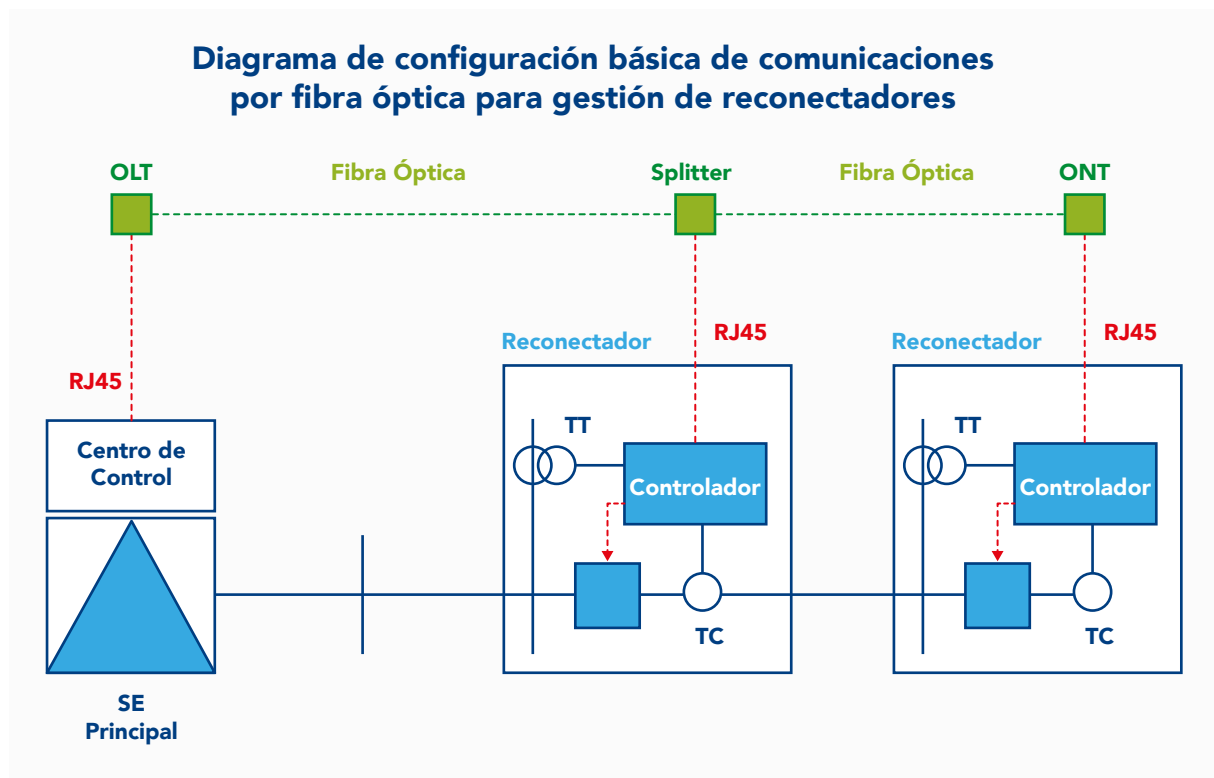
Entre las principales tecnologías de comunicación cableada utilizadas en las Smart Grid destacan:

- **Puerto Eléctrico:** Corresponde a los estándares de comunicaciones que utilizan una interfaz eléctrica como medio de transmisión como, por ejemplo: RS-485, RS-232, PSTN y Ethernet.

- **MODBUS:** Es un estándar de bus de campo público y abierto diseñado por la empresa Modicon. Especifica la capa de enlace en modo maestro/esclavo y puede utilizar cualquier capa física. Se utiliza principalmente en sistemas de automatización para la transmisión de datos de control y monitoreo.
- **Ethernet:** Es el estándar más utilizado para las redes de datos de área local cableadas. Proporciona una comunicación de alta calidad para la supervisión y el control de dispositivos donde el cableado ya existe o se puede implementar. Ethernet es un protocolo maduro y está estandarizado globalmente por IEEE 802.3 que define las capas físicas (PHY) y de enlace de datos (MAC) de una red de área local cableada. La capa PHY define como medios físicos el cable coaxial, par trenzado o fibra óptica. Su velocidad de operación puede variar entre 1 Mbps y 10 Gbps. Ethernet es un medio compartido y depende en gran medida de los protocolos de la capa superior para garantizar la seguridad y robustez, tal como TCP/IP.
- **Fibra Óptica:** Tecnología de comunicación en donde para el intercambio de datos se utilizan ondas ópticas (luz) moduladas transmitidas a través de fibras ópticas. Normalmente se utiliza para la comunicación entre el sistema de gestión de datos y los demás sistemas de información de la empresa. En casos especiales se utiliza para comunicar concentradores de datos hacia el sistema de gestión.
- **Comunicación por la Línea de Potencia (PLC):** La tecnología PLC aprovecha el cableado eléctrico para el intercambio de información, convirtiendo a la red eléctrica en una línea digital para la transmisión de datos. La información para transmitir se modula digitalmente sobre una portadora de alta frecuencia, la cual se superpone a la señal de la red eléctrica. De esta manera, la señal modulada se propaga a través de la infraestructura de la red eléctrica, pudiendo ser recibida y decodificada de forma remota por cualquier receptor PLC que se encuentre en la misma red eléctrica. En función de la frecuencia de transmisión se clasifican en:
  - **Ultra Narrow Band PLC (UNB):** Opera en una banda de frecuencias entre 0.03 y 3 kHz. Se caracteriza por tener tasas de transmisión muy bajas (100 bps) y un rango de cobertura amplio (mayor a 150 km).
  - **Narrow Band PLC (NB):** Se encuentran definidas para operar en la banda de frecuencia de 3 a 500 kHz, incluyendo las bandas CENELEC, FCC, y ARIB.
  - **BroadBand PLC (BB):** Tecnologías que operan a altas frecuencias 2-250 Mhz y logran velocidades de transmisión de varios megabits a cientos de megabits por segundo (HomePlug 1.0, IEEE 1901, ITU-T G.hn, etc.).
- **KNX (ISO/IEC 14543):** Es un estándar de comunicación de origen alemán, maduro y abierto, promovido por la asociación KNX. Se utiliza para la automatización de hogares y edificios (domótica e inmótica). Opera en una banda de 90 a 125 kHz y puede proporcionar tasas de transmisión de hasta 1200 bps. Se utiliza principalmente para la comunicación con sistemas de iluminación y HVAC. Como medios de comunicación especifica par trenzado, radio frecuencia, línea de potencia y Ethernet.
- **Homeplug:** Es un protocolo PLC maduro diseñado para ser utilizado en redes de hogar, permitiendo comunicaciones de alta velocidad confiables de hasta 14 Mbps. Homeplug define variantes que se pueden usar para diferentes tipos de

aplicaciones de domótica y control, tales como: (i) Homeplug AV, para audio y video; (ii) Homeplug Command & Control, para el control de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), iluminación y seguridad; y (iii) Homeplug Access BPL, para comunicaciones por la línea de potencia de banda ancha. Homeplug puede ser utilizado para aplicaciones de Smart Grid y Smart Energy.

- **LonWorks:** Es un protocolo desarrollado por Echelon Corporation que puede operar sobre líneas de potencia, par trenzado y otros medios. Para el intercambio de información (datos de control y estado) utiliza el protocolo LonTalk. Se utiliza para aplicaciones de control y automatización de edificios y alumbrado público entre otros.



**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

Duodécima Edición - Lima - Marzo 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



**PERÚ** Ministerio de Energía y Minas



Implementada por **giz**  
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH